

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Majandusteaduskond
Rahanduse ja majandusteooria instituut
Majandusmatemaatika, statistika ja ökonomeetria õppetool

Heili Hein

**TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUS NING INIMKAPITAL KUI
KOGUTEGURITOOTLIKKUSE KASVU MÕJUTEGURID**

Magistritöö

Juhendaja: professor Kadri Männasoo

Tallinn 2015

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Töö koostamisel kasutatud kõikidele teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Heili Hein

Üliõpilase kood: 132196TAAMM

Üliõpilase e-posti aadress: heili.hein@gmail.com

Juhendaja professor Kadri Männasoo arvamus:

Töö vastab uurimistööle esitatud nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele.

.....

(ametikoht, nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

ABSTRAKT	4
SISSEJUHATUS	5
1. UURIMISTEGEVUSE, INIMKAPITALI JA KOGUTEGURITOOTLIKKUSE SEOSSED	8
1.1. Endogeense kasvu teooriad	8
1.2. Teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsioon	14
1.3. Ülevaade varasematest empiirilistest uuringutest	19
2. ANDMED JA METOODIKA	29
2.1. Mudel ja hindamismeetodid	29
2.2. Andmestik ja muutujad	32
2.3. Kirjeldav statistika	36
3. ÖKONOMEETRILISE HINDAMISE TULEMUSED	42
KOKKUVÕTE	51
VIIDATUD ALLIKAD	54
SUMMARY	58
LISAD	61
Lisa 1. Regioonide loetelu	61
Lisa 2. Alternatiivsed hindamistulemused	64

ABSTRAKT

Töö pealkiri: Teadus- ja arendustegevus ning inimkapital kui koguteguritootlikkuse kasvu mõjutegurid

Käesolevas magistritöös uuritakse, milline on teadus- ja arendustegevusele tehtavate kulutuste ning inimkapitali taseme mõju koguteguritootlikkuse kasvule. Uurimisküsimuse ökonomeetriline analüüs viiakse läbi paneelandmete põhjal, kuhu on kaasatud 104 Euroopa regiooni aastatel 2000-2013. Hinnatav mudel pärineb endogeense kasvu teooriaid ja teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsiooni põhimivast kirjandusest. See hõlmab lisaks inimkapitali ja uurimistegevuse efektidele ka konvergensti mõju koguteguritootlikkuse kasvule. Analüüsist selgub, et inimkapital ning teadus- ja arendustegevus panustavad küll koguteguritootlikkuse kasvu, kuid nende mõju on *ceteris paribus* seda väiksem, mida mahajäänud on riik tehnoloogilisest liidrist. Ühtlasi leitakse, et regionaalsed ülekanduvad mõjud on olulised ning kõrgema arengutasemega naabrid soodustavad regiooni koguteguritootlikkuse kasvu; iseäranis tugev on efekt tärkava majandusega regioonides.

Võtmesõnad: Koguteguritootlikkus, konvergenst, inimkapital, teadus- ja arendustegevus, endogeense kasvu teooriad, teadmiste vastuvõtuvõime, tehnoloogiline siire, teadmiste ülekanduvad mõjud

SISSEJUHATUS

Euroopa Liidu (EL) liikmesriikide keskmine majanduskasv on pikka aega olnud madalam kui Liidu peamistel kaubanduspartneritel (Euroopa Komisjon 2010: 7). Suuresti on selles süüdi kesine tootlikkuse kasv (*Ibid.*). Näiteks Van Ark jt (2008: 25) toovad välja, et kui tööjõu tootlikkuse kasv EL-15 riikides oli perioodil 1973-1995 keskmiselt 2,4% aastas, siis ajavahemikul 1995-2006 oli aastakeskmine kasv vaid 1,5%. USA-s keskmine tööjõu tootlikkuse kasv nimetatud perioodidel seevastu suurenes ning tõusis 1,2 protsendilt 2,3 protsendini aastas. Sarnaseid arenguid on täheldatud ka koguteguritootlikkuse (ing. k. *total factor productivity*) puhul (Vogel 2013: 1).

Majandusteadlased on aastakümneid seostanud inimkapitali ning teadus- ja arendustegevust (T&A) tootlikkusega (Bronzini ja Piselli 2009: 187); erinevate riikide valitsused on hakanud üha enam nägema T&A poliitikat kui vahendit saavutamaks riikide laiemaid eesmärke nagu majanduskasv, tootlikkuse tõus ning konkurentsivõimelisus (Moncada-Paterno-Castello jt 2009: 2). Ka Euroopa riigijuhid näevad innovatsiooni ja inimkapitali edendamises võtit tagamaks jätkusuutlik kasv ning elukvaliteedi paranemine (Vogel 2013: 2). Seda peegeldavad nii Euroopa Liidu Lissaboni kui Euroopa 2020 strateegiad ning mitmed neist strateegiatest tõukunud initsiatiivid.

Euroopa Liidu tööhõive- ja majanduskasvustrateegias Euroopa 2020 märgitakse, et teadmised ja innovatsioon on EL-i tulevase majanduskasvu aluseks. Tuuakse välja, et Euroopa Liidus on vähem kui üks inimene kolmest vanuses 25-34 ülikooliharidusega, samas kui USA-s on see määr 40% ja Jaapanis üle 50%. Lisaks on EL-is teadus- ja arendustegevusele tehtavate kulutuste osakaal sisemajanduse koguproduktis (SKP) madalam kui USA-s või Jaapanis. (Euroopa Komisjon 2010: 12)

Eestiski on juhitud tähelepanu tööjõu kesisele tootlikkusele. Riigikontrolör kirjutab oma aastaaruandes, et „Eesti tööjõu tootlikkus töötaja kohta pole aga Euroopa Liidu 27 liikmesriigi keskmisega võrreldes viimased seitse aastat sisuliselt kasvanud. Kui 2007. aastal moodustas tootlikkus 66,6% EL 27 keskmisest, siis 2012. aastal vaid pool protsenti rohkem.“

(Riigikontroll 2013: 21) Eesti Inimarengu Aruandes kirjutatakse, et töötleva tööstuse tootlikkus Eestis on madal ja selle kasvutempo pole piisavalt kiire: „Kui Eesti hoiab sellist tootlikkuse absoluutse juurdekasvu taset, siis suudame Soomele järele jõuda ligikaudu neljakümne aasta pärast, EL-i keskmisena arvestatud tasemele jõudmiseks kuluks sadakond aastat ja paljudele riikidele ei jõuaks me järele isegi sajandi jooksul, kui nad jätkavad senist kasvu (Iirimaa, Taani, Holland).“ (Eesti Koostöö Kogu 2013: 162)

Sarnaselt Euroopa 2020 strateegiale teadvustab Riigikontrolör (Riigikontroll 2013: 22), et kallimate toodete loomise eelduseks on investeringud uurimistegevusse, innovatsiooni ja tootearendusse. Ta leiab, et probleemiks on nii suutmatuse näha kasu T&A-sse investeerimisest, kui see, et innovaatiliste toodete arendamiseks napib ressursse. Ometi on majanduse teadmusmahukamaks muutmine riiklike prioriteete: 2014. aastal kiideti Riigikogus heaks Eesti teadus- ja arendustegevuse ja innovatsiooni strateegia aastateks 2014-2020 ehk „Teadmispõhine Eesti“ (Riigi Teataja 2014). Teadmusmahukuse probleemistik on seega kahtlemata oluline ning seda nii Euroopa kui Eesti kontekstis.

Nägemus uurimistegevusest ning inimkapitalist kui tehnoloogilise progressi, tootlikkuse kasvu ning pikaajalise majanduskasvu võtmeteguritest põhineb endogeense kasvu teooriatel (Romer 1986, 1990; Lucas 1988; Aghion ja Howitt 1992). Teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali temaatikaga on lähedalt seotud ka teadmiste vastuvõtuvõimet (ing. k. *absorptive capacity*) käsitlev kirjandus, mille järgi on uurimistegevusel lisaks uue informatsiooni, innovatsiooni loomisele veel teinegi eesmärk: T&A loob võimekust kasutada juba olemasolevat infot, mis on keskkonda sattunud tänu teadmiste ülekanduvatele mõjule (ing. k. *knowledge spillovers*) (Cohen ja Levinthal 1989, 1990). Kuigi teadmiste vastuvõtuvõimet on sageli uuritud firma tasandil, ei ole kontseptsioon sellega piiratud ning seda võib käsitleda nii indiviidi kui riigi tasandil (Schmidt 2010: 1).

Käesoleva magistritöö eesmärk on uurida, milline on teadus- ja arendustegevusele tehtavate kulutuste ning inimkapitali mõju koguteguritootlikkuse kasvule. Magistritöö empiiriline osa põhineb Griffith jt (2004) pakutud mudelil, mis seob endogeense kasvu ning teadmiste vastuvõtuvõime käsitletused ning hõlmab lisaks inimkapitali, uurimistegevuse efektidele ka konvergensti mõju koguteguritootlikkuse kasvule. Endogeense kasvu teooriaid ja teadmiste vastuvõtuvõimet põimiva kirjanduse kohaselt sõltub piirkonna areng nii selle innovatiivsest võimekusest kui suutlikkusest võtta üle tehnoloogilise tuumiku või tehnoloogilise liidri (ing. k. *technological frontier*) välja töötatut (Vogel 2013: 2). T&A ning

inimkapital on olulised mõlema pädevuse jaoks, tõstes nii riikide võimekust ise innovatsioone luua kui võõrast tehnoloogiat imiteerida, enda tarvis kohandada (Griffithi jt 2004: 883-884).

Uurimisküsimuse ökonomeetiline analüüs viiakse läbi paneelandmete põhjal, kuhu on kaasatud 104 Euroopa regiooni aastatel 2000-2013. Mudeli hindamiseks rakendatakse klassikalist vähimruutude meetodit, süsteemiga üldistatud momentide meetodit ja paneelandmete fikseeritud efektidega modelleerimist. Mudel hinnatakse nii koguvalimi kui kahe alamvalimi – „Uue“ ja „Vana“ Euroopa regioonide – lõikes. Hindamisel võetakse arvesse ka regionaalseid ülekanduvaid mõjusid, mis lisab analüüsile geograafilise mõõtme.

Magistritöös esitatakse neli hüpoteesi:

- 1) mida madalam on regiooni koguteguritootlikkuse tase võrreldes tehnoloogilise liidriga, seda kiiremini selle koguteguritootlikkus kasvab (konvergensiefekt);
- 2) mida kõrgem on regiooni inimkapitali tase ning mida rohkem panustatakse T&A-sse, seda jõulisem on regiooni koguteguritootlikkuse kasv (innovatsiooniefekt);
- 3) mida parem on regiooni teadmiste vastuvõtuvõime, mis peegeldub inimkapitalis ja T&A-s, ning mida suurem selle koguteguritootlikkuse lõhe, seda kiiremini regioon kasvab (imitatsiooniefekt);
- 4) mida kõrgema koguteguritootlikkuse tasemega on regioonile geograafiliselt lähedased regioonid, seda kiirem on selle koguteguritootlikkuse kasv.

Magistritöö panustab kirjandusse kolmel moel. Esiteks on analüüsi kaasatud lisaks Lääne-Euroopa regioonidele Kesk- ja Ida-Euroopa regioonid, mida varasemalt on andmete puudulikkuse ning lühikese aegrea tõttu vähe uuritud. See suurendab nii andmete hajuvust üldvalimis kui teeb võimalikuks uurida, kas koguteguritootlikkuse mõjutegurites on gruppide vahel erinevusi. Teiseks kasutatakse uudset inimkapitali mõõdikut: peale kõrgharitud inimeste osakaalu, mida tarvitatakse teemakohases kirjanduses sageli, võetakse arvesse elukestvas õppes osalemise määra. Inimkapitali seisukohast on see, kui sageli töäjõud pärast ülikoolist lahkumist oma teadmisi ja oskusi täiendab, väga oluline. Kolmandaks täiendatakse Griffithi jt (2004) mudelit geograafilise mõõtmega, mis võimaldab hinnata regionaalseid ülekanduvaid mõjusid.

Magistritöö edasine struktuur on järgmine. Esmalt antakse ülevaade endogeense kasvu teooriate arengust ja teadmiste vastuvõtuvõime käsitlest ning tehakse kokkuvõtte varasematest asjakohastest empiirilistest uuringutest. Seejärel tutvustatakse magistritöös kasutatavaid andmeid ning selgitatakse meetodika valikut. Lõpetuseks lahatakse ökonomeetrilise analüüsi tulemusi ja antakse vastused eespool püstitatud hüpoteesidele.

1. UURIMISTEGEVUSE, INIMKAPITALI JA KOGUTEGURITOOTLIKKUSE SEOS

1.1. Endogeense kasvu teooriad

1956. aastal esitas Solow¹ majanduskasvu selgitava mudeli, mis on olulisemaid panuseid neoklassikalisse kasvuteooriasse. Solow neoklassikaline mudel seletab majanduskasvu kapitali akumulatsiooni, tööjõu juurdekasvu ning koguteguritootlikkuse tõusu ehk tehnoloogilise progressi läbi. Solow kasvumudel on tööjõul ja kapitalil eraldivõetuna kahanev piirtootlikkus, kuid mudel tervikuna on konstantse mastaabisäästuga. Tehnoloogia või koguteguritootlikkus on jääkliige: see on tegur, mis seletab majanduskasvu töötaja kohta, kui kasv kapitali akumulatsioonist on ammendunud ja majandus on püsiseisundis. Tehnoloogiline progress on mudelis määratud eksogeenselt ehk sõltumatuna teistest mudelisse kaasatud teguritest.

Arrow (1962) oli esimesi, kes üritas neoklassikalise majanduskoolkonna raames tehnoloogilist arengut seletada. Ta kirjutab, et „...nägemus majanduskasvust, mis toetub suuresti eksogeensele muutujale, pealegi muutujale, mida on niivõrd raske mõõta nagu teadmiste kvantiteeti, pole kaugeltki intellektuaalselt rahuldav.“² (*Ibid.*: 155) Tehnoloogilise teadmise kasvu põhjuseks pakub Arrow välja töö käigus õppimise (ing. k. *learning-by-doing*) käsitluse. Teadmiste omandamine on kogemuse tulemus, mistõttu leiab õppimine aset vaid tegevuse käigus (*Ibid.*). Arrow endogeense teooria järgi toimub õppimine vaid kapitalikaupade tootmisel: kui kaubad on valmis, õppimist enam ei toimu. Seega eeldab Arrow, et tehnoloogiliste teadmiste juurdekasv tekib tavapärase tootmisprotsessi kõrvalproduktina. (*Ibid.*: 172)

¹ Samal ajal esitas analoogse kasvumudeli Swan (1956), mistõttu tuntakse seda mudelit ka Solow-Swani kasvumudeli nime all.

² Autori tõlge.

Endogeense kasvu teooriate õitseage algas 1980. aastate teises pooles, mil Romer (1986, 1987, 1990) ja Lucas (1988) püüdsid anda teadmiste akumulatsioonile ehk pikaajalise ja jätkusuutliku majanduskasvu allikale endogeenset seletust. Hiljem lisandusid Grossmani ja Helpmani (1991) ning Aghioni ja Howitti (1992) kasvumudelid, mis tuginevad Schumpeteri (1942) loova hävitamise kontseptsioonile. Siin keskendun suuresti Romerile (1990), kuna antud artikkel on üks endogeense kasvu teooriate tüvitekste. Romer (1990) analüüsib nii enda varasemaid mudeleid kui Arrow'd (1962), Lucast (1988) ning mitmeid teisi. Pikemalt kirjeldan veel Aghioni ja Howitti (1992), sest antud artikkel on käesoleva teksti jaoks oluline: endogeense kasvu teooriaid ja järgmises peatükis käsitletavat teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsiooni on põimitud just nende autorite schumpeterlikule kasvumudelile toetudes.

Romeri (1990) kasvumudel sarnaneb Solow neoklassikalisele mudelile, kuid seda on täiendatud andmaks tehnoloogilise muutuse allikatele endogeenne seletus (*Ibid.*: S99). Romer defineerib tehnoloogilist progressi kui edasiminekut juhistes, mille alusel moodustatakse toormaterjalidest (ing. k. *raw materials*) uusi kaupu (*Ibid.*: S72); tehnoloogiline areng võrdub kapitalikaupade disainide arvu suurenemisega (*Ibid.*: S79). Tootlikkuse kasv tõukub Romeri mudelis nii tehnoloogilisest progressist kui kapitali akumulatsioonist (*Ibid.*: S72).

Romeri endogeenne kasvumudel tugineb kolmele eeldusele. Esiteks: tehnoloogiline areng on majanduskasvu võti. Teiseks: tehnoloogiline progress tõukub ratsionaalselt (isekalt) käituvate turuosaliste reageerimisest turustiimulitele. Sellest tulenevalt on tehnoloogiline muutus endogeenne ning mitte eksogeenselt antud sõltumatu muutuja. Kolmandaks: kapitalikaupade disainid erinevad oma olemuselt teistest kaupadest. Kui uute disainide väljatöötamise kulud on kaetud, võib disaine kasutada korduvalt ilma uusi kulusid tekitamata. Seega sarnanevad uute juhiste loomise kulud mõneti püsikuludega: juhiste korduv kasutamine muutuvkuludes ei kajastu. (*Ibid.*: S72)

Romer (*Ibid.*: S73-S75) analüüsib tehnoloogiat erakauba-avaliku kauba vaatevinklist. Avalik kaup on välistamatu (ing. k. *non-excludable*) ja konkurentsitu (ing. k. *non-rival*). Välistamatus tähendab, et kauba tarbimist pole võimalik takistada, see on kõigile kättesaadav: tarbimise piiramine oleks kas võimatu või väga kulukas. Kauba konkurentsitus tähendab, et uue tarbija lisandumine ei too endaga kaasa uusi kulusid: lisaisiku tarbimise piirkulu on null. Avalikule kaubale vastandub erakaup, mis on vastavalt välistatav (ing. k. *excludable*) ja konkureeriv (ing. k. *rival*). Romeri kolme eelduse poole tagasi pöördudes nähtub, et

tehnoloogia on ühtaegu nii konkurentsitu (eeldus 3) kui vähemalt osaliselt välistatav (eeldus 2) kaup (*Ibid.*: S74). Seega ei liigitu tehnoloogia selgelt ei avalikuks ega erakaubaks.

Enamik majanduskasvu mudeleid eeldavad, et turul tegutsevad firmad on hinnavõtjad ehk ei saa oma käitumisega kaupade hindu mõjutada. Romer (*Ibid.*: S72) väidab, et kui kolm eelpool nimetatud tingimust on täidetud ning ettevõtted on hinnavõtjad, ei ole turutasakaal võimalik. Kui konkurentsitu sisendil on produktiivne väärtus – innovatsioon loovad töötajad, kellele makstakse palka –, ei saa toodang olla konstantse mastaabisäästuga funktsioon oma sisenditest (*Ibid.*: S75). Konstantse mastaabisäästuga tootmisfunktsiooniga firma ei jääks sellises olukorras hinnavõtjana ellu. Toodangut hinnavõtjatele omaselt ehk piirkuluga võrdse hinnaga müües võrduvad firma tulud kapitali intressimaksetega ja palgamaksetega töötajatele. Kui kõigile sisenditele, sealhulgas teadus- ja arendustegevusega tegelevatele töötajatele makstaks nende piirtulule võrdset hinda, oleks firma kahjumis. (*Ibid.*: S76)

Erinevad kasvumudelid on seda vastuolu vältinud mitmetel viisidel. Solow (1956) mudelis on tehnoloogia eksogeenselt pakutud avalik kaup, sisend, mis on nii konkurentsitu kui välistamatu. Shelli (1966, 1967 Romer 1990: S76 kaudu) järgi on tehnoloogia avaliku kauba iseloomuga sisend, mida pakub valitsus. Nii Solow kui Shelli mudelites ei maksta teadmiste kasutamise eest, tehnoloogia ei saa kompensatsiooni, ning igal firmal on võimalik kasutada kogu olemasolevat teadmiste varu. Sellised mudelid on kooskõlas esimese ja kolmanda eeldusega, kuid mitte teisega: mudelid eitavad, et isekas, kasu maksimeeriv käitumine on tehnoloogilise progressi juures oluline. (Romer 1990: S76)

Arrow (1962) viib tehnoloogilise progressi vastavusse turustiimulitega eeldades, et töö käigus õppimise kaudu toob kapitali akumulatsioon kaasa ka teadmiste kogunemise. Lucas (1988) väidab, et tehnoloogiline progress tekib kõrvalproduktina mitte füüsilise kapitali tootmise, vaid inimkapitali tootmine kaudu. Töö käigus õppimise kontseptsioon teeb teadmiste akumulatsioon endogeenseks, kuid tingib, et proportsionaalsus teadmiste ja füüsilise kapitali (Arrow) või teadmiste ja inimkapitali (Lucas) vahel on eksogeenne tehnoloogia omadus. Seega on tehnoloogia endiselt avalik kaup nagu Solow ja Shelli mudelites, kuid avalik kaup, mis ilmneb erakauba tootmise kõrvalproduktina. Sarnaselt teistele tehnoloogilist teadmist avaliku kaubana käsitlevatele mudelitele välistatakse võimalus, et ettevõtted teevad teadus- ja arendustegevusse sihipäraseid investeeringuid. (*Ibid.*: S76-S77)

Võtmaks arvesse kolme eelpoolkirjeldatud tingimust, loobub Romer hinnavõtmiskäitumisest ning kaasab mudelisse turujõud (*Ibid.*: S78). Autor kasutab

monopolistliku konkurentsi mudelit, kus firma investeerib uut kapitalikaupa luues teadus- ja arendustegevusse ning teeb need kulud tasa, kui müüb uut kaupa kõrgema hinnaga, kui on selle tootmise piirkulu. Monopolistlik konkurents kindlustab, et firmal on võimalik kompenseerida uurimistegevuse kulud ehk müüa toodangut piirkulust kõrgema hinnaga, kuid tööstusharusse sisenemise piirangute puudumise tõttu teenitakse siiski nullkasumit. (*Ibid.*: S73)

Nagu eespool mainitud, on uute kapitalikaupade väljatöötamise kulu sarnane püsikuluga. Sellest tulenevalt võidab majandus turu suurenemisest ja rahvusvahelisest kaubandusest. Turu suurenemisel on lisaks sissetulekute tasemele positiivne mõju ka majanduskasvu määrale, sest suuremad turud ajendavad rohkem uurimistööd ja kiiremat kasvu. Romeri mudelis on turu suuruse mõõt inimkapital: kasvumäär tõuseb, kui inimkapitali varu suureneb. Samas ei sõltu inimkapitali varu ei tööjõu rohkusest ega rahvaarvust ning kui selle varu on liiga madal, ei pruugi majandus kasvada. (*Ibid.*: S73)

Firma, mis investeerib uurimistegevusse inimkapitali, loodab tehtud kulutused katta tulu arvelt, mida ettevõttele teenib tulevikus uurimistegevuse tulemusena valminud uus disain. Mida kõrgem on intressimäär, seda väiksem on oodatava tulu nüüdisväärtus. Seega eraldatakse uurimistegevusele kõrge intressimäära korral vähem inimkapitali ja majanduse kasvumäär on madalam: tehnoloogilise progressi kiirus on intressimäära suhtes tundlik. (*Ibid.*: S93)

Ka siis, kui intressimäär pole kõrge, võib eeldada, et uurimistegevusele eraldatakse liiga vähe inimkapitali. Sellel on kaks põhjust. Esiteks on teadus- ja arendustegevusel positiivne välismõju. Uute kapitalikaupade disainid tõstavad kõigi tulevaste uurimistegevusega hõivatud töötajate tootlikkust, kuid kuna see kasu on (osaliselt) välistamatu, ei peegeldu see disainide turuhindades. Teiseks toodab uurimistöö sisendit, mida ostab majandussektor, mis kehtestab monopoolseid hindu (Romer kasutab monopolistliku konkurentsi mudelit). Disaini tootmise piirkulule lisanduv juurdehindlus tekitab vahe sisendi piirprodukti ja selle kompenseerimise vahel. Uurimistööga hõivatud töötaja saab endale vaid osa kasust, mille ta oma tööga loob: tema loodu ühiskondlik kasu on sellest suurem. Nendest kahest efektist tuleneb, et inimkapital on alakompenseeritud. (*Ibid.*: S96)

Kuna Romeri mudelis on inimkapitali varu eksogeenselt määratud, ei too selle alakompenseerimine kaasa heaolukadu. Realistlikumas mudelis, kus inimkapitali akumulatsioon endogeenselt, oleks selle pakkumine liiga madal. Kui uurimissektorile eraldatakse liiga vähe inimkapitali, on tulemuseks optimaalsest madalam majanduskasvumäär. (*Ibid.*: S97) Antud mudelis saab inimkapitali kasutada nii innovatsioone loovas uurimissektoris

kui tootmises, mis uutesse tehnoloogiatesse ei panusta. Inimkapitali varu suurenemine viib ka uurimissektoris hõivatud inimkapitali suurenemisele (*Ibid.*: S96). Kuna valitsus ei saa mõjutada inimkapitali akumulatsiooni erinevate sektorite vahel, on paremuselt teine poliitika subsideerida inimkapitali tootmist (*Ibid.*: S97). Inimkapitali investeerimine majanduskasvu eesmärgil ongi kõige olulisem Romeri mudelist järelduv poliitikasoovitus.

Sarnaselt Romeri (1990) mudelile toimub Aghioni ja Howitti (1992: 323) järgi innovatsioon kapitalikaupade kaudu. Kui Romeri mudelis võrdub tehnoloogiline progress kapitalikaupade mitmekesisuse suurenemisega, siis Aghion ja Howitt tähtsustavad nende kvaliteedi paranemist. Innovatsioon seisneb uutes paremates kaupades, mis muudavad vanad tooted iganenuks (ing. k. *obsolet*). Seetõttu toob tehnoloogiline progress nii kasu kui kahju. Iganemises kehastub Joseph Schumpeteri 1942. aastal kirjeldatud loova hävitamise idee, millekohast löiku autorid ka tsiteerivad:

„Fundamentaalne impulss, mis hoiab kapitalismi mootori liikumises, tuleneb uutest tarbekaupadest, uutest tootmis- ja transpordimeetoditest, uutest turgudest... [See protsess] revolutsioneerib lakkamatult majanduse struktuuri seestpoolt, lakkamatult hävitades vana, lakkamatult luues uut. See Loova Hävitamise protsess on kapitalismi põhialus.“³ (Schumpeter 1942 Aghion ja Howitt 1992: 324 kaudu)

Aghioni ja Howitti mudelis tõukub majanduskasv üksnes tehnoloogilisest progressist. Tehnoloogiline muutus on tingitud konkurentsist erinevate arendustegevusega tegelevate, innovatsioone loovate firmade vahel. (Aghion ja Howitt 1992: 349) Majanduskasvu määr sõltub sellest, kui palju uurimistööd neis firmades tehakse, kuid uurimistöö maht käesoleval perioodil sõltub *negatiivselt* oodatavast uurimistegevuse mahust järgmisel perioodil. Periood on ajavahemik kahe järjestikuse innovatsiooni vahel ning selle pikkus on teadmata, kuna pole võimalik ette ennustada, mil toimub järgmine innovatsioon. Küll on võimalik määratleda, milline on uurimistegevuse mahtude omavaheline suhe kahel järjestikusel perioodil. (*Ibid.*: 323)

Uurimistegevuse oodatav aktiivsus järgmisel perioodil mõjutab negatiivselt teadus- ja arendustööd käesoleval perioodil kahe kanali kaudu. Esimene kanal on loov hävitamine. Firmad on motiveeritud investeerima uurimistöösse, kuna see töötab tuua tulu: firma saab oma innovatsiooni arvelt järgmisel perioodil monopoolset kasumit. Monopoolset kasumit on võimalik teenida vaid niikaua, kuni toimub järgmine innovatsioon: sel hetkel muutub seni

³ Autori tõlge.

kasulik teadmine iganenuks. Oodatava kasumi nüüdisväärtus sõltub seega negatiivselt sellest, kui kiiresti toimub järgmine innovatsioon ja algab uus periood. Väljavaade, et järgmisel perioodil tehakse rohkem uurimistööd, heidutab uurimistegevust käesoleval perioodil. (*Ibid.*)

Teine kanal on oskustööjõu palgatase. Ootus, et järgmisel perioodil tehakse rohkem uurimistööd, tähendab ühtlasi, et tulevikus vajatakse rohkem oskustööjõudu ehk töötajaid, kes tegelevad teadus- ja arendustööga. Suurenenud nõudlus tõstab järgmisel perioodil oskustööjõu palka ning tööjõukulude kasv vähendab monopoolseid kasumeid, mida innovatsiooni arvelt teenitakse. Seega heidutab väljavaade, et järgmisel perioodil tehakse rohkem uurimistööd, investeeringuid teadus- ja arendustegevusse käesoleval perioodil, kuna vähendab tulevast edukale innovaatorile osaks saavat kasu. (*Ibid.*)

Majanduse keskmine kasvumäär võib olla sotsiaalsest optimumist kõrgem või madalam, sest mudelisse on kaasatud erisuunalised efektid. Sarnaselt Romeri (1990) mudelile on innovatsioonidel positiivne välismõju tulevasele uurimistegevusele ja majandusarengule, kuid Aghioni ja Howitti mudelis on võimalikud ka vastupidised efektid. Uurimistegevusega hõivatud töötajad ei internaliseeri kahju, mis kaasneb uue innovatsiooniga: olemasolev teadmine muutub iganenuks ja selle arvel teenitavad kasumid kaovad. See efekt võib viia kõrgema majanduskasvuni, kui oleks sotsiaalselt optimaalne. (*Ibid.*: 325)

Kui Romer (1990) leidis, et inimkapital on teadus- ja arendustegevuse peamine sisend ning Aghioni ja Howitti (1992) järgi võib liigne teadus- ja arendustegevus tuua kahju olemasoleva teadmise iganenuks muutmise kaudu, siis Reis ja Sequeira (2007: 574) pakuvad välja uue võimaliku seose inimkapitali, teadus- ja arendustegevuse ning loova hävitamise kontseptsiooni vahel. Nimelt toovad autorid välja, et teadus- ja arendustegevus võib inimkapitali akumuliseerumisele avaldada negatiivset mõju. Inimkapital kasutab uusi tehnoloogiaid ning kui vanad tehnoloogiad muutuvad iganenuks, muutub kasutuks ka olemasolev, vanade tehnoloogiate kasutamisele spetsialiseerunud inimkapital: toimub inimkapitali loov hävitamine.

See negatiivne seos inimkapitali ja tehnoloogilise progressi vahel on tuntud kui erosiooniefekt (Galor ja Moav 2002 Reis ja Sequeira 2007: 573 kaudu). Erosiooniefekti järgi väheneb aeg, mis kulub uue tehnoloogia õppimiseks, haridustaseme tõusuga, kuid suureneb tehnoloogilise arengu kiirusega. Kuigi teadus- ja arendustegevusel on mitmeid positiivseid välismõjusid, on erosiooniefekt negatiivne välismõju, mida tehnoloogiline progress

inimkapitali akumulatsioonile avaldab ning seetõttu võib teadus- ja arendustegevusse investeerida ka liiga palju. (Reis ja Sequeira 2007: 589)

Reisi ja Sequeira kasvumudelid on innovatsioonid ja inimkapitali akumulatsioon endogeensed. Autorid leidsid oma mudelit kalibreerides, et kõik majanduskasvu määrad on optimaalsed, kuid üleinvesteering T&A-sse on võimalik. Erosiooniefekt võib teatud juhtudel olla piisavalt tugev, et tasakaalustada ülekanduvate mõjude, juurdehindluse (ing. k. *markup*) ja spetsialiseerumisest saadava kasu (ing. k. *specialization gains*) efekte. Autorid võrdlesid mudeli kalibreerimistulemusi empiiriliste andmetega ning leidsid, et teadus- ja arendustegevusse üleinvesteering võib olla empiiriliselt toetatud. Erandiks on olukord, kus kasud spetsialiseerimisest on iseäranis kõrged. (*Ibid.*)

1.2. Teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsioon

Cohen ja Levinthal avaldasid 1989. aastal artikli, kus pakuti välja, et teadus- ja arendustööl on lisaks innovatsiooni loomisele veel teinegi eesmärk: uurimistegevus arendab võimekust kasutada olemasolevat teadmist. Suutlikkust ära tunda (ing. k. *identify*), assimileerida (ing. k. *assimilate*) ja ära kasutada (ing. k. *exploit*) keskkonnas olemasolevat informatsiooni nimetavad autorid teadmiste vastuvõtuvõimeks (Cohen ja Levinthal 1989: 596). Autorid arendasid teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsiooni edasi ka oma järgmises, 1990. aastal ilmunud artiklis. Need kaks artiklit on pannud aluse mahukale teadmiste vastuvõtuvõimet käsitlevale kirjandusele ning neile kahele keskendun ka siin.

Cohen ja Levinthal (1989, 1990) käsitlevad teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsiooni firma tasandil. Kuigi valdav osa empiirilist ja teoreetilist kirjandust on samuti pühendunud teadmiste vastuvõtuvõime uurimisele firma tasandil, ei ole kontseptsioon sellega piiratud: teadmiste vastuvõtuvõimet võib käsitleda nii indiviidi kui riigi tasandil (Schmidt 2010: 1). Need tasandid on omavahel seotud, sest riiklik teadmiste vastuvõtmise võimekus sõltub selle organisatsioonide suutlikkusest, organisatsioonide võimekus omakorda indiviidide teadmiste vastuvõtuvõime tasemest (Cohen ja Levinthal 1990: 131).

Teadmiste vastuvõtuvõime mängib tähtsat osa firma võimekuses luua uut teadmist, luua innovatsioone. Seega erineb teadmiste vastuvõtuvõime arendamine töö käigus õppimisest. Töö käigus õppimine viitab automaatsele protsessile, kus muututakse kogenumaks ja efektiivsemaks selles, millega juba tegeletakse. Teadmiste vastuvõtuvõime annab firmale

suutlikkuse omandada firmavälist teadmist ning teha midagi täiesti uut ja erinevat. (Cohen ja Levinthal 1989: 570) Peab mainima, et autorid ei osuta siin Arrow (1962) töö käigus õppimise kontseptsioonile: Arrow mudelis toimub õppimine vaid uut kapitalikaupa tootes ning mitte selle edasises (järjest efektiivsemas) kasutamises.

Cohen ja Levinthal (1989: 570) osutavad – mõneti sarnaselt Romerile (1990) – asjaolule, et majandusteadlased eeldavad sageli, et tehnoloogia on avalik kaup, mis levib kuludeta või on teadmiste ülekande hinnaks vaid vahetud informatsiooni töötlemise või imiteerimiskulud. Teadmiste ülekande kulud on väiksed aga seetõttu, et firmad, kes uut teadmist assimileerivad, on varem panustanud teadus- ja arendustegevusse ehk oma teadmiste vastuvõtuvõimesse investeerinud. Pikaajalised õppimise kulud võivad seetõttu olla mahukad ning hõlmavad enam kui info töötlemise ja tehnoloogia imiteerimiskulusid. Siit järeldub, et väljavaade suurendada oma võimekust õppida, peaks mõjutama ka seda, kui palju ressursse firma uurimistegevusele eraldab. (Cohen ja Levinthal 1989: 570)

On leitud, et tööstusharu tasandil on kolm tegurit, mis määravad selle, kui palju ressursse teadus- ja arendustegevusele eraldatakse. Nendeks on nõudlus (ing. k. *demand*), omastatavus (ing. k. *appropriability*) ja tehnoloogiline väljavaade (ing. k. *technological opportunity*). Nõudlust iseloomustatakse müügikäibe, tihedamini nõudluse hinnaelastsuse kaudu, mis väljendab, kui palju müügimaht tõuseb, kui toote hind langeb. Kui innovatsioon vähendab tootmiskulusid ja toote hinda, ning müük kasvab, suureneb firma teenitav kasum. (Cohen ja Levinthal 1990: 139)

Omastatavus viitab sellele, mil määral saavad firmad ise kasu enda innovatiivsest tegevusest ning kuivõrd „lekivad“ uued teadmised keskkonda. Ülekanduvate mõjude tase sõltub muuhulgas patente reguleerivatest seadustest, informatsiooni salastatusest ja/või uue tehnoloogia esimese kasutaja eelistest (ing. k. *first-mover advantage*). Tehnoloogilise väljavaate tingimused kirjeldavad, kui lihtne või keeruline on firmal tehnoloogiliselt edeneda. Tehnoloogilise väljavaate tingimused on head, kui on rohkelt tööstusharuvälist – näiteks ülikoolidest või riiklikest teaduslaboritest pärinevat – teadmist, mis täiendab firma enda teadus- ja arendustegevust. (*Ibid.*)

Kuna keskkonnas olemasoleva teadmise äratundmine, assimileerimine ja ärakasutamine nõuab suutlikkust teadmisi vastu võtta, peaksid lisaks nendele kolmele tegurile firma investeeringuid T&A-sse mõjutama ka soov enda õppimisvõimet arendada (Cohen ja Levinthal 1989: 570). Firmat motiveerib teadmiste vastuvõtuvõimesse investeerima kaks tegurit. Esiteks:

mida rohkem on keskkonnas teadmist, mida saab assimileerida ja ära kasutada, seda suurem on stiimul õppimisse investeerida. Teiseks: stiimulit teadmiste vastuvõtuvõimese panustada mõjutab õppimise hõlpsus (ing. k. *ease of learning*). (Cohen ja Levinthal 1990: 139) Kui õppimine muutub keerulisemaks, muutub firmas läbi viidud teadus- ja arendustegevus tähtsamaks ning kulutused T&A-le tõusevad. (*Ibid.*: 142)

Õppimise hõlpsust mõjutab veel tehnoloogilise teadmise iseloom: kui keeruline on assimileeritav teadmine ning mil määral haakub keskkonnas olemasolev teadmine firma tehnoloogiliste vajadustega. Lisaks on oluline valdkonna kumulatiivsuse määr ja/või valdkonnas toimuva arengu kiirus. Mida rohkem toetuvad valdkonna teadmised varasematele uurimistulemustele, seda olulisem on eelneva teadmise omandamine, et firma oleks suuteline assimileerima uusi teadmisi. Mida kumulatiivsem on valdkond või mida kiiremini see areneb, seda olulisem on, et firma investeeriks uurimistegevusse ja seeläbi enda teadmiste vastuvõtuvõimesse. (*Ibid.*: 140)

Nagu eelpool mainitud, peetakse tööstusharu tasemel lisaks turunõudlusele firmade innovatiivse tegevuse peamiseks määrajaks tehnoloogilise väljavaate ja kasu omistatavuse tingimusi. Kuna mõlema mõjuteguri efekt sõltub tugevalt firmavälise teadmise assimileerimisest, on tegurite mõju vahendatud firma teadmiste vastuvõtuvõime poolt. Seega peaksid need tegurid, mis avaldavad mõju õppimise hõlpsusele, omakorda mõjutama seda, kuidas omastatavuse ja tehnoloogilise väljavaate tingimused suunavad T&A kulutusi. (Cohen ja Levinthal 1989: 593)

Cohen ja Levintal (1990: 142) väidavad, et teadmiste ülekanduv mõju pakub (osaliselt) positiivset stiimulit teadus- ja arendustegevusse investeerimiseks. Tavaliselt on teadmiste ülekanduvaid mõjusid peetud T&A heidutajaks, kuna firma ei saa omastada kogu kasu, mida uus teadmine väärt on. Coheni ja Levinthali raamistikus on see efekt tasakaalustatud teadmiste vastuvõtuvõime arendamise stiimuliga. Mida rohkem valgub keskkonda konkurentide loodud teadmist, seda suurem on firma stiimul ise investeerida teadus- ja arendustegevusse, et olla võimeline neid ülekanduvaid mõjusid assimileerima ja ära kasutama.

Tehnoloogilise väljavaate paranemine ehk keskkonnas vabalt kättesaadava ja firma jaoks asjakohase informatsiooni kvantiteedi suurenemine ajendab firmat investeerima enam T&A-sse keerulistes õpikeskkondades. Mida rohkem on firmavälist teadmist, seda suurem on ettevõtte stiimul arendada enda teadmiste vastuvõtuvõimet. Keerulisemad õppimiskeskonnad

suurendavad teadus- ja arendustegevuse hulka, mis on vajalik, et luua piisav teadmiste vastuvõtuvõime tase. (*Ibid.*: 142)

Uurimaks teadmiste vastuvõtuvõime mõju T&A investeeringutele, koostavad Cohen ja Levinthal (1989, 1990) mõlemas artiklis lihtsad mudelid. Varasema mudeli empiirilise testimise tulemused üldjoones kinnitavad, et õppimise hõlpsus avaldab mõju omastatavusele ja tehnoloogilise väljavaatele, mis omakorda mõjutavad otsust investeerida T&A-sse (Cohen ja Levinthal 1989: 593). Hilisema mudeli järgi mõjutavad samuti õppimise hõlpsus ja ka keskkonnas vabalt kättesaadavate teadmiste kvantiteet omastatavuse ja tehnoloogilise väljavaate efekte T&A kulutustele (Cohen ja Levinthal 1990: 141). Empiirilised tulemused näitavad, et firmad on oma T&A investeerimisotsustes tundlikud õpikeskkonna omaduste suhtes ning teadmiste vastuvõtuvõime on firma investeerimisotsuses tõenäoliselt olulisel kohal. (*Ibid.*: 149)

Arusaam, et teadus- ja arendustegevusel on kaks rolli – uue informatsiooni loomine ja õppimisvõime parandamine –, võimaldab teha mitmeid järeldusi. Näiteks selgitab see, miks investeerivad firmad alusuuringutesse (ing. k. *basic research*) isegi siis, kui uurimine pole suunatud konkreetse toote väljatöötamiseks või tootmisprotsesside parandamiseks. Ettevõtted võivad panustada alusuuringutesse ainuüksi sellepärast, et olla võimelised ära tundma ja ära kasutama potentsiaalselt kasulikke teaduslikke avastusi, mida ülikoolides, erinevates uurimisasutustes või konkurendi laborites tehakse. (Cohen ja Levinthal 1989: 593)

Veel lisab teadus- ja arendustegevuse kahene roll uue mõõtme patente reguleerivate seaduste heaoluefektide hindamisele. Ühest küljest on patentidel heaolu vähendav efekt, kuna lubab ettevõtetel käituda monopolistlikult. Teisalt arvatakse, et patentidel on heaolu suurendav efekt, sest monopoolse kasumi ootus ärgitab T&A-sse investeerima. (*Ibid.*: 594) Tööstusharusisesed teadmiste ülekanduvad mõjud, mida patendid takistavad, võivad vastupidiselt tavaliselt arvatule investeeringuid teadus- ja arendustegevusse hoopis soodustada. Mida rohkem on keskkonnas infot, mida on firmal võimalik assimileerida ja enda huvides ära kasutada, seda suurem on ka motivatsioon arendada enda teadmiste vastuvõtuvõimet ja investeerida uurimistegevusse. (*Ibid.*: 596)

Teadmiste vastuvõtuvõime pole üheselt mõõdetav, käegakatsutav nähtus ning selle kasu on kaudne. Sestap on raske määrata, milline on optimaalne teadmiste vastuvõtuvõimesse investeerimise tase. (Cohen ja Levinthal 1990: 149) Teadmiste vastuvõtuvõimet on võimalik säilitada ja arenda rutiinsete tegevuste kõrvalproduktina siis, kui teadmiste valdkond, millest

firma on huvitatud, on lähedane firma olemasoleva teadmistebaasiga. Kui firma soovib lõigata kasu teadmisest, mis pole seotud oma tegevusalaga, peab ettevõtte tegema sihipäraseid investeeringuid teadmiste vastuvõtuvõime arendamiseks ning teadmiste vastuvõime pole enam kõrvalprodukt. Sellisel juhul ei pruugi firma soovida eraldada ressursse, et ettevõtte tehniline personal saaks omandada teadmiste pagasi, mis lubab info assimileerimist võõrastest valdkondadest. (*Ibid.*: 150) Lisaks ei pruugi teadmiste vastuvõtuvõime arendamine alternatiivina üldse mõttesse tulla: juba äratundmine, et uus teadmine võib firmale kasu tuua, nõuab piisavat kompetentsi ja valdkonna tundmist. (*Ibid.*: 136)

Endogeense kasvu teooriaid ja teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsiooni põimiva kirjanduse kohaselt sõltub riigi areng nii selle enda innovatiivsest võimekusest kui suutlikkusest võtta üle tehnoloogilises tuumikus või tehnoloogilise liidri poolt välja töötatud (Vogel 2013: 2). Griffith jt (2003) täiendavad Aghioni ja Howitti (1992) mudelit tingimusliku konvergenstiga: tehnoloogiline progress riikides, mis ei asu tuumikus, sõltub lisaks riigi enda innovatsioonidele ka tuumikus välja töötatud tehnoloogiatest. Taoline tehnoloogiline progress on riigi enda uurimistegevusest sõltumatu; autorid nimetavad seda autonoomseks tehnoloogia ülekandeks. (Griffith jt 2003: 109)

Tootlikkuse kasvu allikaid mudeldavad autorid kui funktsiooni riigi kaugusest tehnoloogilisest liidrist. Mida madalam on riigi koguteguritootlikkuse tase, seda kaugemal on piirkond tuumikust ning seda suurem on selle kasvupotentsiaal. (*Ibid.*) Vaesematel riikidel on võimalik kiiremini kasvada ja oma mahajäämust tehnoloogilisest liidrist vähendada, sest võttes kasutusele kõige kaasaegsema tehnoloogia, teevad nad korraka suure tehnoloogilise hüppe: kõrgema arengutasemega riikides, kus innovatsioonid toimuvad järk-järgult, see võimalik pole (Vogel 2013: 4).

Griffithi jt (2003 Vogel 2013: 4 kaudu) mudelis on kapitalikaupade kvaliteediparendused, mis on ajendatud riigis läbi viidavast uurimistegevusest, positiivses seoses riigi kaugusega tuumikust: autorid omistavad teadus- ja arendustegevusele tehnoloogia ülekannet lihtsustava rolli. Seega on Griffithi jt (2004) mudelisse kaasatud ka Coheni ja Levinthali välja pakutud teadmiste vastuvõtuvõime ning teadus- ja arendustegevuse kahese rolli kontseptsioon.

Griffith jt (2004 Vogel 2013: 4 kaudu) lisavad analoogse rolli inimkapitalile. Kuna tööjõu haritus lihtsustab uute tehnoloogiate ülevõtmist, on tehnoloogiline progress positiivses seoses inimkapitali tasemega. See seos on interakteeritud piirkonna kaugusega tehnoloogilisest

liidrist. Tehnoloogiliselt mahajäänud riigi võime üle võtta uusi tehnoloogiaid sõltub tööjõu haridustasemest ja sellest, mil määral riik ise panustab T&A-sse: mida haritum on tööjõud ja mida rohkem tehnoloogilist teadmist on riik omandanud läbi iseseisvalt läbi viidud uurimistegevuse, seda suutlikum on riik võtma kasutusele võõraid tehnoloogiaid ning seda rohkem aitab kaugus tuumikust kaasa riigi koguteguritootlikkuse tõusule.

Griffithi jt (2003, 2004 Vogel 2013: 4 kaudu) mudelid täiendavad seega schumpeterliku endogeense kasvu raamistikku teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsiooniga. Autorid toovad kolm tegurit, mis määravad tehnoloogilise progressi kiiruse riigis või regioonis, mis ei kuulu tehnoloogilisse tuumikusse. Nendeks on 1) piirkonnas läbi viidav teadus- ja arendustegevus ning inimkapitali varu (väljendab riigi või regiooni enda innovatiivsust), 2) piirkonna kaugus tehnoloogilisest liidrist, mis väljendab potentsiaali mahajäämust tuumikust vähendada autonoomse tehnoloogia ülekande kaudu, 3) interaktsioon nende kahe teguri vahel, milles kehistub idee, et edukas tehnoloogia ülevõtmine sõltub piirkonna teadmiste vastuvõtuvõimest.

Teadus- ja arendustegevus ja inimkapital mõjutavad tootlikkuse kasvu seega kahe eraldiseisva kanali kaudu. Esiteks soodustavad need innovatsiooni: see on otsene efekt. Teiseks loovad T&A ja inimkapital eeldused, mis on vajalikud tehnoloogia edukaks ülevõtmiseks, imiteerimiseks: see on kaudne efekt, mis toimib seotult riigi kaugusega tehnoloogilisest liidrist. (*Ibid.*) Vogel (2013: 2) nimetab neid kahte kanalit, mille kaudu teadus- ja arendustegevus ning inimkapital tootlikkust suurendavad, vastavalt innovatsiooni- ja imitatsiooniefektiks.

1.3. Ülevaade varasematest empiirilistest uuringutest

Koguteguritootlikkuse, teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali seoseid on analüüsitud palju, teedrajavateks võib lugeda Coe ja Helpmani (1995) ning Coe jt (1997) töid. Hiljutisematest empiirilistest töödest saab välja tuua näiteks Kwarki ja Shyni (2006), Knelleri ja Stevensi (2006), Mancusi (2008), Uneli (2008), Bronzini ja Pisello (2009), Islami (2009) ja Vogeli (2013). Mitmed loetletud artiklitest hõlmavad ka teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsiooni.

Coe ja Helpmani (1995) mudel põhineb Romeri (1990), Grossmani ja Helpmani (1991) ja teiste autorite majanduskasvu teooriatel, kus tehnoloogilise progressi allikaks on kommertssuunitlusega innovatsioonitegevused. Autorid uurivad, mil määral sõltub koguteguritootlikkus lisaks riigi enda teadus- ja arendustegevusest ka välismaisest T&A-st. Nad

sedastavad, et tänu kaubandusele, välismaistele otseinvesteeringutele ning rahvusvahelisele teadmiste levikule sõltub riigi tootlikkus nii siseriiklikust uurimistegevusest kui riigi kaubanduspartnerite T&A alastest pingutustest. (Coe ja Helpman 1995: 860)

Siseriikliku teadus- ja arendustegevuse tulemiks on uued kaubad ja teenused, mis võimaldavad olemasolevaid ressursse efektiivsemalt kasutada ja tõstavad seega riigi tootlikkust. Lisaks sellele tugevdab T&A riigi võimekust ära kasutada välismaiseid tehnoloogilisi edusammude: mida paremini suudetakse võõras teadmine enda kasuks tööle panna, seda tootlikumaks riik muutub. Kasud välismaisest teadus- ja arendustegevusest võivad olla nii otsesed kui kaudsed. Otsesed kasud seisnevad uute tehnoloogiate ja materjalide, tootmisprotsesside ja organisatsioonimeetodite kohta õppimises. Kaudsed efektid tõukuvad kaubanduspartnerite poolt juba välja töötatud kaupade ja teenuste impordist. Mõlemal puhul mõjutab välismaine T&A riigi produktiivsust. (*Ibid.*)

Coe ja Helpmani valim koosneb 21 Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsiooni (OECD) riigist ning Iisraelist perioodil 1971-1990. Autorid kasutavad kumulatiivseid T&A kulutusi kui teadmiste varu indikaatorit. Iga valimis esindatud riigi jaoks moodustavad autorid kodumaise teadmiste varu näitaja, mis põhineb siseriiklikel T&A kulutustel ning välismaisel teadmiste varul, mis sõltub riigi kaubanduspartnerite T&A kulutustest. Välismaise T&A kapitali leidmiseks kasutavad autorid impordi osatähtsustega kaalutud kaubanduspartnerite kumulatiivseid T&A kulutusi. Iga riigi jaoks arvutatakse ka koguteguritootlikkuse mõõdik lahutades toodangu naturaallogaritmist tööjõu- ja kapitalisisendite naturaallogaritmide kaalutud keskmine, kus kaalud on võrdsed tootmisfaktorite osakaaludega. Seejärel hindavad autorid siseriikliku ning välismaise teadus- ja arendustegevuse kapitali mõju koguteguritootlikkusele kointegratsioonivõrrandite abil. (*Ibid.*)

Hindamistulemused näitavad, et tootlikkuse ja teadus- ja arendustegevuse kapitali vahel on tõepoolest olemas tihe seos. Riigi koguteguritootlikkus sõltub nii riigi enda T&A kapitalist kui riigi kaubanduspartnerite T&A kapitalist. Välismaisel T&A kapitalil on seda tugevam efekt kodumaisele tootlikkusele, mida suurem on impordi osakaal SKP-s ehk mida avatum on riik rahvusvahelisele kaubandusele. Siit järeldub, et avatumad majandused saavad välismaisest T&A-st suuremat kasu kui suletumad majandused. Autorite hinnangud näitavad, et suuremates riikides on koguteguritootlikkuse elastsus teadus- ja arendustegevuse suhtes kõrgem kodumaise ning madalam välismaise T&A kapitali puhul. Enamikes väiksemates riikides on elastsus

suurem välise T&A kapitali jaoks. (*Ibid.*: 875) Coe ja Helpman (*Ibid.*: 876) nendivad, et igal juhul on nii kodu- kui välismaisest teadus- ja arendustegevusest saadav kasu väga suur.

Coe jt (1997) uurivad, mil määral saavad arenevad riigid, mis investeerivad teadus- ja arendustegevusse väga vähe, kasu tööstusriikides läbiviidavast T&A-st. Autorid lähtuvad ideest, et rahvusvahelised teadmiste ülekanduvad mõjud pole piiratud vaid tööstusriikidele, vaid on samuti olulised vähemarenenud maade jaoks. Kui vähemarenenud riik kaupleb tööstusriigiga, millel on suur kumulatiivse T&A ehk teadmiste varu, võib arenev riik – importides kapitalikaupu, milles kehastub välisteadmine – oma tootlikkust tõsta. (*Ibid.*: 134)

Teadus- ja arendustegevuse ülekanduvate mõjude kanaleid on mitmeid, näiteks on oluline rahvusvaheline kaubandus. Sellest tulenevalt hindavad autorid võrrandi, mis seostab areneva riigi koguteguritootlikkuse 1) välismaise T&A kapitaliga, 2) masinate ja seadmete impordiga SKP suhtes ja 3) teise taseme hariduses (keskhariduses) osalemise määraga. Välismaine T&A kapital on konstrueeritud sarnaselt Coe'le ja Helpmanile (1995) ning koosneb kaalutud kodumaisest T&A kapitalist tööstusriikides. Kaaludena kasutatakse erinevate tööstusriikide osatähtsust areneva riigi masinate ja seadmete koguimpordis. Kodumaine T&A kapital tööstusriigis moodustub riigi kumulatiivsetest investeeringutest teadus- ja arendustegevusse, mis on amortisatsiooniga korrigeeritud. (Coe jt 1997: 135)

Coe jt analüüs põhineb 77 areneva Aafrika, Aasia, Lõuna-Ameerika ja Lähis-Ida riigi andmetel. Tulemused tõendavad, et 22 tööstusriigist tõukuvad teadus- ja arendustegevuse ülekanduvad mõjud arenevatesse riikidesse olid perioodil 1971-1990 väga olulised. Hindamistulemustest võib järeldada, et areneva riigi koguteguritootlikkus on seda kõrgem, mida kõrgem on selle välismaine T&A kapitali tase, mida avatum on riik masinate ja seadmete ekspordile tööstusriikidest ja mida haritum on selle tööjõud. Võttes arvesse välismaise T&A kapitali arvutamise meetodikat, on lisajäreldus, et arenevas riigis, mis kaupleb enam suure kumulatiivse T&A kogemusega tööstusriikidega, on ühtlasi kõrgem tootlikkus. (*Ibid.*)

Autorite eelistatud spetsifikatsioonis mõjutab välismaine T&A varu arenevat riiki vaid läbi masinate ja seadmete ekspordi. Sellest järeldub, et riik, mis on avatum masinate ja seadmete impordile, saab välismaisest T&A-st suuremat piirtulu ja riik, mis kaupleb enam kõrge T&A kapitaliga riikidega, võidab rohkem tootlikkuses, kui masinate ja seadmete import SKP suhtes kasvab. Vastupidiselt autorite eeldatule ei saa empiirilise analüüsi põhjal lükata ümber hüpoteesi, et kõrgemal teise astme hariduses osalemise määral pole efekti välismaise T&A marginaalsele kasule. (*Ibid.*)

Hindamistulemused näitavad, et teadus- ja arendustegevuse ülekanduvad mõjud Põhjust Lõunasse – mõõdetud kui koguteguritootlikkuse elastsus Lõunas Põhja T&A kapitali suhtes – on suured. Keskmiselt tõstab 1-protsendiline T&A kapitali tõus tööstusriikides toodangut arenevas riigi 0,06%. Kuna Ameerika Ühendriigid on paljude arenevate riikide jaoks tähtsaim tööstusriigist kaubanduspartner ning USA-l on ühtlasi maailma suurim T&A kapitalivaru, on ülekanduvad mõjud USA-st tugevaimad. Protsendiline tõus USA T&A kapitalivarus tõstab 77 vähemarenenud riigis koguteguritootlikkust keskmiselt 0,03%. (*Ibid.*: 147)

Teadus- ja arendustegevuse ülekanduvates mõjudes on märkimisväärsed regionaalsed erinevused. Üldiselt kauplevad Lõuna-Ameerika riigid enam USA-ga: see tähendab, et nende riikide tootlikkus on enim mõjutatud USA T&A-st. (*Ibid.*) Kuna Aafrika riigid kauplevad rohkem Euroopaga, on nende riikide tootlikkus mõjutatud Euroopas tehtavast T&A-st; Aasia riigid kauplevad enam Jaapaniga, mistõttu on nende riikide tootlikkus mõjutatud Jaapani investeringutest T&A-sse (*Ibid.*: 148)

Kwark ja Syhn (2006) uurivad teadus- ja arendustegevuse ülekanduvate mõjude efekte majanduskasvule. T&A ülekanduvad mõjud toimivad autorite mudelis rahvusvahelise kaubanduse kaudu; majanduse avatus ja inimkapitali varu soodustavad tehnoloogia levimist. Mudeli empiiriline hindamine toetub 21 tööstusriigist ja 82 arenevast riigist koosnevale valimile aastatel 1970-1995. (*Ibid.*: 180)

Autorid uurivad kolme hüpoteesi. 1) Otsene efekt: kas sihtriiki jõuavad välismaise T&A ülekanduvad mõjud, kui riik impordib kaupu, milles kehastuvad innovatiivsed, teadmiste allikriigi poolt välja töötatud tehnoloogiad. (*Ibid.*) 2) Intensiivsuse efekt: kas tootlikkuse kasv on kõrgem, kui tööstusriikidest pärineva impordi osatähtsus SKP-s on suurem. 3) Teadmiste vastuvõtuvõime efekt: kas majandus lõikab võõramaisest T&A-st rohkem kasu, kui riigi tööjõud on haritum. (*Ibid.*: 181)

Kwark ja Shyn järeldavad, et nii kodumaise T&A kui rahvusvaheliste T&A ülekanduvate mõjude efektid koguteguritootlikkusele on tugevad ning seda nii tööstusriikides kui arenevates riikides. (*Ibid.*: 195) Perioodil 1990-1995 tõstis 1-protsendiline kasv võõramaises T&A varus koguteguritootlikkust arenenud tööstusriikides ja arenevates riikides vastavalt 0,167% ja 0,092%. (*Ibid.*: 181) Hinnanguliselt oli 1995. aastal kasu, mis T&A tegevuste ülekanduvate mõjude kaudu allikriikidest sihtriikidesse kandus, kokku 216 miljardit USA dollarit. (*Ibid.*: 195)

Veel leiti, et inimkapital mängib olulist rolli võõramaise tehnoloogia absorbeerimises. Välismaise T&A ülekanduvate mõjude efekt riikide koguteguritootlikkusele on ajas suurenev ning seda suuresti tänu inimkapitali kvaliteedi paranemisele. Teisalt järeldatakse, et kaubanduse intensiivsus tööstusriikidega pole oluline faktor määramaks koguteguritootlikkuse elastsust välismaise T&A kapitali suhtes. (*Ibid.*)

Ameerika Ühendriikidel on maailma suurim T&A varu ning riik on paljude maade jaoks tähtsaim kaubanduspartner. Sellest tulenevalt avaldavad USA-st tõukuvad teadus- ja arendustegevuse ülekanduvad mõjud kõige tugevamat efekti koguteguritootlikkuse elastsusele nii tööstusriikides kui arenevates riikides. (*Ibid.*: 181, 195) Teisalt loovad Jaapani T&A investeeringud tervikuna suurimaid kasusid nii arenenud kui arenevate riikide jaoks. (*Ibid.*: 195)

Kneller ja Stevens (2006) uurivad, mil määral aitab teadmiste vastuvõtuvõime selgitada riikidevahelisi erisusi tootlikkuses. Uurimuse aluseks on idee, et riigil, millel on kehvem võimekus uusi tehnoloogiaid absorbeerida, on *ceteris paribus* madalam tootlikkuse tase kui riigil, mis kasutab parimat saadaolevat teadmist. Autorid kasutavad probleemi uurimiseks stohhastilist piiranalüüsi (*stochastic frontier analysis*). See meetod võimaldab uurida teadmiste vastuvõtuvõimet raamistikus, mis on lähedane tehnoloogilise piiri (*technical frontier*) kontseptsioonile kasvuteoorias. Antud raamistikus on igal tööstusharul sama tootmispäir ehk maksimaalne toodang, mida antud sisendite abil saab toota. (*Ibid.*: 2) Autorite valimisse on hõlmatud 12 OECD riigi üheksa tööstusharu perioodil 1972-1991 (*Ibid.*: 3).

Kneller ja Stevens uurivad kahte mehhanismi, mis võivad riigi teadmiste vastuvõtuvõimet ja seega oskust uusi tehnoloogiaid kasutada mõjutada: inimkapitali ning teadus- ja arendustegevust. Autorid leiavad, et inimkapital mängib olulist rolli seletamaks riikidevahelisi erisusi tehnoloogiate kasutamise efektiivsuses. Vastupidiselt ootustele näitavad hindamistulemused, et teadus- ja arendustegevusel olulist mõju efektiivsusele pole. Autorid järeltavad sellegipoolest, et teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsioon on asjakohane seletamaks riikidevahelisi erinevusi tehnoloogiate tõhusas rakendamises ja tootlikkuses. (*Ibid.*: 19)

Mancusi (2008) ühendab teadmiste ülekanduva mõju ja teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsioonid. Autor hindab, milline on varasema teadus- ja arendustegevuse roll riigi võimekuses rakendada välisteadmist. (*Ibid.*: 155) Teadmiste ülekanduvat mõju on hinnatud erinevate majandussektorite ning riikide sees ja vahel kasutades patente ja tsitaate OECD riikides. Ülekanduvate mõjude suuruse ja suhtelise tähtsuse hindamisel on võetud arvesse

varasema uurimistöö rolli, kuna varasem T&A loob oskused uute tehnoloogiate kasutamiseks. (*Ibid.*: 156)

Mancusi järgi tõstavad rahvusvahelised ülekanduvad mõjud innovatiivset tootlikkust mahajäänud riikides ning tehnoloogilised liidrid on pigem teadmusvoolude allikad kui sihtkohad. Veel selgub, et positiivne välismõju, mida rahvusvahelised tehnoloogiavood loovad, sõltub suuresti sihtriigi suutlikkusest välisteadmist mõista ja rakendada. See võime on funktsioon riigis varasemalt läbi viidud T&A-st. Autori analüüsi tulemused näitavad, et teadmiste vastuvõtuvõime suurendab mahajäänud riigi innovatsioonide elastsust rahvusvaheliste ülekanduvate mõjude suhtes, samas kui selle marginaalne efekt on tühine riikide jaoks, mis asuvad tehnoloogilises tuumikus. (*Ibid.*: 164)

Mancusi sõnul on tema artikli järeldused kirjanduse jaoks olulised. Rahvusvaheliste teadmusvoolude olemasolu toetab mudeleid, mille järgi on riigi suhteline eelis endogeenselt määratud ja ajas muutuv. See on kooskõlas tulemustega, mis on ilmnunud kaubandusmuustrite dünaamikat käsitlevatest empiirilistest analüüsides. Need uuringud on näidanud, et riikide rahvusvahelised spetsialiseerumisprofiilid võivad ajas oluliselt muutuda. Huvitavad on ka analüüsi järeldused riikidevahelise konvergenksi jaoks. Riigi innovatiivsus ja kasv sõltub riigi varasemast uurimiskogemusest ehk riigi võimest ära tunda, assimileerida ja ära kasutada välist teadmist. Riik, mis on tunduvalt madalama teadmiste vastuvõtmise võimekusega kui tehnoloogiline liider, ei suuda tuumikriikides loodud tehnoloogiat ära kasutada vaatamata sellele, et tehnoloogia on neile kättesaadav. (*Ibid.*)

Kuigi antud järeldus võib seletada konvergenstsiklubide olemasolu, tingib see ühtlasi, et poliitikate abil on võimalik aidata mahajäänud riikidel tuumikule järele jõuda. Mudelid, mis rõhutavad rahvusvaheliste teadmusvoolude olemasolu, ennustavad, et ajutised poliitikad ei avalda majanduskasvule püsivat efekti. Teadmiste vastuvõtuvõime lülitab sellesse diskussiooni rajasõltuvuse elemendi: poliitikad, mis on suunatud võtmetööstustesse ja -tehnoloogiatesse, võivad hõlbustada piisavalt tugevat teadmistebaasi loomist, mis lubab mahajäänud riikidel ära kasutada mujal välja töötatud tehnoloogiaid. Seega poliitikad, mille eesmärk on pakkuda firmadele stiimuleid ja rahalisi vahendeid T&A-sse investeerimiseks, võivad luua püsivaid efekte, muutes riigi suhtelise eelise sektoraalset jaotust ja mõjutades positiivselt innovaativsus ja majanduskasvu määra. (*Ibid.*)

Uneli (2008) artikkel seob tööstusharusiseseid ja rahvusvahelisi T&A ülekanduvaid mõjusid käsitlevad kirjandused. Uuringud, mis puudutavad tööstusharusiseseid ülekanduvaid

efekte, vaatlevad tavaliselt firma või tööstusharu tasandi andmeid mingi kindla riigi jaoks. Uneli analüüs kaasab lisaks siseriiklikele ka teadmiste rahvusvahelised ülekanduvad mõjud. See võimaldab pakkuda parema pildi T&A investeeringute ning ülekanduvatest mõjude efektidest tootlikkuse kasvule. (*Ibid.*: 106)

Unel uurib T&A ülekanduvate mõjude probleemistikku 10 OECD riigi 12 tööstusharust koosnevas paneelis aastatel 1973-1994. Autor koostab mudeli, kus kaubandus kapitalikaupades on kanal, mille kaudu teadus- ja arendustegevuse ülekanduvad mõjud riikide ja tööstusharude vahel levivad. Mudel hõlmab nelja tüüpi T&A investeeringuid, mis võivad tootlikkuse kasvu mõjutada: 1) tööstusharusisene T&A; 2) T&A, mis on tehtud samas tööstusharus, kuid teistes riikides; 3) T&A, mida tehakse kodumaistes tööstusharudes, mis pakuvad teistele tööstustele sisendkaupu; 4) T&A, mida tehakse teiste riikide tööstusharudes, mis pakuvad tööstusharule sisendkaupu. Mudel on täiendatud tootlikuses järele jõudmise ja inimkapitali peegeldavate muutujatega, mis võimaldab hinnata nende tegurite mõju produktiivsuse kasvule. (*Ibid.*)

Empiirilise analüüsi kohaselt on nelja erineva teadus- ja arendustegevuse efekti seast kõige olulisemad kodused T&A alased pingutused, kusjuures siseriiklik T&A on tähtis nii kodumaise innovatiivsuse kui tootlikkuses järele jõudmise jaoks. Vaatamata sellele, et rahvusvahelistel teadus- ja arendustegevuse ülekanduvatel mõjudel on positiivne efekt tootlikkuse kasvule, pole need efektid stabiilsed. Analüüs näitab veel, et inimkapital mõjutab tootlikkust otseselt kui tootmistegur. (*Ibid.*: 125)

Bronzini ja Pisello (2009) osutavad asjaolule, et teadus- ja arendustegevust, inimkapitali ning avaliku infrastruktuuri kui majanduskasvu mõjutegureid on eraldivõetuna palju uuritud, kuid kolme tegurit korraga pole kirjanduses empiirilisel hinnatud. Autorid väidavad, et kui kõik kolm faktorit mõjutavad tootlikkust ja on ka omavahel seotud, on nende panust majanduskasvu võimalik mõõta vaid ühtses raamistikus. Kui mõni oluline tegur analüüsist puudub, on ülejäänute hinnangud nihkega. (*Ibid.*: 187) Sellest tulenevalt hindavad autorid kõiki kolme tegurit koos: nad uurivad T&A kapitali, inimkapitali ja avaliku infrastruktuuri rolle Itaalia regioonide koguteguritootlikkuse tõstmisel perioodil 1980-2001. Uuritakse veel teadmiste ülekanduvaid mõjusid geograafilises võtmes: mil määral faktorid, mis võimendavad koguteguritootlikkust kindlas piirkonnas, mõjutavad tootlikkust selle naaberpiirkondades. (*Ibid.*: 188)

Bronzini ja Pisello eripäraks on veel, et nad hindavad suhteid muutujate vahel tasemetel, mitte kasvumäärade kaudu. Autorid väidavad, et see on loomulik uurimisobjekt:

kasvumääru uuritakse seetõttu, et huvitatakse nende määrade mõjust tasemele. Tasemenäitajate kasutamine võib aga kaasa tuua näilise ehk petteregressiooni probleemi, mille vältimiseks kasutavad autorid uuemaid paneelandmete kointegratsioonitehnikaid. Lisaks rakendavad autorid Grangeri põhjuslikkuse testi, et uurida põhjuslikkuse suunda regressorite ja tootlikkuse vahel. (*Ibid.*)

Hindamistulemused näitavad, et kõigil kolmel faktoril on tõepoolest pikaajaline positiivne seos tootlikkusega. Kõik koefitsendid on positiivsed ja statistiliselt olulised, kaasa arvatud need, mis mõõdavad geograafilisi ülekanduvaid mõjusid. Suurem teadus- ja arendustegevuse varu seostub tootlikkuse tõusuga, kuid selle faktori panus tootlikkusse on võrdlemisi väike ning väiksem, kui teiste muutujate mõju. See võib tuleneda regioonidevahelistest teadmiste ülekanduvatest mõjudest, mis nõrgendavad kohaliku T&A mõju regiooni koguteguritootlikkusele. Teiste regioonide teadus- ja arendustegevusel on positiivne efekt kohalikule tootlikkusele; teadmiste ülekanduvad mõjud panustavad nii lähedaste kui kaugete regioonide tootlikkusse. Hindamistulemused näitavad veel, et lähedaste regioonide infrastruktuur mõjutab positiivselt kohalikku tootlikkust ning see efekt on ruumiliselt võrdlemisi kontsentreeritud. (*Ibid.*: 197)

Grangeri kausaalsuse testid kinnitavad, et nii inimkapital kui avalik infrastruktuur on pikas perspektiivis eksogeensed. See tähendab, et esineb Granger-põhjuslik seos, et inimkapital ja avalik kapital avaldavad mõju tootlikkusele, kuid mitte vastupidi. Lisaks selgub Grangeri põhjuslikkuse testide abil, et investeringud teadus- ja arendustegevusse on endogeensed ehk T&A varu on Granger-põhjustatud tootlikkusest ja teistest mudelisse hõlmatud muutujatest. (*Ibid.*)

Kuigi empiirilised uuringud on leidnud, et teadus- ja arendustegevus on oluline ajendamaks riikide majanduskasvu, näitavad Bronzini ja Pisello tulemused, et T&A kulutuste soodustamine on regionaalsete erisuste vähendamise jaoks nõrk instrument. Inimkapital ja infrastruktuur mängivad palju olulisemat rolli seletamaks regionaalset tootlikkuse dünaamikat. Nimelt tõstab hinnatud mudelis 1-protsendiline inimkapitali või avaliku infrastruktuuri taseme kasv tootlikkust vastavalt 0,38% või 0,11% võrra. (*Ibid.*)

Islam (2009) uurib seoseid teadus- ja arendustegevuse intensiivsuse, inimkapitali ning koguteguritootlikkuse kasvu vahel schumpeterliku endogeense kasvu raamistikus; hinnatav mudel põhineb Griffith jt (2003, 2004) spetsifikatsioonil. Autori valim koosneb 55 riigist, kuhu kuuluvad 23 kõrge sissetulekuga OECD riiki ning 32 madala ja keskmise sissetulekuga riiki

aastatel 1970-2004. Islam uurib nii autonoomse tehnoloogia ülekande kui T&A-l põhineva tehnoloogia siirde rolli koguteguritootlikkuse kasvu kiirendamisel. Islam kasutab nelja erinevat uurimistegevuse intensiivsuse mõõdikut ning rakendab kolme erinevat hinnangumeetodit: ühendatud valimiga vähimruutude meetodit, fikseeritud efektidega modelleerimist ning süsteemiga üldistatud momentide meetodit. (Islam 2009: 43)

Islam (2009: 44) leiab, et 1) erinevused uurimistegevuse intensiivsuses võivad põhjendada erisusi koguteguritootlikkuse kasvus ning 2) kaugus tehnoloogilisest liidrist on positiivselt seotud koguteguritootlikkuse kasvuga. Autor märgib, et kuna erinevate hinnangumeetodite abil leitud tulemused on sarnased, on tema hinnangud usaldusväärsed. (Islam 2009: 43) Islam leiab veel, et uurimistegevuse intensiivsus ja inimkapital on tehnoloogilise siirde jaoks olulised, kuna panustavad teadmiste vastuvõtuvõimesse – teisalt võib see tulemus olla mudeli spetsifikatsiooni ning innovatsiooni mõõdikute suhtes tundlik. (Islam 2009: 45)

Vogel (2013) uurib kahte kanalit, mille kaudu teadus- ja arendustegevus ning inimkapital mõjutavas regionaalset koguteguritootlikkust tööstussektoris. Vogeli mudel hõlmab nii otsest efekti tootlikkuse kasvule, mis peegeldab regiooni enda innovatsiooni, kui kaudset efekti, mis peegeldab tuumiku tehnoloogia imitatsiooni. Sarnaselt Islamile (2009) tugineb Vogel Griffithi jt (2003, 2004) schumpeterliku majanduskasvu raamistiku „kahe näo“ laiendusele, mis modelleerib koguteguritootlikkuse kasvu üleminekul tehnoloogilise liidri tootlikkuse tasemele. (Vogel 2013: 2-3)

Vogeli analüüs põhineb 159 Lääne-Euroopa (EL-15) regiooni tööstussektorile perioodil 1992-2005. Pidades silmas andmestiku regionaalset iseloomu, pakub autor välja Griffithi jt raamistikule täienduse. (*Ibid.*: 3) Kui teadmiste ülekanduvad mõjud on teatud määral geograafiliselt lokaliseeritud, loeb lisaks globaalsele tehnoloogilisele liidrile ka geograafiliselt lähedaste piirkondade tuumik. Vogeli mudel võtab arvesse tehnoloogia ülekandumist mõlemat tüüpi tuumikutest; uute tehnoloogiate ülevõtmise potentsiaal on modelleeritud positiivse funktsioonina regiooni kaugusest lokaalsest tehnoloogilisest liidrist. (*Ibid.*: 4)

Vogel hindab mudelit nii ühendatud valimiga vähimruutude meetodi, fikseeritud efektide, esimest järku diferentseeritud üldistatud momentide meetodi kui süsteemiga üldistatud momentide meetodi abil, kusjuures eelistatud hindamistulemused saavutab autor viimase meetodiga. (*Ibid.*: 15) Eelistatud ökonomeetrilised hindamistulemused näitavad, et inimkapitali otsene ehk innovatsiooniefekt on tootlikkuse kasvu jaoks olulisem kui inimkapitali

kaudne efekt. Samuti leiab autor, et regionaalne teadus- ja arendustegevus mängib tähtsat osa lihtsustamaks tuumiku tehnoloogiate ülevõtmist. Nendest tulemustest võib järeldada, et haridustasemesse ja T&A-sse investeerimine võib tõsta tootlikkuse kasvu EL-15 regioonides, kuid läbi erinevate kanalite. (*Ibid.*: 3)

Vogeli hindamistulemused on kooskõlas koguteguritootlikkuse taseme tingimusliku konvergenstega, kus madalama tootlikkuse tasemega regioonid kasvavad kiiremini kui kõrgema arengutasemega regioonid. Lülitades mudelisse teadmiste ülekanduvate mõjude geograafilise efekti, leitakse veel, et regionaalne T&A mängib rolli tehnoloogia ülevõtmise lihtsustamisel geograafiliselt lähedastest regioonidest, samas kui inimkapital tõstab tootlikkuse kasvu enam regioonides, mis on tuumikule ligemal kui nende naabrid. (*Ibid.*: 21)

2. ANDMED JA METOODIKA

2.1. Mudel ja hindamiseetodid

Endogeense kasvu teooriaid ja teadmiste vastuvõtuvõimet põimiva kirjanduse alusel sõltub riigi või regiooni areng nii piirkonna enda innovatiivsest võimekusest kui suutlikkusest võtta üle tehnoloogilise tuumiku või koguteguritootlikkuse liidri välja töötatut (Vogel 2013: 2). Empiirilises analüüsis kasutatav mudel, mis seletab koguteguritootlikkuse (A) kasvu regioonis i perioodil t , lähtub Griffith jt (2004) schumpeterlikust endogeense kasvu mudelist:

$$(1) \quad \Delta \ln A_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln \left(\frac{A_F}{A_i} \right)_{t-1} + \beta_2 \left(\frac{R_i}{Y_i} \right)_{t-1} + \beta_3 H_{i,t-1} + \\ \beta_4 \left(\frac{R_i}{Y_i} \right)_{t-1} \cdot \ln \left(\frac{A_F}{A_i} \right)_{t-1} + \beta_5 H_{i,t-1} \cdot \ln \left(\frac{A_F}{A_i} \right)_{t-1} + u_{it}$$

kus

A – koguteguritootlikkus,

A_F – tehnoloogilise liidri koguteguritootlikkus,

R – kulutused teadus- ja arendustegevusele,

Y – kogutoodang,

H – inimkapitali varu,

u – vealiige.

Tegur A_F/A_i tähistab seega regiooni i mahajäämust tehnoloogilisest liidrist. Kuna tehnoloogilise liidri koguteguritootlikkuse lõhe on võrdne nulliga, on tuumikus inimkapital ning teadus- ja arendustegevus ainus koguteguritootlikkuse kasvu allikas. Regioonides, mis pole liidriks, võib koguteguritootlikkuse kasv lisaks piirkonnas läbi viidavale teadus- ja arendustegevusele ning inimkapitali varule tõukuda ka interaktsioonist mahajäämuse ning teadmiste vastuvõtuvõime vahel.

Griffithi jt (2003) mudelis omistavad autorid teadus- ja arendustegevusele tehnoloogia ülekannet lihtsustava rolli ning Griffith jt (2004) lisavad analoogse rolli inimkapitalile. Kui riik või regioon panustab oma tööjõu kvaliteeti ning investeerib uurimistegevusse, on selle teadmiste vastuvõtuvõime tugev. Võrrandis (1) on teadmiste vastuvõtuvõime interakteeritud piirkonna kaugusega frontiirist. Mida kõrgem on riigi või regiooni teadmiste vastuvõtuvõime ning mida väiksem on selle koguteguritootlikkuse tase, seda kiiremini regioon kasvab.

Riik või regioon, mis pole koguteguritootlikkuse liider ja kus inimkapitali ning T&A-sse panustatakse vähe, võib sellegipoolest kiiresti kasvada, kuna osa tehnoloogiast levib riigi enda uurimistegevusest sõltumatult. Griffith jt (2003: 104-105) nimetavad seda autonoomseks tehnoloogia ülekandeks ning seos on mudeldatud nõnda, et mida madalam on riigi koguteguritootlikkuse tase, seda suurem on riigi kasvupotentsiaal.

Griffith jt (2004) mudeli kasutamine antud töös on asjakohane, kuna see võimaldab võtta arvesse ka konvergensti. Mitmetes Euroopa regioonides toimus eelmisel kümnendil väga kiire konvergens kõrgema arengutasemega riikide suunas. Hinnates vaid teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali mõju tootlikkuse kasvule jääks analüüsist välja üks väga oluline ning Euroopa regioonidele möödunud kümnendil iseloomulik majandusarengu aspekt.

Magistritöös täiendatakse Griffith jt (2004) mudelit kahel viisil. Esiteks pannakse mudelile juurde regionaalseid ülekanduvaid mõjusid kätkev muutuja, mis võimaldab võtta arvesse seda, kuivõrd mõjutab regioonide geograafiline asukoht nende potentsiaali koguteguritootlikkuse kasvuks. Teiseks lisatakse mudelile kontrolltegurina regioonide arengu algtaset näitav muutuja: koguteguritootlikkuse tase aastal 2003 ehk aasta enne Euroopa Liidu suurimat idasuunalist laienemist. Veel viiakse läbi kolmas muudatus: T&A kulutuste osakaal SKP-st asendatakse T&A kulutustega, sest see näitaja on neutraalsem ning ei sisalda regiooni arengutaset peegeldavat kogutoodangu komponenti. Ökonomeetiline analüüs viiakse seega läbi hinnates mudelit:

$$(2) \quad \Delta \ln A_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln \left(\frac{A_F}{A_i} \right)_{t-1} + \beta_2 R_{i,t-1} + \beta_3 H_{i,t-1} + \\ \beta_4 R_{i,t-1} \cdot \ln \left(\frac{A_F}{A_i} \right)_{t-1} + \beta_5 H_{i,t-1} \cdot \ln \left(\frac{A_F}{A_t} \right)_{t-1} + \beta_6 D_i M_{it} + \beta_7 G_i + u_{it}$$

kus

D – eukleidiline kaugusmaatriks,

M – koguteguritootlikkuse maatriks,

G – koguteguritootlikkuse lõhe aastal 2003.

Võrrandi (2) hindamiseks klassikaline vähimruutude meetod (ing. k. *ordinary least squares*, OLS) ei sobi, kuna OLS ei arvesta regioonispetsiifiliste omadustega (näiteks institutsioonide kvaliteet, investeerimisklima), mis võivad samuti koguteguritootlikkuse kasvu mõjutada. Need regioonidele omased efektid võivad olla korreleeritud regressoritega ning seetõttu peab mudeli hindamiseks arvestama ka nende, mudelisse mittekaasatud ning (lühiajaliselt) mittevarieeruvate regioonispetsiifiliste efektidega. Selle saab saavutada modelleerimisel fikseeritud efekte kasutades ehk lubades vealiikmel sisaldada regioonispetsiifilisi efekte. (Islam 2009: 24)

Ent ka fikseeritud efektide abil paneelidandmete modelleerimine ei pruugi antud võrrandi puhul sobida. Fikseeritud efektidega mudeli hinnangud võivad olla nihkega, kui regressorid on endogeenselt määratud, mis on võrrandi (2) puhul tõenäoline. Selleks, et endogeensuse probleemi lahendada, kasutatakse instrumenttunnuse meetodeid (ing. k. *instrumental variable methods*), näiteks üldistatud momentide meetodit (ing. k. *generalized method of moments*, GMM). GMM-i puhul instrumenteeritakse endogeensed seletavad muutujad viitaegadega nõnda, et instrumendid pole vealiikmega korreleeritud. (*Ibid.*: 25)

Arellano-Bondi (Arellano ja Bond 1991) hindamismeetodi ehk diferentsidega GMM-i puhul (ing. k. *difference-GMM*, D-GMM) võetakse regressoritest esimest järku diferentsid ning seejärel rakendatakse üldistatud momentide meetodit. Arellano-Boveri või Blundell-Bondi hindamismeetod (Arellano and Bover 1995; Blundell and Bond 1998) ehk süsteemiga GMM (ing. k. *system-GMM*, S-GMM) täiustab diferentsidega GMM-i ning moodustab algsest ja diferentseeritud võrrandist võrrandisüsteemi. Süsteemiga GMM püstitab täiendavaid momentide tingimusi eeldades, et instrumenttunnuste esimest järku diferentsid on fikseeritud efektidega mittekorreleeritud. See võimaldab kasutada rohkem instrumente ja parandab meetodi efektiivsust. (Roodman 2009: 86) Võrrandi (2) hindamiseks kasutatakse süsteemiga üldistatud momentide meetodit. Varem on koguteguritootlikkuse, T&A ning inimkapitali seoseid käsitlevas kirjanduses S-GMM-i tarvitanud näiteks Islam (2009) ja Vogel (2013).

Süsteemiga üldistatud momentide meetodit sobib kasutada, kui 1) paneel koosneb vähestest perioodidest, kuid paljudest vaatlusobjektidest (väike T, suur N), 2) soovitakse uurida lineaarset funktsionaalset seost, 3) sõltuv muutuja on dünaamiline ning sõltub iseenda minevikulistest väärtustest, 4) sõltumatud muutujad pole rangelt eksogeensed ehk on korreleeritud vealiikmega, 5) paneelis on individuaalsed fikseeritud efektid, 6) indiviidi enda väärtustes esineb heteroskedastiivsus ja autokorrelatsioon, kuid neid ei esine indiviidide vahel

(Roodman 2009: 86). Nendest aspektidest tulenevalt sobib antud meetod ideaalselt võrrandi (2) hindamiseks.

Roodman (*Ibid.*: 128) toob välja, et S-GMM eeldab vähestest perioodidest ja suurest arvust vaatlusobjektidest koosnevat paneeli. Kui T on suur, pole meetodi kasutamine raskendatud, kuid kui N on väike, võivad mitmed mudeli kvaliteedi kontrollimise testid olla ebausaldusväärsed. Teisalt ei nimeta autor analüüsiks vajalikku vaatlusobjektide miinimumarvu. Peamine eeldus on siiski, et vaatlusobjektide arv oleks suurem kui ajaperioodide arv (Islam 2009: 25) ning see tingimus on siin kasutatava andmestiku puhul täidetud.

2.2. Andmestik ja muutujad

Magistritöös hinnatakse teadus- ja arendustegevusele tehtavate kulutuste ning inimkapitali taseme mõju koguteguritootlikkuse kasvule 104 Euroopa NUTS1 regiooni näitel perioodil 2000-2013. NUTS (pr. k. *Nomenclature des unités territoriales statistiques*) on Eurostati poolt kasutatav hierarhiline piirkondade klassifitseerimise süsteem, kus NUTS0 tähistab kõige agregeeritumat ehk riigi tasandit ning NUTS3 detailseimat statistilise info kogumise tasandit. NUTS1 hõlmab Euroopa Liidus 98 suuremat regiooni, lisaks on NUTS-koodid omistatud ka mitmetele teistele Euroopa riikidele.

Euroopa regioonide vaatlemine on teadus- ja arendustegevust käsitlevas kirjanduses tavapärane, näiteks Vogeli (2013) analüüs kaasas 159 Lääne-Euroopa NUTS2 regiooni, Lewandowska ja Pateri (2015) valimisse kuulusid 225 NUTS2 regiooni üle Euroopa ning Bronzini ja Pisello (2009) uurisid erinevaid Itaalia piirkondi. Regioonide kasutamise eeliseks on suurem vaatluste arv, mis võimaldab saada sisukamaid analüüsitulemusi. Lisaks võimaldab regioonide kasutamine tabada paremini erisusi riikide sees. Puuduseks võib olla vähene hajuvus samasse riiki kuuluvate regioonide vahel, kuid see on probleem pigem madalama taseme regioonide (NUTS2, NUTS3) kasutamise korral.

Kõik Euroopa Liidu 98 NUTS1 regiooni on valimis esindatud. Veel hõlmab analüüs kolme Euroopa Vabakaubanduse Assotsiatsiooni (EFTA) liiget (Šveits, Norra, Island) ja kolme Euroopa Liidu kandidaatriiki (Makedoonia, Montenegro, Türgi). Kui Türgi välja arvata, on ülejäänud viies riigis NUTS1 alusel vaid üks regioon. Türgi on valimis esindatud riigina, kuna detailsemal tasemel polnud andmed kättesaadavad. Selline lähenemine pole suur eksimus, kui

võtta arvesse, et lisaks mainitud viiele riigile on veel 12 Euroopa Liidu riigis, teiste hulgas Eestis, NUTS1 alusel üks regioon. Valimisse kaasatud regioonide loetelu on toodud lisas 1.

Kõik andmed peale regioonide geograafiliste koordinaatide on võetud Eurostati andmebaasist. Aegrea algus- (2000) ja lõpppunkt (2013) valiti andmete kättesaadavusest tulenevalt. Enamik huvipakkuvaid aegridu algab 2000. aastal. Kuna regionaalseid andmed jõuavad andmebaasi mitmeaastase hilinemisega, lõppevad mitmed kasutatavad aegread aastal 2011. Riikide puhul, kus NUTS1 tasand võrdub NUTS0 ehk riigi tasandiga, sai andmestikku lisada ka hilisemad (2012-2013) aastad.

Koguteguritootlikkuse (KTT) kasvu, mis on võrrandis (2) sõltuvaks muutujaks, arvutamine lähtub Solow kasvumudelist. Solow (1957) ja Ganeev (2005: 6-7 kaudu) mudelis on tootmisfunktsioon järgmine:

$$(3) \quad Y(t) = A(t) \cdot F[K(t), L(t)]$$

kus

Y – kogutoodang (või -sissetulek),

A – koguteguritootlikkus,

K – kapital,

L – tööjõud.

Funktsioon on võimalik viia kujule:

$$(4) \quad \frac{\dot{Y}(t)}{Y(t)} = \frac{\dot{A}(t)}{A(t)} + a(t) \cdot \frac{\dot{K}(t)}{K(t)} + b(t) \cdot \frac{\dot{L}(t)}{L(t)}, a(t) + b(t) = 1$$

kus

a – kapitali osakaal kogukuludes (või -sissetulekus),

b – tööjõu osakaal kogukuludes (või -sissetulekus).

Kuna info kogutoodangu, kapitali ning tööjõu kohta on üldjuhul kättesaadav, on koguteguritootlikkuse kasvu võimalik võrrandist (4) avaldada:

$$(5) \quad \frac{\dot{A}(t)}{A(t)} = \frac{\dot{Y}(t)}{Y(t)} - a(t) \cdot \frac{\dot{K}(t)}{K(t)} - b(t) \cdot \frac{\dot{L}(t)}{L(t)}.$$

Võrrandit (5) tuntakse Solow jääkliikme (ing. k. *Solow residual*) leidmisena, sest koguteguritootlikkuse kasv avaldatakse võrrandist (4) ainsa tundmatu liikmena (Ganeev 2005: 7). KTT kasv on võrrandis (5) arvutatud pidevas ajas. Diskreetses ajas koguteguritootlikkuse kasvu leidmiseks kasutatakse valemit:

$$(6) \quad \Delta KTT_{it} = \ln\left(\frac{Y_{it}}{Y_{i,t-1}}\right) - a \cdot \ln\left(\frac{K_{it}}{K_{i,t-1}}\right) - b \cdot \ln\left(\frac{L_{it}}{L_{i,t-1}}\right)$$

kus

ΔKTT_{it} – koguteguritootlikkuse kasv regioonis i perioodil t .

Antud valem on koguteguritootlikkuse arvutamiseks tavapärane, seda kasutavad näiteks Coe ja Helpman (1995), Griffith jt (2003, 2004) ning Vogel (2013). Nii arvutas koguteguritootlikkuse kasvu ka Solow ise (Ganev 2005: 7). Võrdsustan kõigis regioonides ja kõigil aastatel tööjõukulude osakaalu kogukuludes 0,67-ga ja kapitalikulude osakaalu 0,33-ga, kuna on leitud, et arenenud majandustes on kapitali- ja tööjõukulutused sarnaste proportsioonidega (Gollon 2002 Vogel 2013: 24 kaudu).

Empiirilises analüüsis kasutan kogutoodanguna (Y) sisemajanduse koguprodukti ning tööjõuna (L) hõivatute arvu. Kapitalivaru regioonis i perioodil t arvutatakse Solow kasvumudeli järgi valemiga:

$$(7) \quad K_{it} = (1 - \delta)K_{i,t-1} + I_{it}$$

kus

K – kapitalivaru,

I – investeeringud,

δ – amortisatsioonimäär.

Kapitalivaru suurust järgnevatel perioodidel on võimalik leida, kui on teada, milline oli kapitalivaru suurus algperioodil, millised on investeeringud järgnevatel perioodidel ning milline on amortisatsioonimäär. Andmed investeeringute kohta on lihtsasti leitavad ning aastane amortisatsioonimäär pannakse siin võrduma 6%-iga, mis on kirjanduses sageli kasutatud määr (näiteks Vogel 2013; Ganev 2005 pakub amortisatsioonimääraks 5%). Kapitali algvaru hindamiseks aegrea alguses ehk aastal 2000 tarvitan järgmist valemit:

$$(8) \quad K_{i,2000} = I_{i,2001}/(g_i + \delta)$$

kus

g – investeeringute keskmine kasvumäär perioodil 2001-2007.

Analoogselt lahendas kapitali algvaru probleemi ka Vogel (2013: 24). Tehnoloogilise liidri määramiseks ning koguteguritootlikkuse lõhe leidmiseks on lisaks KTT kasvumääradele vaja teada selle taset erinevates regioonides. Lähtudes Griffith jt-st (2003, 2004) ja Vogel (2013), arvutan koguteguritootlikkuse taseme järgmiselt:

$$(9) \quad KTT_{it} = \ln\left(\frac{Y_{it}}{\bar{Y}_t}\right) - a \cdot \ln\left(\frac{K_{it}}{\bar{K}_t}\right) - b \cdot \ln\left(\frac{L_{it}}{\bar{L}_t}\right)$$

kus

\bar{Y} – toodangu geomeetriline keskmine kõigi regioonide lõikes,

\bar{K} – kapitali geomeetriline keskmine kõigi regioonide lõikes,

\bar{L} – tööjõu geomeetriline keskmine kõigi regioonide lõikes.

Võrrandi (9) abil on võimalik regioone perioodil t omavahel järjestada: kõrgeima koguteguritootlikkuse tasemega regioon on antud perioodil tehnoloogiliseks liidriks või tuumikuks. Olles määranud kindlaks iga perioodi liidri, saab arvutada koguteguritootlikkuse lõhe ehk selle, kui kaugel on antud regioon kõrgeima arengutasemega regioonist. Taas lähtudes Griffith jt-st (2003, 2004) ning Vogelst (2013), arvutan regiooni i KTT lõhe järgnevalt:

$$(10) \quad KTTLOHE_{it} = KTT_{Ft} - KTT_{it}$$

kus

KTT_F – tehnoloogilise liidri koguteguritootlikkuse tase,

KTT_i – regiooni i koguteguritootlikkuse tase.

Eksogeense muutujana toon mudeli hindamisel sisse ka regionaalse tehnoloogiasirde näitaja. Mida kõrgem on koguteguritootlikkus lähedalasuvates regioonides ning mida lähemal need regioonid asuvad, seda suurem on regionaalset tehnoloogiasiret mõõtvu muutuja väärtus. Regionaalse tehnoloogiasirde muutuja kaasamine on põhjendatud, sest teadmiste ülekanduvad mõjud võivad sõltuda ka füüsilistest kaugustest: geograafiliselt lähedaste regioonidega on lihtsustatud näiteks kaubavahetus, mis on üks teadmiste levimise viise, või on teadlastel ja firmajuhtidel odavam kohtuda naaberregiooni kolleegidega. Sageli on üksteisele lähedal paiknevatel regioonidel ka sarnane kultuuriline taust, mis hõlbustab suhtlust ja teadmiste vahetamist.

Regionaalsete ülekanduvate mõjude muutuja on arvatatud järgmiselt. Esiteks leitakse regioon×regioon maatriks arvutades eukleidilise kauguse abil vahemaa regioonide pealinnade või suurimate linnade abil kasutades geograafilisi pikkus- ja laiuskraade. Eukleidilise kauguse ei võta arvesse Maa sfäärilist ehitust, vaid eeldab, et punktid asuvad tasandil. Kuna Euroopa regioonid on ruumiliselt küllalt kontsentreeritud, pole moonutus suur. Teiseks moodustatakse regioon×aasta maatriks, mis väljendab KTT taset igas regioonis kindlal aastal. Kolmandaks korrutatakse maatriksid omavahel. Nõnda leitakse iga regioon-aasta kombinatsiooni jaoks uus väärtus, mis on seda suurem, mida lähemal asuvad regioonile kõrgema arengutasemega regioonid.

Teadus- ja arendustegevustele tehtud kogukulutuste ja SKP suhe on kõige sagedamini kasutatav innovatsiooni sisendeid peegeldav näitaja (Perugini jt 2008: 322). Siin on valitud T&A kulutused elaniku kohta, mitte kulutused osakaaluna SKP-st, kuna muutuja arvutamisel soovitakse välja jätta regiooni arengutasemele osutav näitaja. Elanikkonna suurus on selles osas

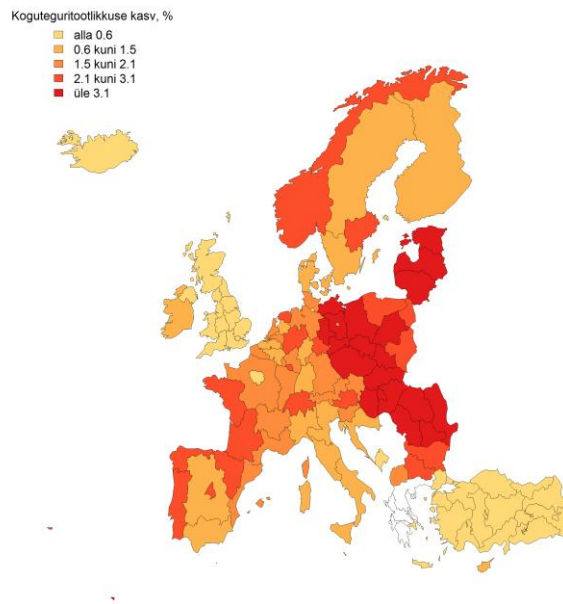
neutraalsem näitaja kui SKP. Kuna Griffith jt (2004) algmudelil on kasutatud T&A kulutuste osakaalu SKP-s, viiakse hindamistulemuste usaldusväarsuse kontrollina ökonomeetiline hindamine läbi ka kulutuste osakaalu kasutades.

Inimkapitali tase on arvatud kahe indikaatori põhjal. See koosneb elukestva õppe näitajast – osakaal 25-64 aastastest elanikest, kes on viimase nelja nädala jooksul osalenud hariduses või koolitustel – ning kõrgharitud inimeste osakaalust 25-64 aastaste elanike seas. Inimkapitali koondnäitaja loomiseks kasutatakse peakomponentide meetodit. Esimene peakomponent seletab hajuvusest 78%; veidi enam kui elukestva õppe indikaator panustab peakomponenti kõrgharitud inimeste osakaal. Selle põhjal arvutatakse iga vaatluse jaoks skoorid, mis moodustavad uue inimkapitali kätkeva muutuja. Elukestva õppe kaasamist inimkapitali taseme mõõtmisesse võib pidada põhjendatuks, kuna see, kui sageli töötajad pärast ülikoolist lahkumist oma teadmisi ja oskusi täiendab, on inimkapitali seisukohast väga oluline.

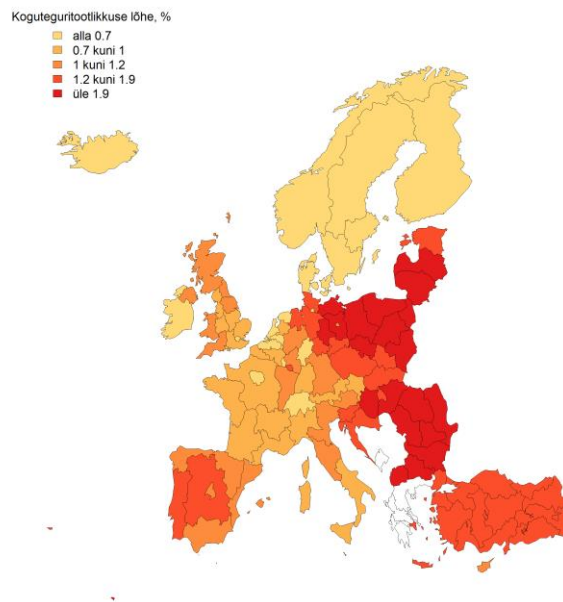
2.3. Kirjeldav statistika

Joonised 1-4 kirjeldavad peamiste muutujate varieerumist Euroopa NUTS1 regioonides ja Türgis, toodud on näitajate keskmine vaatlusalustel aastatel. Suurim koguteguritootlikkuse kasv oli vaadeldud perioodil Kesk- ja Ida-Euroopa riikides. Kõrgemad kasvuprotsendid saavutasid kaks Rumeenia regiooni (Macroregiunea Trei ja Macroregiunea Patru), kus KTT kasvas aastas keskmiselt vastavalt 6,2% ja 5,4%. Kõigi vaatlusaluste regioonide lõikes oli keskmine KTT kasv 1,82% aastas (tabel 1). 17 regioonis oli koguteguritootlikkuse aastakeskmise kasv negatiivne, kusjuures enim selliseid regioone asus Suurbritannias.

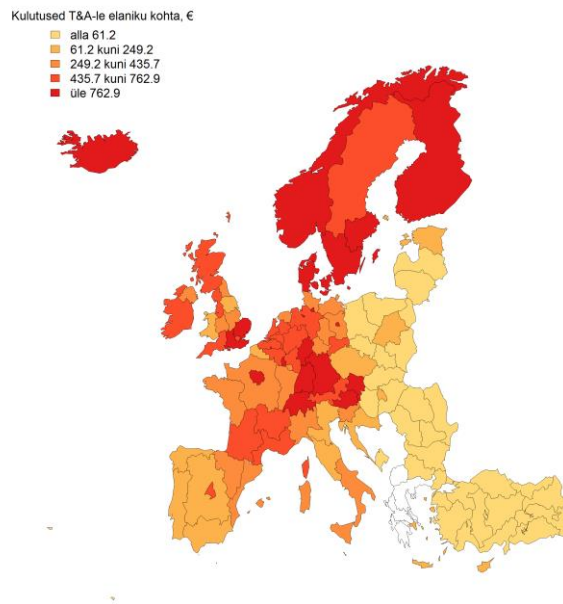
Kõrgeima koguteguritootlikkuse tasemega regioon oli aastatel 2000-2007 Londoni regioon Suurbritannias ning aastatel 2008-2013 Norra, mis moodustab NUTS1 järgi ühe regiooni. Seega on need regioonid hinnatavas mudelis vastavatel aastatel tehnoloogiliseks liidriks. Perioodil 2000-2013 tervikuna oli KTT lõhe lisaks Londonile ja Norrale väga väike Luksemburgis, Prantsusmaal Île-de-France'i ja Saksamaal Hamburgi regioonis. Suurim KTT lõhe oli Bulgaaria ja Rumeenia regioonides. Kuigi esmapilgul tundub, et koguteguritootlikkuse lõhe on koguteguritootlikkuse taseme negatiiv, siis päris üks-ühene see seos pole. Näiteks torkab väikese koguteguritootlikkuse lõhe, kuid küllalt kõrge KTT kasvuga silma Norra. Samuti on KTT lõhe suur Türgis, kuid selle kasv jäi antud ajavahemikul keskpäraseks.



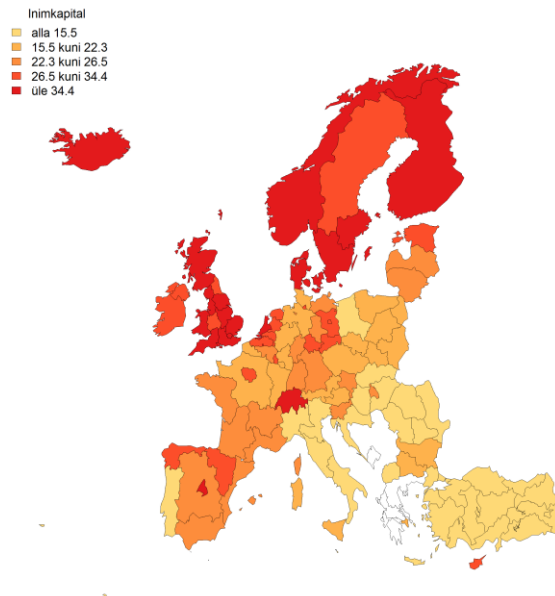
Joonis 1. Keskmise koguteguritootlikkuse aastakasv perioodil 2001-2013
 Allikas: (autori koostatud Eurostati andmete alusel)



Joonis 2. Keskmise koguteguritootlikkuse lõhe perioodil 2000-2013
 Allikas: (autori koostatud Eurostati andmete alusel)



Joonis 3. Keskmised kulutused teadus-ja arendustegevusele elaniku kohta perioodil 2000-2013
 Allikas: (autori koostatud Eurostati andmete alusel)



Joonis 4. Keskmise inimkapitali tase perioodil 2000-2013
 Allikas: (autori koostatud Eurostati andmete alusel)

Euroopas keskmiselt panustati vaatlusalusel perioodil teadus- ja arendustegevusele 364 eurot elaniku kohta aastas. Enim kulutati teadus- ja arendustegevusele Ida-Rootsis (Östra Sverige), kus elaniku kohta kulutati keskmiselt koguni 1623 eurot aastas. Kõrgete T&A kulutuste poolest eristuvadki enam Põhjamaad, samuti mitmed Saksa regioonid, Šveits ja Île-de-France Prantsusmaal. Uue Euroopa regioonidest kulutas perioodil 2000-2013 keskmiselt enim ehk 278 eurot elaniku kohta Sloveenia. Eesti kulutas keskmiselt 131 eurot elaniku kohta, mis on samuti suur summa võrdluses teiste Kesk- ja Ida-Euroopa regioonidega.

Inimkapitali puhul on tegemist kahe muutuja – kõrgharitude osakaalu ja elukestvas õppes osalevate elanike osakaalu – esimese peakomponendi alusel arvatud näitajaga. Kõrge inimkapitali taseme poolest paistavad kontrastsena silma taas Põhjamaad, ka Suurbritannia, madala taseme poolest mitu Rumeenia regiooni ning Türgi. Euroopa Liidu uute liikmesriikide ja kandidaatriikide grupist on erandlik Eesti, mis on antud grupi kõrgeima inimkapitali tasemega regioon. Veel on huvitav märkida, et kui teadus- ja arendustegevusele kulutati Läänes selgelt rohkem kui Uues Euroopas, siis inimkapitali puhul on tase ühtlasem.

Tabelis 1 on arvatud kirjeldavad statistikud ka alavalimite jaoks, kus Vana Euroopa moodustavad EL-15 ning EFTA riikidesse kuuluvad regioonid ning Uus Euroopa hõlmab Euroopa Liiduga 2004. aastal ja hiljem liitunud riike ning EL kandidaatriike. Need kaks gruppi on väga erinevad: Vanas Euroopas kasvas KTT keskmiselt 1,22%, Uues Euroopas 3,43% aastas; KTT lõhe⁴ oli vastavalt 2,07% ja 0,97%; teadus- ja arendustegevusele kulutati 377 eurot ja 69 eurot; inimkapitali indeks oli 17 ja 28. Olles eelnevalt tehtud kindlaks, et alamvalimite dispersioonid on erinevad, viiakse gruppide võrdlemiseks läbi ka Studenti t-testid ning need kinnitavad, et kahe grupi keskmised kõigi nelja muutuja lõikes on tõepoolest erinevad.

Jooniste 1-4 vaatlemisel selgub, et tegelikult pole Vana ja Uus Euroopa ka sisemiselt kuigi homogeenid. Näiteks on koguteguritootlikkuse lõhe lisaks idapoolsetele riikidele kõrge mitmes Hispaania regioonis ning Portugalis. Samuti moodustavad mitme muutuja alusel ühtse ja teistest riikidest eristuva grupi Põhjamaad. Uue Euroopa riikides on inimkapitali tase küllalt varieeruv. Suuremate riikide puhul on iseloomulik regioonide, kus asuvad pealinnad või suuremad linnad, eristumine: mitmete näitajate puhul erinevad ülejäänud riigist Hamburgi ja Berliini regioonid Saksamaal, Île-de-France Prantsusmaal, London Suurbritannias ning Comunidad de Madrid Hispaanias.

⁴ Koguteguritootlikkuse tase on arvatud indeksina ning sellest tulenevalt pole KTT lõhel (tehnoloogilise liidri KTT tase miinus regiooni KTT tase) üheselt mõistetavat majanduslikku sisu.

Tabel 1. Kirjeldavad statistikud

	Koguteguritoot- likkuse kasv, %	Koguteguritoot- likkuse lõhe, %	Kulutused T&A- le <i>per capita</i> , €	Inimkapital
Üldvalim (104 regiooni)				
Keskmine	1,82	1,27	364,33	25,17
Standardhälve	5,65	0,71	372,52	9,78
vahel	1,73	0,66	386,29	9,38
sees	5,37	0,22	82,37	3,14
Miinumum	-39,1	0	2,6	6,32
vahel	-2,21	0,05	4,96	8,46
sees	-35,74	0,54	-27,17	13
Maksimum	27,06	3,64	1930,6	53,8
vahel	6,18	3,04	1623,3	49,1
sees	22,7	2,04	947,03	39,1
N/n	1073/103	1176/103	981/103	1361/102
Vana Euroopa (77 regiooni)				
Keskmine	1,22	0,97	510,61	27,69
Standardhälve	4,6	0,48	374,32	9,25
vahel	1,4	0,45	376,83	8,86
sees	4,37	0,14	97,03	3,23
Miinumum	-39,1	0	30,4	9,1
vahel	-2,21	0,05	57,45	11,6
sees	-36,34	0,48	119,11	15,53
Maksimum	20,54	2,8	1930,6	53,8
vahel	5	2,34	1623,3	49,1
sees	21,09	1,6	1093,31	41,62
N/n	781/77	858/77	656/77	1030/76
Uus Euroopa (27 regiooni)				
Keskmine	3,43	2,07	69,06	17,33
Standardhälve	7,58	0,58	75,55	6,77
vahel	1,68	0,46	64,56	6,08
sees	7,43	0,36	38,56	2,88
Miinumum	-21,16	0,98	2,6	6,32
vahel	-1,12	1,08	4,96	8,46
sees	-22,3	1,34	-59,18	7,84
Maksimum	27,06	3,64	454,1	37,63
vahel	6,18	3,04	277,84	31,1
sees	24,3	2,84	245,32	26,15
N/n	292/26	318/26	325/26	292/26

Märkused: Standardhälve, miinumum ja maksimum on antud nii iga regiooni-aasta kombinatsiooni kohta kui võrreldud omavahel regioone („vahel“) ning erinevaid aastaid („sees“). „N“ tähistab regiooni-aasta kombinatsioonide ja „n“ regioonide arvu.

Allikas: (autori koostatud Eurostati andmete alusel)

Vaatamata sellele, et paneelandmete puhul on korrelatsioonimaatriks raskesti tõlgendatav, tuuakse andmetest parema ülevaate saamiseks muutujatevahelised korrelatsioonid välja (tabel 2). Koguteguritootlikkuse kasv ja selle lõhe on nõrgalt positiivselt seotud – mida suurem lõhe, seda kiirem kasv. See seos ilmneb ka joonistel 1-2 ning annab märku konvergenstist. KTT kasv on nõrgalt ning KTT lõhe mõõdukalt negatiivselt korreleeritud T&A kulutuste ning inimkapitaliga. T&A kulutused ja inimkapital on omavahel mõõdukalt positiivselt korreleeritud. Need tulemused pole samuti üllatavad.

Põnev on võrrelda ka kahe alamvalimi, Vana ja Uue Euroopa, korrelatsioonimaatrikseid. Uue Euroopa grupis muutub seos KTT kasvu ja KTT lõhe vahel negatiivseks, kuigi koguvalimisis on koefitsient positiivse märgiga; negatiivne korrelatsioonikoefitsient pole küll statistiliselt oluline. Sarnaselt üldvalimile on mõlemas grupis mõõdukalt positiivselt seotud inimkapitali tase ning kulutused teadus- ja arendustegevusele, mõõdukat negatiivselt on seotud KTT lõhe ja T&A, inimkapital. Seos KTT kasvu ja ülejäänud muutujate vahel on alamvalimites aga veel nõrgemad, kui koguvalimisis.

Tabel 2. Korrelatsioonimaatriksid

Koguvalim				
	KTT kasv	KTT lõhe	Kulutused T&A-le	Inimkapital
KTT kasv	1			
KTT lõhe	0,14***	1		
Kulutused T&A-le	-0,13***	-0,67***	1	
Inimkapital	-0,15***	-0,59***	0,62***	1
Vana Euroopa				
	KTT kasv	KTT lõhe	Kulutused T&A-le	Inimkapital
KTT kasv	1			
KTT lõhe	0,07*	1		
Kulutused T&A-le	-0,02	-0,55***	1	
Inimkapital	-0,07*	-0,42***	0,49***	1
Uus Euroopa				
	KTT kasv	KTT lõhe	Kulutused T&A-le	Inimkapital
KTT kasv	1			
KTT lõhe	-0,05	1		
Kulutused T&A-le	-0,09	-0,55***	1	
Inimkapital	-0,10*	-0,51***	0,59***	1

Märkused: *** – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,01; ** – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,05; * – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,1.

Allikas: (autori koostatud Eurostati andmete alusel)

3. ÖKONOMEETRILISE HINDAMISE TULEMUSED

Võrrand (2) on modelleeritud nii klassikalise vähimruutude meetodi, fikseeritud efektide kui süsteemiga üldistatud momentide meetodi abil. Kuna aastased andmed on väga volatiilsed, on muutujad arvutatud 3 aasta libisevate keskmistena. Sarnast ökonomeetrilist strateegiat kasutas ka Islam (2009), kes arvutas keskmised näitajad viie aasta andmetel. Hindamistulemused, mis põhinevad Euroopa regioonide üldvalimil, on kokku võetud tabelis 3. Lõpliku valimi moodustasid 67 regiooni, ülejäänud regioonid jäid puuduvate andmete tõttu hindamisest välja. Lõpliku valimi moodustanud regioonid on toodud lisa 1.

Võrrand (2) sisaldab endogeenseid regressoreid, mistõttu on eelistatud hindamismeetod süsteemiga GMM: vähimruutude meetodi ja fikseeritud efektide tulemused on esitatud võrdluse huvides. Lisaks võimaldavad viitajaga sõltuva muutuja ehk koguteguritootlikkuse kasvu (L.KASV) erinevatel hindamistel leitud koefitsiendid hinnata mudeli spetsifikatsiooni õigsust. Klassikalise vähimruutude meetodi vahendusel saadud hinnangud pole võrrandi (2) puhul mõjusad, sest viitajaga sõltuv muutuja on vealiikmes sisalduvate fikseeritud efektide suhtes endogeenne. Kuna regressori ja vealiikme vahel on positiivne korrelatsioon, suurendab OLS viitajaga sõltuva muutuja koefitsendi väärtust ning võib eeldada, et selle tegelik väärtus on madalam (Lindner 2010).

Võrrandi (2) fikseeritud efektidega modelleerimine võtab regioonidele omaseid efekte küll arvesse, aga eirab paneelandmete dünaamilist struktuuri. Seetõttu on fikseeritud efektide abil leitud viitajaga sõltuva muutuja koefitsendi väärtus nihkega allapoole (*Ibid.*). Seega peaks nihketa hinnangu puhul viitajaga sõltuva muutuja koefitsendi väärtus paiknema fikseeritud efektide ja vähimruutude meetodi pakutud väärtuste vahel ehk olema suurem kui FE ja väiksem kui OLS-iga leitud koefitsient. Tabelist 3 nähtub, et eelistatud hindamismeetod ehk süsteemiga GMM pakub muutuja L.KASV koefitsendi väärtuseks -0,206, mis on väiksem kui vähimruutude meetodi abil saadud -0,204, aga suurem kui fikseeritud efektidega modelleerimisel leitud -0,343. S-GMM-iga leitud koefitsendi väärtus seega mudeli valele spetsifikatsioonile ei viita.

Tabel 3. Hindamistulemused: koguvalim

	OLS	FE	S-GMM
L.KASV	-0,204*** (0,0631)	-0,343*** (0,0617)	-0,206*** (0,0564)
LOHE	0,116*** (0,0241)	0,176*** (0,0418)	0,162*** (0,0267)
TARE	0,0198*** (0,0241)	0,00691 (0,0361)	0,0371*** (0,0139)
D.IKAP	0,365*** (0,120)	0,170 (0,138)	0,503*** (0,161)
TARELOHE	-0,00968*** (0,00287)	0,0223** (0,0097)	-0,0124*** (0,00396)
D.IKAPLOHE	-0,0582** (0,0295)	-0,09*** (0,0293)	-0,0671** (0,0271)
2008-2010	-0,0262** (0,0123)	0,00394 (0,0136)	-0,0116 (0,0092)
2011-2013	-0,00416 (0,0132)	-0,00352 (0,0155)	0,000997 (0,00834)
D.SIIRE	0,0849*** (0,0283)	0,0474 (0,0318)	0,0891*** (0,0261)
LOHE2003	-0,0191 (0,0165)	0 (.)	-0,0294 (0,0198)
Vabaliige	-0,143*** (0,0165)	-0,376* (0,206)	-0,271*** (0,0918)
N	369	369	369
Regioonide arv	67	67	67
Instrumentide arv			108
Sargan			262,2
Sargan p-väärtus			$3,95 \times 10^{-17}$
Hansen			64,38
Hansen p-väärtus			0,996
AB-AR(1)			-4,019
AB-AR(1) p-väärtus			$5,83 \times 10^{-5}$
AB-AR(2)			0,958
AB-AR(2) p-väärtus			0,338
F	19,75	27,82	35,9
F p-väärtus	$5,23 \times 10^{-29}$	$1,77 \times 10^{-97}$	$6,97 \times 10^{-23}$

Märkused: *** – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,01; ** – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,05; * – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,1. Koefitsientide standardvead on sulgudes. Sõltuvaks muutujaks on koguteguritootlikkuse kasv, mis on arvatud kolme aasta libiseva keskmisena. Süsteemiga GMM on läbi viidud STATA-s käsu xtabond2 abil.

Allikas: (autori koostatud Eurostati andmete alusel)

Samuti võib hindamisjärgsete testide põhjal väita, et kasutatava mudeli spetsifikatsioon on õige. Sargani test kontrollib, et instrumenttunnused oleks eksogeensed ehk poleks vealiikmega korreleeritud. Siin on selle testi puhul nullhüpootees küll ümber lükatud, kuid Sargani test eeldab instrumenttunnuste homoskedastiivsust: heteroskedastiivsuse korral võetakse vastu sisukas hüpootees (Baum jt 2003: 16). Hanseni test on Sargani testi üldistus ning homoskedastiivsust ei eelda (*Ibid.*). Hanseni J-statistiku p-väärtus on 0,996 ning nullhüpootees kehtib.

Oluline on jälgida ka Arellano-Bondi AR(1) ja AR(2) teste, mis näitavad, kas vealiikme esimest järku diferentsides esineb vastavalt esimest ja teist järku autokorrelatsioon. AR(1) testi väärtus on alati negatiivne ning ühtlasi lükatakse alati ümber nullhüpootees, mistõttu pole see test kuigi informatiivne, kuid AR(2) testi puhul peab nullhüpootees kindlasti kehtima (Roodman 2009: 119). Tabelist 4 nähtub, et nii see tõepoolest on: AR(1) test on negatiivne ning selle p-väärtus on $5,83 \times 10^{-5}$, AR(2) testi p-väärtus on aga 0,338.

Kuna nii viitajaga sõltuva muutuja koefitsienti väärtus kui erinevad statistilised testid kinnitavad, et mudeli spetsifikatsioon on õige, võib süsteemiga GMM-i hindamistulemusi tõlgendada. Viitajaga koguteguritootlikkuse kasvu koefitsendi väärtus on negatiivse märgiga ning hinnang on statistiliselt oluline. See annab märku majanduse tasakaalumehhanismist: kiirema kasvuga regioonides on järgmisel perioodil kasv aeglasem ning vastupidi. Näiteks kasvasid Eesti ja Läti majandused buumiaastatel väga kiiresti, kui kriis tõi võrreldes teiste Euroopa regioonidega kaasa majanduste järsema kahanemise.

Koguteguritootlikkuse lõhe (LOHE) on statistiliselt oluline nivool 0,01 ning selle koefitsient on positiivse märgiga. See on kooskõlas Griffith jt (2003, 2004) hüpooteesiga: mida kaugemal tehnoloogilisest liidrist riik või regioon asub, seda suurem on selle kasvupotentsiaal ning seda kiiremini koguteguritootlikkus kasvab. Kuna mudelisse on lisatud koguteguritootlikkuse lõhe interaktsioonid teadus- ja arendustegevusega ning inimkapitaliga, ei saa seda muutujat eraldiseisvalt tõlgendada: KTT lõhe mõju on taoline vaid siis, kui kulutused T&A-le võrduvad 1 euroga⁵ elaniku kohta kolme aasta keskmisena ja inimkapitali juurdekasv on null.

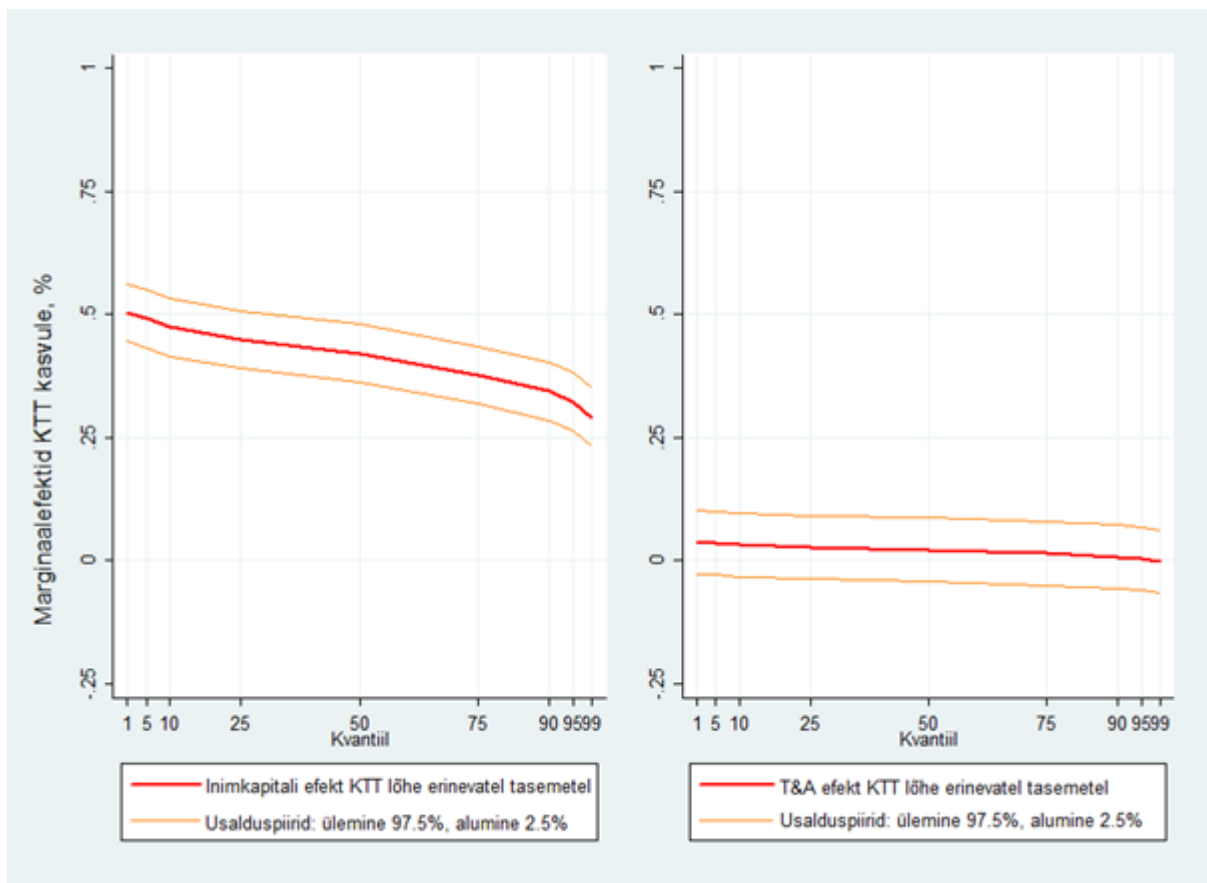
⁵ Teadus- ja arendustegevuse kulutused elaniku kohta on logaritmitud; $\ln(1)=0$.

Nii teadus- ja arendustegevuse⁶ (TARE) kui inimkapitali (D.IKAP) koefitsendid on statistiliselt olulised ja positiivse väärtusega: mida rohkem panustatakse regioonis T&A-sse ning mida kõrgem on selle inimkapitali tase, seda suurem on koguteguritootlikkuse kasv regioonis. Inimkapitali koefitsient on aga mitu korda suurem kui T&A kulutuste koefitsient. Kui T&A kulutuste 1-protsendiline kasv toob kaasa vaid 0,03-protsendilise koguteguritootlikkuse kasvu, siis inimkapitali protsendiline juurdekasv kiirendab KTT kasvu 0,5% võrra. Kuna TARE ja D.IKAP on interakteeritud KTT lõhega, saab antud seoseid nõnda tõlgendada üksnes tehnoloogilise liidri puhul ehk siis, kui koguteguritootlikkuse lõhe on null.

Muutuja TARELOHE on interaktsioon koguteguritootlikkuse lõhe ning teadus- ja arendustegevuse kulutuste vahel, muutuja D.IKAPLOHE on interaktsioon KTT lõhe ja inimkapitali juurdekasvu vahel. Mõlemad interaktsioonid on statistiliselt olulised, kuid vastupidiselt ootustele on nende koefitsendid negatiivse märgiga. Interaktsioone on keeruline tõlgendada, kuid nende koefitsientide negatiivne väärtus annab märku, et suure KTT lõhega regioonides ei pruugi *ceteris paribus* T&A-sse investeerimine tuua kaasa kiiremat koguteguritootlikkuse kasvu ning inimkapitali taseme juurdekasvu mõju KTT kasvule jääb samuti tagasihoidlikuks.

Huvipakkuv on uurida inimkapitali ning teadus- ja arendustegevuse marginaalseid efekte koguteguritootlikkuse kasvule erinevate KTT lõhe tasemete juures. Jooniselt 5 nähtub, et inimkapitali efekt koguteguritootlikkuse kasvule on seda tugevam, mida väiksem on koguteguritootlikkuse lõhe (vasakpoolne paneel). Teadus- ja arendustegevuse puhul võib märgata sama trendi, kuid efekt on tunduvalt väiksem ning joon, mis efekti erinevate KTT lõhe tasemete juures märgib, on peaaegu horisontaalne (parempoolne paneel). Veelgi enam, alumise usalduspiiri alusel ei saa välistada, et T&A marginaalne efekt on hoopis negatiivne. Kokkuvõtvalt võib öelda, et mida suurem on koguteguritootlikkuse lõhe, seda vähem panustavad KTT kasvu regiooni enda inimkapital ning teadus- ja arendustegevus; sellest tulenevalt võisid interaktsioonide koefitsendid omandada negatiivsed märgid.

⁶ Hindamistulemuste usaldusvääruse kontrollina viidi läbi lisaanalüüs, kus T&A kulutused elaniku kohta asendati T&A kulutuste osakaaluga SKP-s. Ökonomeetrilise hindamise tulemused jäid selle muudatuse tagajärjel sarnaseks. Antud hindamistulemused on toodud lisas 2.



Joonis 5. Teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali marginaalsed efektid
Allikas: (autori koostatud Eurostati andmete alusel)

Mudelile on lisatud fiktiivsed tunnused, mis väljendavad perioodispetsiifilisi fikseeritud efekte. Need efektid võimaldavad võtta arvesse suuremaid, regioonideüleseid sündmuseid – näiteks majandusšokke. Kummagi perioodi (2008-2010, 2011-2013) muutuja pole küll statistiliselt oluline, kuid oodatult on negatiivse märgiga perioodi 2008-2010 ehk majanduskriisi aastaid tähistav fiktiivne muutuja. Eksogeense muutuja LOHE2003, mis tähistab regiooni koguteguritootlikkuse lõhet aastal 2003, koefitsient on negatiivse märgiga: mida suurem oli regiooni koguteguritootlikkuse lõhe aastal 2003, seda aeglasem oli selle kasv järgnevatel aastatel. See muutuja pole aga statistiliselt oluline.⁷

Eksogeense muutujana on mudelisse lülitatud veel regionaalsete ülekanduvate mõjude indikaator D.SIIRE. D.SIIRE kätkeb naaberregioonide koguteguritootlikkuse taset, mis on

⁷ Tulemus on piiripealse usaldusväärtusega. Kahepoolse t-testi põhjal on p-väärtus 0,138, kuid ühepoolse t-testi korral on p-väärtus 0,069. Seega on ühepoolne test statistiliselt oluline: eeldades, et koefitsient saab olla vaid negatiivse väärtusega.

kaalutud geograafiliste kaugustega, kusjuures kaalumisel võeti arvesse ainult positiivse koguteguritootlikkusega regioone. Muutuja on positiivne ning statistiliselt oluline: mida lähemal on kõrgema koguteguritootlikkuse tasemega regioonid teatud regioonile, seda kiiremini koguteguritootlikkus selles regioonis kasvab. See on huvitav ja uudne tulemus, sest lisab hinnatavale mudelile geograafilise mõõdme.

Koguteguritootlikkuse, teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali seoseid on hinnatud ka alamvalimites, ökonomeetiline hindamine on viidud läbi analoogselt koguvalimi hindamisele (tabel 4). Alamvalimite puhul on hindamine raskendatud, sest vaadeldavate regioonide arv on väike. Teisalt võimaldab Uue ja Vana Euroopa eraldi analüüsimine tuua välja kahe grupi iseloomulikke omadusi. Mõlema alamvalimi puhul ei viita statistilised testid mudeli ebaõigele spetsifikatsioonile. Lisaks langevad süsteemiga GMM-i pakutud viitajaga sõltuva muutuja koefitsendi väärtused ootuspäraselt vähimruutude meetodi ja fikseeritud efektide abil leitud hinnangute vahele.

Viitajaga sõltuva muutuja ehk koguteguritootlikkuse kasvu koefitsendite väärtused on sarnaselt üldvalimiga mõlemas grupis negatiivse märgiga, kuid statistiliselt oluline on see muutuja vaid Vana Euroopa alamvalimis. Koguteguritootlikkuse lõhe koefitsendid on positiivse märgiga, kuid statistiliselt oluline on lõhe ainult Uues Euroopas. Siit võib järeldada, et autonoomne tehnoloogia ülekande on koguteguritootlikkuse kasvu mõjutegurina tähtsam tähtsava majandusega regioonides.

Teadus- ja arendustegevusele tehtud kulutuste ning inimkapitali koefitsendid on mõlemas grupis positiivse märgiga nagu üldvalimis, kuid statistiliselt oluline on inimkapital ainult Vana Euroopa alamvalimis. Antud tulemus on kooskõlas koondvalimi tulemustega, mis osutas inimkapitali juurdekasvu positiivsele mõjule kõrge tootlikkustasemega ehk väikse KTT lõhega regioonides. Interaktsioonid KTT lõhe ning T&A, inimkapitali vahel on sarnaselt koguvalimile negatiivse märgiga. Statistiliselt oluline nivool 0,1 on KTT lõhe ja teadus- ja arendustegevuse interaktsioon Vana Euroopa grupis, ülejäänud interaktsioonid statistiliselt olulised pole.

Fiktiivsetest tunnustest on statistiliselt oluline perioodi 2008-2010 muutuja Vana Euroopa alamvalimis. Koguteguritootlikkuse lõhe aastal 2003 ehk aasta enne Euroopa Liidu laienemist pole kummaski grupis statistiliselt oluline. Sellegipoolest on märkimisväärne, et muutuja LOHE2003 on alamvalimites erinevate märkidega. Vana Euroopa grupis on koefitsient positiivne: regioonid, mis olid aastal 2003 madalama KTT tasemega, kasvasid edaspidi

kiiremini. Uue Euroopa grupis oli aga vastupidi: mida madalam oli regiooni arengutase aastal 2003, seda aeglasemini regioon kasvas. See tulemus näitab, et konvergensiks võib olla vajalik kriitiline suutlikkus: alguse, mille põhjal on võimalik kasvada.

Tabel 4. Hindamistulemused alamvalimite lõikes

	Vana Euroopa			Uus Euroopa		
	OLS	FE	S-GMM	OLS	FE	S-GMM
L.KASV	-0,335*** (0,092)	-0,396*** (0,0617)	-0,36*** (0,101)	-0,113 (0,0944)	-0,246** (0,104)	-0,242 (0,177)
LOHE	0,153 (0,118)	0,121 (0,146)	0,248 (0,162)	0,117*** (0,0383)	0,256*** (0,0619)	0,171*** (0,0476)
TARE	0,032** (0,0151)	0,0498 (0,0531)	0,042 (0,0271)	0,0226 (0,021)	0,0967* (0,0553)	0,0469 (0,0368)
D.IKAP	0,431*** (0,152)	-0,0235 (0,142)	0,494** (0,211)	0,183 (0,196)	0,299 (0,217)	0,257 (0,243)
TARELOHE	-0,0347** (0,0154)	0,0144 (0,0247)	-0,0505* (0,0258)	-0,00605 (0,00911)	-0,0120 (0,0149)	-0,0108 (0,0151)
D.IKAPLOHE	0,00223 (0,0562)	0,0841* (0,043)	-0,0265 (0,0828)	-0,0443 (0,0417)	-0,106** (0,0471)	-0,0887 (0,0646)
2008-2010	-0,0482*** (0,015)	-0,0301** (0,0141)	-0,0375** (0,0146)	-0,0112 (0,0212)	0,021 (0,025)	0,00273 (0,0273)
2011-2013	-0,0232 (0,0142)	-0,0376** (0,0149)	-0,0161 (0,00969)	0,0165 (0,0252)	0,0194 (0,0294)	0,0169 (0,0272)
D.SIIRE	0,0688** (0,0343)	0,0393 (0,0297)	0,0627 (0,0454)	0,19*** (0,057)	0,214*** (0,0591)	0,191*** (0,0582)
LOHE2003	0,0373 (0,0492)	0 (.)	0,0347 (0,05)	-0,0343 (0,0239)	0 (.)	-0,0399 (0,036)
Vabaliige	-0,178* (0,0968)	-0,451 (0,34)	-0,244 (0,16)	-0,147 (0,0954)	-0,749*** (0,272)	-0,298 (0,18)
N	187	187	187	182	182	182
Regioonide arv	43	43	43	24	24	24
Instrumentide arv			104			108
Sargan			196,3			157,4
Sargan p-väärtus			$2,27 \times 10^{-9}$			$1,02 \times 10^{-4}$
Hansen			35,2			21,3
Hansen p-väärtus			1			1
AR(1)			-2,533			-3,295
AR(1) p-väärtus			0,0113			$9,86 \times 10^{-4}$
AR(2)			0,647			1,204
AR(2) p-väärtus			0,518			0,228
F	11,69	46,74	17,73	10,17	13,16	15,34
F p-väärtus	$2,59 \times 10^{-15}$	$5,86 \times 10^{-65}$	$4,76 \times 10^{-12}$	$2,47 \times 10^{-13}$	$1,79 \times 10^{-29}$	$6,35 \times 10^{-8}$

Märkused: *** – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,01; ** – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,05; * – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,1. Koefitsientide standardvead on sulgudes. Sõltuvaks muutujaks on koguteguritootlikkuse kasv, mis on arvatud kolme aasta libiseva keskmisena. Süsteemiga GMM on läbi viidud STATA-s käsu xtabond2 abil.

Allikas: (autori koostatud Eurostati andmete alusel)

Veel on huvitav, et regionaalseid ülekanduvaid mõjusid kätkev muutuja D.SIIRE on mõlemas grupis küll positiivse märgiga, aga statistiliselt oluline, kusjuures nivool 0,01, vaid Uue Euroopa grupis. Seda saab tõlgendada nii, et regiooni füüsiline asukoht on Uues Euroopas palju olulisem kui Vanas Euroopas. Intuitiivseltki tundub mõistuspärane, et riigil nagu Bulgaaria, mis on ümbritsetud Türgi, Rumeenia ning teiste Balkani riikidega, on asukohaga vähem vedanud kui jõukate Põhjamaade külje all asuvatel Baltimaadel.

Ökonomeetrilise hindamise tulemused võib kokku võtta järgnevalt:

- 1) koguteguritootlikkuse kasvule on omane tasakaalumehhanism: eelmise perioodi kõrge KTT kasv aeglustab järgmise perioodi kasvu;
- 2) autonoomne tehnoloogia ülekanne on oluline: mida mahajäänum on regioon tehnoloogilisest liidrist, seda suurem on selle kasvupotentsiaal. Autonoomne tehnoloogia ülekanne on tähtis eeskätt tärkava majandusega regioonide jaoks;
- 3) inimkapitali varu ning teadus- ja arendustegevusse investeerimine on koguteguritootlikkuse kasvu mõjutegurid ning seda eriti tehnoloogilise tuumiku ja kõrgema arengutasemega regioonide korral: mida rohkem inimkapitali, T&A-sse panustada, seda kiirem on kasv. Inimkapitali varu on KTT kasvu seisukohast aga tunduvalt olulisem kui teadus- ja arendustegevusele tehtavad kulutused, mille koefitsient on väga väike;
- 4) vastupidiselt oodatule on interaktsioonid koguteguritootlikkuse lõhe ja inimkapitali ning lõhe ja T&A vahel negatiivse märgiga. Lisaks selgub, et mida kaugemal on regioon tehnoloogilisest liidrist ehk mida suurem on selle koguteguritootlikkuse lõhe, seda vähem panustavad *ceteris paribus* regiooni enda inimkapital ja teadus- ja arendustegevus koguteguritootlikkuse kasvu;
- 5) regiooni koguteguritootlikkuse kasvu jaoks on regionaalsed ülekanduvad mõjud tähtsad: regiooni naabrite arengutase on koguteguritootlikkuse kasvu mõjutegur. Ülekanduvad mõjud on iseäranis tugevad Euroopa Liiduga alates 2004. aastast ühinenud ja EL kandidaatriikide regioonidest koosnevas alamvalimis;
- 6) konvergensiks on vajalik kriitiline suutlikkus või algtase, millelt kasvada: Uue Euroopa regioonid, mis olid 2003. aastal vähearenenud, kasvasid ka edaspidi aeglasemalt, kuid madalama arengutasemega Vana Euroopa regioonid kasvasid järgneval perioodil kiiremini.

Seega on sissejuhatuses toodud neljast hüpoteesist kolm leidnud kinnitust ning üks lükatud ümber. Kinnitust leidsid autonoomse tehnoloogilise ülekande, inimkapitali ja T&A ning regionaalsete ülekanduvate mõjude positiivne efekt koguteguritootlikkuse kasvule. Ökonomeetiline analüüs ei kinnitanud, et teadmiste vastuvõtuvõime kiirendab koguteguritootlikkuse kasvu. See on vastuolus Islami (2009) ja Vogeli (2013) leidudega, kes hindasid koguteguritootlikkuse lõhe ning T&A, inimkapitali interaktsioone samuti schumpeterliku endogeense kasvu raamistikus ning kasutades süsteemiga GMM-i. Vastuolu üks põhjendusi võib olla, et teadmiste vastuvõtuvõime on tundlik mudeli spetsifikatsiooni ning innovatsiooni mõõdikute suhtes, nagu märkis Islam (2009: 45).

Interaktsioonide marginaalefektide graafikutelt selgunud seos, et regiooni enda uurimistegevus ning inimkapital panustavad koguteguritootlikkuse kasvu seda vähem, mida suurem on koguteguritootlikkuse lõhe tehnoloogilise liidri suhtes, on tähelepanuväärne leid. Seda saab lahti mõtestada nii, et suurema koguteguritootlikkuse lõhega riikides on *regiooni enda panus* – investeringud teadus- ja arendustegevusse, inimkapitali tase – KTT kasvu seisukohalt vähemolulisemad. Antud tulemus võib olla põhjustatud sellest, et töö valim hõlmab Euroopa Liidu laienemise järgse kiire konvergenstsi perioodi, kus koguteguritootlikkuse kasvu domineeris autonoomne tehnoloogia ülekanne.

Käesolev magistritöö tuvastab mitmeid põnevaid seaduspärasid ning tõstatab uusi küsimusi. Esiteks: mis on regionaalsed ülekanduvad mõjud eriti tugevad just Uue Euroopa regioonides? Teiseks: kas see, et suurema koguteguritootlikkuse lõhega regioonides on regiooni enda panus koguteguritootlikkuse kasvu seisukohalt vähemolulisem, põhjustatud ainult konvergenstist? Või on sellel teisi põhjuseid? Milliseid? Kolmandaks: millest on põhjustatud regioonide arengu algtaset märkiva muutuja erinevad märgid alamvalimites? Kas see seos oleks sarnane, kui algtaseme aastaks valitakse mõni muu aasta? Need on mõned küsimused, mille edasine uurimine võib pakkuda huvitavaid tulemusi.

KOKKUVÕTE

Käesolevas magistritöös uuriti, milline on teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali mõju koguteguritootlikkuse kasvule. Antud uurimisküsimus on ajakohane ja oluline, kuna nii majandusteadlased kui poliitikud on seisukohal, et teadus- ja hariduspoliitika on vahend, millega on võimalik toetada riikide pikaajaliste eesmärkide nagu tootlikkuse tõus, elukvaliteedi paranemine ja jätkusuutlik majanduskasv saavutamist. Eestis usutakse, et majanduse teadmusmahukamaks muutmises peitub võti, mille abil on Eestil elatustaseme poolest võimalik jõuda lähemale Euroopa rikastele.

Nägemus uurimistegevusest ning inimkapitalist kui tehnoloogilise arengu ning pikaajalise majanduskasvu mõjuteguritest põhineb endogeense kasvu teooriatel. Probleemistikuga on lähedalt seotud ka teadmiste vastuvõtuvõimet käsitlev kirjandus. Teadmiste vastuvõtuvõime kontseptsiooni järgi on uurimistegevusel lisaks uute teadmiste loomisele veel teine eesmärk: teadus- ja arendustegevus loob võimekust kasutada juba olemasolevat teadmist. Endogeense kasvu teooriaid ja teadmiste vastuvõtuvõimet põimiva kirjanduse alusel sõltub riigi või regiooni areng nii selle enda innovatiivsusest kui võimekusest võtta üle mujal välja töötatud. Uurimistegevusse ning inimkapitali investeerimine on olulised mõlema pädevuse jaoks, sest need tõstavad nii võimekust ise innovatsioone luua kui võõrast tehnoloogiat enda tarvis kohandada.

Magistritöö empiiriline osa põhineb kirjanduses tunnustatud mudelil, mis seob endogeense kasvu teooriad ning teadmiste vastuvõtuvõime käsitluse. Mudel hõlmab lisaks inimkapitali ja uurimistegevuse efektidele ka konvergenti mõju koguteguritootlikkuse kasvule. Käesolev töö täiendab antud mudelit kahel viisil. Esiteks lisati mudelile regionaalseid ülekanduvaid mõjusid kätkev muutuja, mis võimaldab võtta arvesse, kuidas mõjutab regioonide geograafiline asukoht nende koguteguritootlikkuse kasvu. Teiseks kaasati mudelisse regioonide arengu algtaset näitav muutuja ehk regiooni koguteguritootlikkuse tase aastal 2003. Magistritöös esitati neli hüpoteesi:

- 1) mida madalam on regiooni koguteguritootlikkuse tase võrreldes tehnoloogilise liidriga, seda kiiremini selle koguteguritootlikkus kasvab;
- 2) mida kõrgem on regiooni inimkapitali tase ning mida rohkem panustatakse T&A-sse, seda jõulisem on regiooni koguteguritootlikkuse kasv;
- 3) mida parem on regiooni teadmiste vastuvõtuvõime, mis peegeldub inimkapitalis ja T&A-s, ning mida suurem selle koguteguritootlikkuse lõhe, seda kiiremini regioon kasvab;
- 4) mida kõrgema koguteguritootlikkuse tasemega on regioonile geograafiliselt lähedased regioonid, seda kiirem on selle koguteguritootlikkuse kasv.

Ökonomeetiline analüüs toimus paneelendmete põhjal, kuhu kaasati 103 Euroopa NUTS1 klassifikatsiooni regiooni ja Türgi aastatel 2000-2013. Mitmete puuduvate väärtuste tõttu moodustasid lõpliku valimi 67 regiooni, millest 43 kuuluvad Vanasse ning 24 Uude Euroopasse. Esmalt leiti sõltuv muutuja ehk koguteguritootlikkuse kasv. Seejärel arutati regioonide koguteguritootlikkuse tase, mille alusel määrati tehnoloogiline liider. See tegi võimalikuks arvutada iga regiooni koguteguritootlikkuse lõhe võrreldes tootlikkuse liidriga. Inimkapitali taseme määramisel kasutati uudset mõõdikut: peale kõrgharitud inimeste osakaalu võeti arvesse ka elukestvas õppes osalemise määra. Uurimistegevuse indikaatorina rakendati T&A kulutusi elaniku kohta.

Mudelit hinnati klassikalise vähimruutude meetodi, fikseeritud efektidega modelleerimise ja süsteemiga üldistatud momentide meetodi abil, kusjuures eelistatud hindamismeetod oli viimane. Ökonomeetiline analüüs viidi läbi koguvalimi ning kahe alamvalimi – Uue ja Vana Euroopa regioonide – lõikes. See tegi võimalikuks uurida, kas regressorite mõju koguteguritootlikkuse kasvule on neis gruppides erinev. Andmete puudulikkuse ning aegrea lühiduse tõttu pole Euroopa idapoolsemaid riike kirjanduses palju uuritud, mistõttu on taoline analüüs tarvilik.

Neljast esitatud hüpoteesist kolm leidsid kinnitust ning üks lükati ümber. Kinnitust leidsid autonoomse tehnoloogilise ülekande, inimkapitali, teadus- ja arendustegevuse ning regionaalsete ülekanduvate mõjude positiivsed efektid koguteguritootlikkuse kasvule. Ökonomeetiline analüüs ei tõestanud, et teadmiste vastuvõtuvõime kiirendab koguteguritootlikkuse kasvu. Lisaks hüpoteeside kinnitamisele ja ümberlükkamisele tuvastas uurimine veel teisigi huvitavaid seoseid erinevate regressorite ja koguteguritootlikkuse kasvu vahel. Veel leiti mitmeid erisusi Vana ja Uue Euroopa regioonide vahel.

Magistritöö ökonomeetrilise analüüsi tulemused on järgmised:

- 1) eelmise perioodi kõrge koguteguritootlikkuse kasv aeglustab selle kasvu järgmisel perioodil: see annab märku majanduse tasakaalumehhanismist;
- 2) autonoomne tehnoloogia ülekanne on oluline ning seda eeskätt Uue Euroopa regioonides: mida mahajäänum on regioon tehnoloogilisest liidrist, seda kiiremini see kasvab;
- 3) konvergenstiks on vajalik kriitiline suutlikkus: Uue Euroopa regioonid, mis olid 2003. aastal vähearenenud, kasvasid ka edaspidi aeglasemalt. Madalama koguteguritootlikkusega Vana Euroopa regioonid kasvasid seevastu järgneval perioodil kiiremini;
- 4) inimkapitali tase ning teadus- ja arendustegevusse investeerimine on koguteguritootlikkuse kasvu mõjutegurid. Seos kehtib eeskätt tehnoloogilise liidri ja kõrgema arengutasemega regioonide puhul: mida rohkem inimkapitali, T&A-sse panustada, seda kiirem on kasv. Inimkapitali tase on koguteguritootlikkuse kasvu seisukohast tunduvalt olulisem kui uurimistegevusele tehtavad kulutused;
- 5) interaktsioonid koguteguritootlikkuse lõhe ja inimkapitali ning koguteguritootlikkuse lõhe ja uurimistegevuse vahel on negatiivse märgiga. See tulemus on vastuolus varasemalt kirjanduses leituga. Veel selgub, et mida mahajäänum on regioon koguteguritootlikkuse liidrist, seda väheolulisem on koguteguritootlikkuse kasvu seisukohalt regiooni enda panus – investeringud teadus- ja arendustegevusse, inimkapitali varu – ning domineerib autonoomne tehnoloogia ülekanne;
- 6) regionaalsed ülekanduvad mõjud on koguteguritootlikkuse kasvu mõjutegur: mida kõrgema arengutasemega on regiooni naabrid, seda kiiremini kasvab regiooni koguteguritootlikkus. Regionaalsed ülekanduvad mõjud on iseäranis olulised Uue Euroopa regioonides.

VIIDATUD ALLIKAD

- Aghion, Philippe ja Howitt, Peter (1992) „A model of growth through creative destruction,“ *Econometrica* 60 (2), 323-351.
- Arellano, Manuel ja Bond, Stephen (1991) „Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations,“ *Review of Economic Studies* 58, 277–297.
- Arellano, Manuel ja Bover, Olympia (1995) „Another look at the instrumental variable estimation of error-components models,“ *Journal of Econometrics* 68, 29–51.
- Arrow, Kenneth J. (1962) „The Economic Implications of Learning by Doing,“ *The Review of Economic Studies* 29 (3), 155-173.
- Baum, Christopher F., Schaffer, Mark E. ja Stillman, Steven (2003) „Instrumental variables and GMM: Estimation and testing,“ *The Stata Journal* 3 (1), 1-31.
- Blundell, Richard ja Bond, Stephen (1998) „Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models,“ *Journal of Econometrics* 87, 115–143.
- Bronzini, Raffaello ja Piselli, Paolo (2009) „Determinants of long-run regional productivity with geographical spillovers: The role of R&D, human capital and public infrastructure,“ *Regional Science and Urban Economics* 39, 187-199.
- Coe, David T. ja Helpman, Elhanan (1995) „International R&D spillovers,“ *European Economic Review* 39, 859-887.
- Coe, David T., Helpman, Elhanan ja Hoffmaister, Alexander W. (1997) „North-South R&D Spillovers,“ *The Economic Journal* 107 (440), 134-149.
- Cohen, Wesley M. ja Levinthal, Daniel A. (1989) „Innovation and Learning: The Two Faces of R&D,“ *The Economic Journal* 99 (397), 569-596.
- Cohen, Wesley M. ja Levinthal, Daniel A. (1990) „Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation,“ *Administrative Science Quarterly* 35 (1), 128-152.
- „Communication from the Commission. Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth,“ Euroopa Komisjon, Brüssel 3.03.2010. Kättesaadav aadressil <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:EN:PDF> – viimati külastatud 24.02.2015 – viimati külastatud 24.02.2015.

- „Eesti inimarengu aruanne 2012/2013. Eesti maailmas,“ Eesti Koostöö Kogu, Tallinn 2013. Kättesaadav aadressil http://www.kogu.ee/wp-content/uploads/2014/05/EIA_lowres.pdf – viimati külastatud 24.02.2015.
- „Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia 2014–2020 ”Teadmiste põhine Eesti” heakskiitmine,“ Riigi Teataja, 29.01.2014. Kättesaadav aadressil <https://www.riigiteataja.ee/akt/3290120140021> – viimati külastatud 24.02.2015.
- Ganev, Kaloyan (2005) „Measuring Total Factor Productivity: Growth Accounting for Bulgaria,“ Bulgarian National Bank Discussion Paper 48/2005. Kättesaadav aadressil http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2025902 – viimati külastatud 17.05.2015.
- Griffith, Rachel, Redding, Stephen ja Van Reenen, John (2003) „R&D and Absorptive Capacity: Theory and Empirical Evidence,“ *The Scandinavian Journal of Economics* 105 (1), 99-118.
- Griffith, Rachel, Redding, Stephen ja Van Reenen, John (2004) „Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries,“ *The Review of Economics and Statistics* 86 (4), 883-895.
- Grossman, Gene M. ja Helpman, Elhanan (1991) „Quality Ladders in the Theory of Growth,“ *The Review of Economic Studies* 58 (1), 43-61.
- Islam, Rabiul (2009) „R&D Intensity, Technology Transfer and Absorptive Capacity,“, Monash University Department of Economics Discussion Paper 13/09. Kättesaadav aadressil <http://www.buseco.monash.edu.au/eco/research/papers/2009/1309intensityislam.pdf> – viimati külastatud 17.05.2015.
- Kneller, Richard ja Stevens, Philip Andrew (2006) „Frontier Technology and Absorptive Capacity: Evidence from OECD Manufacturing Industries,“ *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 68 (1), 1-22.
- Kwark, Noh-Sun ja Shyn, Yong-Sang (2006) „International R&D Spillovers Revisited: Human Capital as an Absorptive Capacity for Foreign Technology,“ *International Economic Journal* 20 (2), 179-196.
- Lindner, Peter (2010) „Dynamic Panel Data Models,“ loengumärkmed. Kättesaadav aadressil http://homepage.univie.ac.at/robert.kunst/pan2010_pres_lindner.pdf – viimati külastatud 17.05.2015.
- Lucas, Robert E. (1988) „On the mechanics of economic development,“ *Journal of Monetary Economics* 22, 3-42.
- Mancusi, Maria Luisa (2008) „International spillovers and absorptive capacity: A cross-country cross-sector analysis based on patents and citations,“ *Journal of International Economics* 76, 155-165.

- Moncada-Paterno-Castello, Pietro, Cupagea, Constantin, Smith, Keith, Tübke, Alexander ja Tubbs, Mike (2009) „Does Europe perform too little corporate R&D? A comparison of EU and non-EU corporate R&D performance,“ IPTS working paper on corporate R&D and innovation (11), 1-31. Kättesaadav aadressil <https://ideas.repec.org/p/ipt/wpaper/200911.html> – viimati külastatud 24.02.2015.
- Pater, Robert ja Lewandowska, Anna (2015) „Human capital and innovativeness of the European Union regions,“ *Innovaton: The European Journal of Social Science Research* 28 (1), 31-51.
- Perugini, Cristiano, Pompei, Fabrizio ja Signorelli, Marcello (2008) „FDI, R&D and human capital in Central and Eastern European countries,“ *Post-Communist Economies* 20 (3), 317-345.
- Reis, Ana Balcao ja Sequeira, Tiago Neves (2007) „Human Capital and Overinvestment in R&D,“ *The Scandinavian Journal of Economics* 109 (3), 573-591.
- Romer, Paul M. (1986) „Increasing Returns and Long-Run Growth,“ *Journal of Political Economy* 94 (5), 1002-1037.
- Romer, Paul M. (1987) „Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization,“ *The American Economic Review* 77 (2), Papers and Proceedings of the Ninety-Ninth Annual Meeting of the American Economic Association, 56-62.
- Romer, Paul M. (1990) „Endogenous Technological Change,“ *Journal of Political Economy* 98 (5), S71-S102.
- Roodman, David (2009) „How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata,“ *The Stata Journal* 9 (1), 86-136.
- Schmidt, Tobias (2010) „Absorptive Capacity – One Size Fits All? A Firm-level Analysis of Absorptive Capacity for Different Kinds of Knowledge,“ *Managerial and Decision Economics* 31, 1-18.
- Schumpeter, Joseph A. (1942) „Capitalism, Socialism and Democracy,“ New York: Harper and Brothers.
- Solow, Robert M. (1956) „A contribution to the theory of Economic Growth,“ *The Quarterly Journal of Economics* 70 (1), 65-94.
- Swan, Trevor W. (1956) "Economic growth and capital accumulation," *Economic Record* 32 (2), 334–361.
- Unel, Bulent (2008) „R&D spillovers through trade in a panel of OECD industries,“ *The Journal of International Trade & Economic Development* 17 (1), 105-133.

Van Ark, Bart, O'Mahony, Mary ja Timmer, Marcel P. (2008) „The Productivity Gap between Europe and the United States: Trends and Causes,“ *The Journal of Economic Perspectives* 22 (1), 25-44.

Vogel, Johanna (2013) „The two faces of R&D and human capital: Evidence from Western European regions,“ *Papers in Regional Science*, 1-27.

„Ülevaade riigi vara kasutamisest ja säilitamisest 2012.-2013. aastal. Riigikontrolöri kokkuvõtte Eesti riigi arengu ja majanduse probleemidest,“ Riigikontroll, Tallinn 2013. Kättesaadav aadressil <http://www.riigikontroll.ee/Riigikontrollipublikatsioonid/Riigikontrolliaastaruannepaalamendile/tabid/110/language/et-EE/Default.aspx> - viimati külastatud 24.02.2015.

SUMMARY

RESEARCH AND DEVELOPMENT AND HUMAN CAPITAL AS DETERMINANTS OF TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY GROWTH

Heili Hein

The objective of this thesis is to investigate the roles of research and development and human capital as drivers of total factor productivity growth in European regions. Economists have long associated research and development and human capital with total factor productivity growth. Moreover, many European governments see investments in research and education as means to achieving their nations' long-term goals such as productivity growth, sustainable development and competitiveness. In Estonia, transforming the country into a knowledge intensive economy is believed to close the income gap between Estonia and its more developed neighbours.

The connection between research and development and human capital has theoretical underpinnings in the ample endogenous growth literature that started to gain influence in the second half of the 1980s. Research activities and human capital are also in the centre of the concept of absorptive capacity. According to the literature on absorptive capacity, research and development has „two faces“. First, research creates new knowledge, innovation. Second, it develops absorptive capacity, or, the ability to identify, assimilate and exploit outside knowledge. Therefore, the technological progress of a region depends both on its own innovative capabilities as well as on its capacity to exploit external knowledge. Research and development and human capital are important for both capabilities, raising both the ability to create own innovation and imitate the creations of others.

The empirical framework of the thesis is based on a Schumpeterian endogenous growth model that accounts for the effects of absorptive capacity on total factor productivity growth.

In addition to the effects of human capital and research and development, the model also includes the effect of conditional convergence on total factor productivity growth. The thesis complements this model in two ways. First, it adds a geographical dimension to the model and includes regional knowledge spillovers. Second, it accounts for the regions' initial level of development or the level of total factor productivity in 2003 – a year before the eastward enlargement of the European Union (EU).

The master's thesis proposes four hypotheses:

- 1) the lower the level of the region's total factor productivity level compared to the technological frontier, or the larger the distance to the frontier, the faster the total factor productivity growth of the region;
- 2) the greater the stock of human capital in the region and the higher the spending on research and development, the faster the total factor productivity growth of the region;
- 3) the stronger the absorptive capacity of the region – indicated by the stock of human capital and the spending on research and development –, and the larger the region's distance to the frontier, the faster the total factor productivity growth of the region;
- 4) the higher the productivity level of geographically close regions, the faster the total factor productivity of the region.

The econometric analysis was conducted on a panel of 103 European NUTS1 regions and Turkey over the period 2000-2013. Due to missing data, the final panel consisted of 67 regions. 43 of these regions hailed from the so-called Old Europe, or from countries that were members of the European Union before 2004 plus three EFTA countries. 24 regions were from New Europe, or countries that became members of the Union after year 2004. Initially, three EU candidate countries were also included in this subgroup, but were left out of the analysis due to incomplete data.

The model was analysed using three estimators: ordinary least squares, fixed effects and system generalized moment of methods, which was also the preferred estimation method. In addition to the panel of all regions, the analysis was conducted separately for the two subgroups: regions of Old and New Europe. This made it possible to determine any differences between the two groups concerning total factor productivity growth. This is a contribution to the literature as emerging regions of Europe have often not been included in such analyses by reason of missing data and short time series.

Out of four hypotheses, three were confirmed. The positive effects of autonomous technology transfer, human capital, research activities and regional knowledge spillovers on total factor productivity growth was confirmed. The econometric analysis did not show evidence of absorptive capacity speeding up productivity growth. In addition to these results, the analysis established other interesting patterns in the dynamics of total factor productivity growth in European regions. The results of the econometric analysis are summed as follows:

- 1) total factor productivity is subject to a balancing mechanism: fast productivity growth in one period is followed by slower growth the following period;
- 2) the larger the region's distance to the technological frontier, the faster its total factor productivity growth. This effect, or autonomous technological transfer, is especially important for the emerging regions of Europe;
- 3) convergence needs a critical capability, or initial level, on the basis of which growth is possible. The regions of New Europe that had lower productivity levels in 2003 grew *slower* during the next years. In the regions of Old Europe, however, the regions with the larger distance to the frontier in 2003 grew *faster* in the following years;
- 4) human capital and research and development are determinants of total factor productivity growth: the more the region invests in research and the higher its stock of human capital, the faster it grows. First and foremost, this is true for the frontier and regions close to the frontier. However, the stock of human capital is much more important for total factor productivity growth than the expenditure on research and development;
- 5) the interactions between a) the total factor productivity gap and human capital and b) between the gap and research and development are statistically significant but have a negative sign. This is in contrast to what has previously been found in the literature. Moreover, it is found that the larger the region's distance to the frontier, the innovative contribution of the region has lesser importance as autonomous technology transfer is the dominating effect;
- 6) regional knowledge spillovers are important in determining total factor productivity growth. The higher the productivity level of neighbouring regions, the faster the productivity growth of the region. The effect of regional spillovers is particularly strong in the New Europe subgroup.

LISAD

Lisa 1. Regioonide loetelu

Riik	Kood	Regioon	Lõplik valim
AT	AT1	Ostösterreich	
	AT2	Südösterreich	
	AT3	Westösterreich	
BE	BE1	Région de Bruxelles-Capitale / Brussels Hoofdstedelijk Gewest	×
	BE2	Vlaams Gewest	×
	BE3	Région Wallone	×
BG	BG3	Severna i Yugoiztochna Bulgaria	×
	BG4	Yugozapadna i Yuzhna Tsentralna Bulgaria	×
CH	CH0	Schweiz/Suisse/Svizzera	
CY	CY0	Kýpros	×
CZ	CZ0	Česká Republika	×
DE	DE1	Baden-Württemberg	
	DE2	Bayern	
	DE3	Berlin	
	DE4	Brandenburg	
	DE5	Bremen	
	DE6	Hamburg	
	DE7	Hessen	
	DE8	Mecklenburg-Vorpommern	
	DE9	Niedersachsen	
	DEA	Nordhein-Westfalen	
	DEB	Rheinland-Pfalz	
	DEC	Saarland	
	DED	Sachsen	
	DEE	Sachsen-Anhalt	
DEF	Schleswig-Holstein		
DEG	Thüringen		
DK	DK0	Danmark	×
EE	EE0	Eesti	×
EL	EL3	Attiki	
	EL4	Nisia Aigaiou, Kriti	

	EL5	Voreia Ellada	
	EL6	Kentriki Ellada	
ES	ES1	Noroeste	×
	ES2	Noreste	×
	ES3	Comunidad de Madrid	×
	ES4	Centro (ES)	×
	ES5	Este	×
	ES6	Sur	×
	ES7	Canarias	×
FI	FI1	Manner-Suomi	×
	FI2	Åland	×
FR	FR1	Île-de-France	×
	FR2	Bassin Parisien	×
	FR3	Nord - Pas-de-Calais	×
	FR4	Est	×
	FR5	Ouest	×
	FR6	Sud-Ouest	×
	FR7	Centre-Est	×
	FR8	Méditerranée	×
	FRA	Départements D'Outre-Mer	
HR	HR0	Hrvatska	×
HU	HU1	Közép-Magyarország	×
	HU2	Dunántúl	×
	HU3	Alföld És Észak	×
IE	IE0	Ireland	×
IS	IS0	Ísland	×
IT	ITC	Nord-Ovest	×
	ITF	Sud	×
	ITG	Isole	×
	ITH	Nord-Est	×
	ITI	Centro (IT)	×
LT	LT0	Lietuva	×
LU	LU0	Luxembourg	×
LV	LV0	Latvija	×
ME	ME0	Crna Gora	
MK	MK0	Poranešna Jugoslovenska Republika Makedonija	
MT	MT0	Malta	×
NL	NL1	Noord-Nederland	
	NL2	Oost-Nederland	
	NL3	West-Nederland	
	NL4	Zuid-Nederland	
NO	NO0	Norge	×
PL	PL1	Region Centralny	×
	PL2	Region Południowy	×
	PL3	Region Wschodni	×

	PL4	Region Północno-Zachodni	×
	PL5	Region Południowo-Zachodni	×
	PL6	Region Północny	×
PT	PT1	Continente	×
	PT2	Região Autónoma dos Açores	
	PT3	Região Autónoma da Madeira	
RO	RO1	Macroregiunea Unu	×
	RO2	Macroregiunea Doi	×
	RO3	Macroregiunea Trei	×
	RO4	Macroregiunea Patru	×
SE	SE1	Östra Sverige	
	SE2	Södra Sverige	
	SE3	Norra Sverige	
SI	SI0	Slovenija	×
SK	SK0	Slovensko	×
TR	TR	Türkiye	
UK	UKC	North East (England)	×
	UKD	North West (England)	×
	UKE	Yorkshire And The Humber	×
	UKF	East Midlands (England)	×
	UKG	West Midlands (England)	×
	UKH	East Of England	×
	UKI	London	×
	UKJ	South East (England)	×
	UKK	South West (England)	×
	UKL	Wales	×
	UKM	Scotland	×
	UKN	Northern Ireland	×

Lisa 2. Alternatiivsed hindamistulemused

	S-GMM		
	Üldvalim	Vana Euroopa	Uus Euroopa
L.KASV	-0,174*** (0,058)	-0,303*** (0,0959)	-0,101 (0,171)
LOHE	0,0947*** (0,0284)	-0,114* (0,0613)	0,116* (0,0569)
TASKP	0,0392** (0,0182)	0,00885 (0,0543)	0,00967 (0,0709)
D.IKAP	0,465** (0,196)	0,485*** (0,174)	0,0765 (0,553)
TASKPLOHE	-0,0151* (0,00807)	-0,0175 (0,0670)	0,000318 (0,0315)
D.IKAPLOHE	-0,0546** (0,0266)	0,0241 (0,104)	-0,0445 (0,0758)
2008-2010	-0,0116 (0,00971)	-0,0372** (0,0183)	-0,00843 (0,0340)
2011-2013	0,00423 (0,00858)	-0,0116 (0,00937)	0,0254 (0,0264)
D.SIIRE	0,0852*** (0,0282)	0,0658 (0,0556)	0,170*** (0,0527)
LOHE2003	-0,0422** (0,0188)	0,0944* (0,0529)	-0,0582* (0,0295)
Vabaliige	-0,0527** (0,0231)	0,0121 (0,0129)	-0,0442 (0,0699)
N	366	187	179
Regioonide arv	67	43	24
Instrumentide arv	108	104	108
Sargan	241,9	203,4	151
Sargan p-väärtus	$2,25 \times 10^{-14}$	$3,23 \times 10^{-10}$	$4,87 \times 10^{-5}$
Hansen	64,9	36,74	20,35
Hansen p-väärtus	0,995	1	1
AB-AR(1)	-4,028	-2,387	-3,428
AB-AR(1) p-väärtus	$5,61 \times 10^{-5}$	0,017	$6,07 \times 10^{-4}$
AB-AR(2)	0,987	0,498	1,441
AB-AR(2) p-väärtus	0,323	0,619	0,150
F	22,12	14,17	28,69
F p-väärtus	$2,03 \times 10^{-17}$	$1,64 \times 10^{-10}$	$1,22 \times 10^{-10}$

Märkused: *** – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,01; ** – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,05; * – statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,1. Koefitsientide standardvead on sulgudes. Sõltuvaks muutujaks on koguteguritootlikkuse kasv, mis on arvatud kolme aasta libiseva keskmisena. Uurimistegevuse mõõdikuna on kasutatud teadus- ja arendustegevuse osakaalu sisemajanduse koguproduktis (TASKP). Süsteemiga GMM on läbi viidud STATA-s käsu xtabond2 abil.

Allikas: (autori koostatud Eurostati andmete alusel)