

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
Majandusteaduskond  
Rahanduse ja majandusteooria instituut

Valeria Jankovskis 178924TAAB

**MAJANDUSKASVU, DIGITALISEERIMISE JA  
HARIDUSTASEME SEOS CO2 HEITKOGUSTEGA EUROOPA  
LIIDU RIIKIDES**

Bakalaureusetöö

Rakenduslik majandusteadus, majandusanalüüsi peeriala

Juhendaja: Artjom Saia, MA

Tallinn 2020

Deklareerin, et olen koostanud lõputöö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks. Töö pikkuseks on 5 750 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Valeria Jankovskis .....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 178924TAAB

Üliõpilase e-posti aadress: lera.jankovskis@gmail.com

Juhendaja: Artjom Saia, MA

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

# SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE.....	4
SISSEJUHATUS .....	5
1. TEOREETILINE RAAMISTIK.....	7
1.1 Majanduslikud teoreetilised alused .....	7
1.2 Majanduskasv.....	9
1.3 Digitaliseerimine.....	10
1.4 Haridus .....	12
1.5 Uurimisküsimus ja hüpoteesid.....	14
2. ANDMED JA METOODIKA .....	16
2.1 Uurimuse andmed.....	16
2.2 Andmete kirjeldav statistika.....	16
2.3 Uurimuse meetodika .....	19
3. ANDMETE ANALÜÜS.....	21
3.1 Regressioonanalüüsi tulemused.....	21
3.2 Järeldused ja arutelu .....	24
KOKKUVÕTE .....	28
SUMMARY.....	30
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU .....	32
LISAD .....	36
Lisa 1. Mudel 1.....	36
Lisa 2. Mudel 2.....	37
Lisa 3. Mudel 3, alternatiivne .....	37
Lisa 4. Mudel 4.....	38
Lisa 5. Mudel 5.....	39
Lisa 6. Mudel 6.....	41
Lisa 7. Mudel 7.....	42
Lisa 8. Mudel 8.....	43
Lisa 9. Mudel 9.....	44
Lisa 10. Mudel 10 .....	45
Lisa 11. Lihtlitsents.....	46

## LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on uurida, milline seos ilmub süsinikdioksiidi heitkoguste, majanduskasvu, digitaliseerimise ja haridustase vahel Euroopa Liidu riikide (sh. Suurbritannia) näitel. Töös on püstitatud kolm hüpoteesi. Esimene hüpotees: süsinikdioksiidi heitkoguste ja majanduskasvu vahel on positiivne seos. Teine hüpotees: süsinikdioksiidi heitkoguste ja digitaliseerimise vahel on negatiivne seos. Kolmas hüpotees: süsinikdioksiidi heitkoguste ja haridustase vahel on negatiivne seos. Nimetatud eesmärgi saavutamiseks ja hüpoteeside testimiseks on töös kasutatud kolme tüüpi paneelandmete mudeleid: harilikku vähimruutude meetod, fikseeritud efektidega mudel ja juhuslike efektidega mudel. Töös on kasutatud andmed 28 Euroopa Liidu riigi kohta, ajavahemikus 2008. - 2018. ning 2010. – 2018.

Andmete analüüsi tulemusena leiti, et süsinikdioksiidi heitkoguste ja majanduskasvu vahel esineb positiivne seos. Teine ja kolmas hüpotees on samuti kinnitatud. Haridus ning lairibaühendus (digitaliseerimine) on statistiliselt olulised muutujad. Saadud tulemused on kooskõlas varasemate uuringutega.

Võtmesõnad: süsinikdioksiid, majanduskasv, digitaliseerimine, haridustase.

## SISSEJUHATUS

Majanduskasvu näitaja, mis kirjeldab riigi heaolu, väljendatakse sisemajanduse kogutoodanguga. Selleks, et riigi suurus ei mõjutaks tegeliku väärtuse, kasutatakse selle näitaja elaniku kohta. Majanduskasvuga kaasneb ka süsinikdioksiidi (edaspidi CO<sub>2</sub>) heitkoguste suurenemine, mis avaldab negatiivse mõju keskkonnale ning kliimale.

Linnastumine ja kiiresti muutuv kliima pakuvad linnadele tohutuid väljakutseid igapäevaselt. See oht on kiirenenud ja jätkub seni, kuni asjad ei muutu, eriti seoses inimtekkeliste tegevustega. (Balogun, et al., 2020). Viimasel ajal on ühiskonnas üha enam tõstetud roheline energia kasutamise küsimus. Ressursside vähenemise ja reostuse suurenemise tõttu hakkasid inimesed mõtlema keskkonnale vähem kahjuliku tootmise muutmise peale.

Digitaliseerimine ehk info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (edaspidi IKT) kasutamine võimaldab lahendada neid probleeme. Selle tulemuseks on optimeeritud ressursikasutamine, vähendatud kulud, töötajate suurem tootlikkus ja töö efektiivsus, suurem lojaalsus ja rahulolu. Üks peamisi IKT kasutuselevõtu probleeme globaalses ühiskonnas on tingitud puudusest spetsialistides ehk inimkapialist, kellel on vastavad teadmised arvutivõrku ühendatud majanduses.

Kuna riigi heaolu ja vajadus kvalifitseeritud spetsialistide järele kasvab, hakkavad valitsused toetama haridust positiivse dünaamika jätkamiseks. Haridus muutub kättesaadavamaks ja paremaks, mis paraneb inimkapitali kvaliteedi. See tähendab, et riigid üritavad integreerida tehnoloogiat mõistlikumalt ja kiiremalt.

Selle töö eesmärgiks on uurida, milline seos ilmub süsinikdioksiidi heitkoguste ning majanduskasvu, digitaliseerimise ja haridustase vahel Euroopa Liidu (edaspidi EL) riikide (sh. Suurbritannia) näitel ajavahemikus 2008. - 2018. ning 2010. – 2018. Autori poolt oli valitud just sellised perioodid, kuna uurimiseks vajalikud andmed olid

kättesaadavad just nende aastate kohta. Teises ajavahemikus oli eemaldatud Suure majanduskriisi periood ehk 2008. – 2009.

Lõputöö uurimisküsimus oli püstitatud järgmiselt: kuidas mõjutavad majanduskasv, digitaliseerimine ja haridustase süsinikdioksiidi heitkogust?

Autori poolt on püstitatud järgmised hüpoteesid:

1. süsinikdioksiidi heitkoguste ja majanduskasvu vahel on positiivne seos;
2. süsinikdioksiidi heitkoguste ja digitaliseerimise vahel on negatiivne seos;
3. süsinikdioksiidi heitkoguste ja haridustaseme vahel on negatiivne seos.

Positiivne seos — ühe suuruse kasvades teine suurus samuti kasvab. Negatiivne seos — ühe suuruse kasvades teine suurus kahaneb. Antud hüpoteesid põhinevad varasemate uuringute raames saadud tulemustel.

Antud töö jaguneb kolmeks osaks. Esimene osa sisaldab ülevaadet varasemast teoreetilisest ja empiirilisest kirjandusest. Selles osas kirjeldatakse majandusteooriat, millel põhineb antud töö. Teises osas antakse ülevaade töös kasutatavatest andmetest, andmekogumis- ja analüüsimeetoditest. Kolmandas osas toimub mudeli parameetrite hindamine ja analüüs ning selle tulemuste tõlgendamine.

Teises ja kolmandas peatükis kasutatud andmed on võetud avalikest andmebaasidest Eurostat, Maailmapanga veebileht ning „Global Carbon Projekt“i veebilehelt. Andmete ettevalmistamine oli läbi viidud programmis Microsoft Excel ja empiiriline analüüs oli teostatud ökonomeetriapaketi Gretl.

# 1. TEOREETILINE RAAMISTIK

Antud peatükis kirjeldatakse töös uuritavaid tunnuseid teoreetilistest alustest lähtudes, nende mõju õhusaasteainete arvule ja antakse ülevaade varasematest empiiriliste uurimuste tulemustest.

## 1.1 Majanduslikud teoreetilised alused

Majanduskasvu ja keskkonnakvaliteedi suhe on kliimamuutuste ja globaalse soojenemise probleemide tõttu paljudes teadusvaldkondades üks vastuolulisemaid teemasid. Eriti majanduse alal on viimastel aastakümnetel selle teema kohta kiiresti kasvanud kirjandust. Paljud teadlased nõustuvad tõsiasjaga, et peaaegu kõik tänapäeval ilmnevad keskkonnaprobleemid tulenevad peamiselt kõigi inimeste tegevusest, hõlmates tarbimist, jäätmete kõrvaldamist, reisimist ja energiakasutust (Klößner & Oppedal, 2011).

Vastavalt Schwartzi (1977) normi-aktiveerimise teooria üldistamisele keskkonnamõju soodustavale käitumisele, peaks keskkonna kaitsmise käitumise oluliseks eelkäijaks olema keskkonnaprobleemide teadvustamine ja nende probleemide tajutav võimalus vähendada. Üldine probleemiteadlikkus on keskkonnasõbraliku käitumise esinemiseks oluline ja konkreetse probleemiteadlikkuse kujunemist võib pidada sellest üldisest probleemiteadlikkusest sõltuvaks. (Klandermans, 1992)

Teadlane, kes püstitas oletuse, et sissetulekute ebavõrdsus kõigepealt tõuseb ja majanduse arengu edenedes seejärel langeb, oli Simon Kuznets. Kuznetsi kõver (1955) on hüpoteesitud seos keskkonnaseisundi halvenemise erinevate näitajate ja sissetuleku elaniku kohta vahel. See tähendab, et keskkonnamõju näitaja on inimese sissetuleku ümberpööratud U-kujuline funktsioon. Vastavalt sellele hüpoteesile suureneb keskkonnaseisundi halvenemine majanduskasvu algfaasis, kuni saavutatakse sissetulekute suhtes teatav künnis või pöördepunkt, mille järel keskkonna seisundi halvenemine hakkab vähenema.

Esimesed, kes kasutasid sissetuleku ja saastatuse ümberpööratud U-kujulise seose keskkonnapoliitikas, olid Grossman ja Krueger (1991). Õhukvaliteedi ja majanduskasvu seose uurimiseks kasutasid nad 42 riigis asuvate linnapiirkondade ristlõikes kolme õhusaasteaine võrreldavaid mõõtmeid. Nad leidsid, et kahe saasteaine (vääveldioksiid ja suits) kontsentratsioonid suurenevad sisemajanduse koguproduktist (edaspidi SKP) elaniku kohta madala rahvatulu korral, kuid vähenevad SKP kasvuga kõrgema sissetuleku korral. See on seotud sellega, et ühiskonna rikkamaks saades võivad liikmed tõhustada oma nõudmisi tervislikuma ja säästvama keskkonna järele, sellisel juhul võidakse valitsus kutsuda üles kehtestama rangemaid keskkonnakontrolle.

Keskkonnasäästliku majanduskasvu saavutamiseks ja keskkonna kaitsmiseks võtavad valitsused keskkonnaalase reguleerimise poliitika rakendamiseks tavaliselt kasutusele mitmesuguseid poliitilisi vahendeid. Paratamatult mõjutavad keskkonnaregulatsiooni poliitikad otseselt ettevõtte tasandil tehtavaid tootmisotsuseid, nagu ressursside ümberjaotamine, kapitaliinvesteeringud ja innovatsioonistiimulid. (Wang, et al., 2019) Nagu Porteri hüpotees soovitab, nõuetekohaselt kavandatud keskkonnastandardid võivad käivitada uuendusi, mis võivad osaliselt või enam kui täielikult katta nende järgimisega seotud kulud. (Porter & Van der Linde, 1995)

Majandusteooria on alati olnud kasulik vahend turundusstrateegiale. Uue majandusmudelina, mis erineb neoklassitsistlikest mudelitest, eeldab endogeense kasvu teooria (edaspidi EKT), et majanduse pikaajaline kasvutempo on endogeenne või tuleneb suuresti inimlikest otsustest (Kopf, 2007). Endogeense kasvu teooria üks suund eeldab, et kapitali investeerimisel on positiivne välismõju. See lähenemisviis ulatub tagasi Romeri (1986), kes esitas endogeense kasvumudeli, mille kohaselt kapitali tagasitulek vähendab mastaabitaset üksiku ettevõtte mikromajanduslikul tasandil, kuid makromajanduslikul tasemel suureneb tulu. Kuna kogu kapitali tootlus suureneb, võib sellises majanduses täheldada positiivset püsivat kasvu elaniku kohta. Romer ei keskendunud aga puhtale füüsilisele kapitalile, vaid teadmistele kui kapitali laiemale ja üldisemale kontseptsioonile.

EKT väidab, et haridust ning teadus- ja arendustegevust subsideerivad valitsused suurendavad pikaajalist majanduskasvu tempot. Ülikoolide tegevusel on majanduskasvule tohtu suur mõju. Nad on mänginud olulist rolli viimaste aastate kõige olulisema uudsuse - Interneti - levitamisel (Rogers, 1995). Kõrghariduse olulisuse arvestamiseks on Maailmapanga hinnangul ülemaailmsed kulutused kõrgharidusele umbes 300 miljardit dollarit aastas ehk 1% maailma majanduse kogutoodangust. Teooria mõjutab strateegiat läbi oma võime seletada, ennustada ja mõista nähtusi.



EKT suudab ennustada tehnoloogia ja hariduse mõju majanduskasvule. Nii saavad ülikoolid kasutada EKT-d, et paremini mõista oma missiooni ja otsida võimalusi, kuidas tõhusa strateegia abil optimeerida nende positiivset mõju ühiskonnale. Tänapäeva ettevõtluskeskkonnas teadmiste ning uurimis- ja arenduskulude tähtsus on ilmne. Parimad ettevõtted kulutavad vähemalt kolmandiku oma investeeringutest kõrgtehnoloogia immateriaalsele varale. On selge, et ettevõtted kogevad olulisi turustiimuleid ideede ja teadmiste teisendamiseks praktilise väärtusega kaupadeks. (Kopf, 2007)

## 1.2 Majanduskasv

Globaalne majandussüsteem on radikaalselt muutunud. Tänu majanduse üleilmastumisele suurenes rahvastevaheline kaubandus järsult. Võib juhtuda, et pärast kaubandusele avamist võivad riigid rahvusvahelise konkurentsivõime saavutamiseks või säilitamiseks eelistada keskkonnaregulatsioonide lõdvemate standardite vastuvõtmist. (Asici, 2013). Kuid selle uuringu oletus ei leidnud kinnitust. Euroopa Liidu eesmärk aastates 2021. – 2030. on vähendada CO<sub>2</sub> heitkoguseid 2030. aastaks vähemalt 40 % võrreldes 1990. aasta tasemega. See võimaldab ELil liikuda kliimanetraalse majanduse poole ja täita oma Pariisi kokkuleppega (2015) võetud kohustused.

Majanduskasv ja inimeste suurenenud heaolu kogu maailmas on tulnud kiiresti kasvava loodusvarade (sealhulgas materjalide ja energia) kasutamise ja süsinikuheidete arvelt, mis on viinud loodusvarade turvalisuse vähenemise, loodusvarade hindade tõusule ja muutumisele muutuvate hindade ning kliima lähenemise survele muuta. (Schandl, et al., 2016)

Riikide majandusarengu kogemused näitavad, et energial on arengukursusel suur roll (Rosenberg, 1998). Loodusvarad jagunevad rahvaste vahel ebavõrdselt. Need sõltuvad geomorfoloogiast, reservide asukohast ja ressursside kleepimisest. (Dittrich & Bringezu, 2010). G7 riigid põhjustavad 56% kogu maailma süsinikdioksiidi heitkogustest. (Bildirici & Gökmenoğlu, 2017)

Energiasektor endiselt maailmas domineeriv fossiilkütuste tarbija ja energiaga seotud süsinikdioksiidiheidete allikas. On ilmne, et süsinikdioksiidi heitkoguste vähendamiseks peaksid riigid rakendama fossiilkütustest taastuvenergiale ülemineku poliitikat. (Bildirici & Gökmenoğlu, 2017)

Kuna planeedi elanike arv suureneb pidevalt ja samal ajal kasvab ka materjalide tarbimine, on poliitiliste otsustajate ja teadlaste tähelepanu keskendunud jäätmete tekke, ladestamise ja ringlussevõtu probleemidele. (Seacat & Northrup, 2010). Inimkonna kasv viib kaupade ja energia suurema tarbimiseni ning digitaliseerimise tehnoloogiad aitavad töödelda dramaatiliselt suurenevat hulka andmeid, mis on toodetud inimestelt ja anduritelt. (Di Silvestre, et al., 2018). Seetõttu on info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (edaspidi IKT) globaliseerunud majanduse arengu ja majanduskasvu üks olulisemaid tegureid. Üks peamisi IKT kasutuselevõtu probleeme globaalses ühiskonnas ja ettevõtetes on tingitud puudusest spetsialistides, kellel on vastavad teadmised arvutivõrku ühendatud majanduses. Väike arv IKT eksperte Euroopa riikide majanduses põhjustab madalamat innovatsioonitegevust. (Maryska, Doucek, & Kuntsova, 2012). Prognoosid näitavad, et linnastumine koos kogu maailma rahvastiku kasvuga võib 2050. aastaks linnarahvastikku lisada veel 2,5 miljardit inimest. Sel põhjusel on samuti mõistlik, et linnade süsteemide vastupidavuse suurendamiseks levib võrkude tehnoloogia veelgi. (Di Silvestre, et al., 2018)

Majanduskasv võimaldab valitsustel eraldada rohkem vahendeid elatustaseme parandamiseks. Seetõttu hakkavad suure sissetulekuga riigid keskkonnamõjule tõsisemalt mõtlema. (Kuznets, 1955). Ka napid ressursid panevad inimest otsima alternatiivseid energiaallikaid. Muidugi on nende arendamiseks vaja täiustada teadust ja üldist hariduse taset. Keskkonnateadlikud inimesed hakkavad oma mõju tõsisem hindama. Samuti võib inimeste teadlikkus tekitada suuremat huvi, mis suurendab tulevikus teaduse ja tehnoloogia valdkonna spetsialistide arvu. (Nordlund & Garvill, 2003)

### **1.3 Digitaliseerimine**

Nii nagu arutelu sissetuleku ja keskkonna suhete üle, kasvab ka arutelu info- ja kommunikatsioonitehnoloogiate mõju kohta keskkonnale. Suurenenud huvi võib õigustada sellega, et viimastel aastatel maailm on kogunud digitaalset revolutsiooni; arenenud riigid on IKT kasutuselevõtu ja kasutamise osas peaaegu jõudnud küllastuspunkti, samas kui arengumaades on levimäär endiselt madal. (Avom, et al., 2020)

Vastavalt Rachinger et al. digiteerimine on analoogandmete digitaalseteks andmekogumiteks muundamise protsess, mida kasutatakse majanduse, asutuse ja ühiskonna restruktureerimiseks süsteemitasandil. Digitaliseerimine ühendab erinevaid tehnoloogiaid (näiteks Cloud, sensorid, Big

Data, 3D-printimine, robotite programmeerimine ja palju muid) ja avab uusi võimalusi radikaalselt uute toodete loomiseks. Need uuendused võivad parandada ettevõtete vahelise koostöö vorme või suhete muutmist klientide ja töötajatega. Digitaal tehnoloogia kasutamise tulemusena on optimeeritud ressursikasutamine, vähendatud kulud, töötajate suurem tootlikkus ja töö efektiivsus, suurem lojaalsus ja rahulolu.

Selleks et parandada konkurentsivõimet ning stimuleerida mikroettevõtete ja väike ja keskmite suurusega ettevõtete (edaspidi VKE) kasvu uute toodete, protsesside ja ettevõtete arendamise kaudu, EL rakendab IKT innovatsiooni voucherid (innovation vouchers). Lisaks nad võivad suurendada nõudlust paljude uuenduslike IKT-ga seotud teenuste järele. (Sorvik & Kleibrink, 2014)

Nõudlus keskkonnastatistika järele on suuresti riiklik, piirkondlik ja rahvusvaheline. Kasutajate jaoks pole kättesaadavatest andmetest ülevaadet saada ja mõnikord pole andmetele kerge juurde pääseda. (Hass & Palm, 2012) Kasutajate täielike ja õigeaegsete andmekogumite vajaduste rahuldamiseks 2011. aastal Euroopa Parlament kiitis keskkonnaalase andmete iga-aastase aruandluse määruse. Aruandlus on kohustuslik alates 2013. aastast, andmetega alates 2008. aastast. Varasem süsteem, kus riigid teatasid härrasmeeste kokkuleppe alusel, ei olnud Euroopa statistikasüsteemi riikide andmete taastamiseks piisav.

Põhjalik teave digitaliseerimise eelistest seoses kliimamuutustega kohanemisega ei ole veel aset leidnud. Vaatamata digitaliseerimise tohututele potentsiaalidele on digitaliseerimise ja kliimamuutustega kohanemise vahelise seose tegelik dokumenteerimine endiselt napp. Juhtumianalüüsid, milles tuuakse esile digitaliseerimise roll linnade vastupidavuse suurendamisel ja jätkusuutlike linnade võimaliku tuleviku potentsiaal, on piiratud. (Balogun, et al., 2020)

Vastupidiselt paljudele skeptilistele seisukohtadele EL-i rakenduskirjanduses, mis kahtlesid jõustamismehhanismide ja suutlikkuse suurendamise meetmete tõhususes, näitas Bürgini (2020) uuring, et hiljutised edusammud digitaliseerimisel ja tehnoloogilised uuendused on parandanud EL-i tulemuslikuma rakendamise ja rakendamise jälgimise kontekstitingimusi. Digitaliseerimise tagajärjed on tuvastatud neljale peamisele sidusrühmale. Esiteks on komisjoni institutsionaalsele suutlikkusele kasulik aruandlusüsteemi reform, mis keskendub rohkem andmetele ja näitajatele kui tekstilisele teabele, ning uute andmete kogumise meetodite väljatöötamine. Teiseks said kontrollivõrgud kasu tehnilisest arengust. Kolmandaks on riikidevahelised osalised parandanud

oma rakendamissuutlikkust. Lõpuks saavad kodanikud ja valitsusvälised organisatsioonid kasu paremast juurdepääsust arusaadavatele ja võrreldavatele keskkonnaandmetele, võimaldades suurendada liikmesriikidele survet, rõhutades nõuetele mittevastavust, või hagi abil.

2013. aasta septembris käivitas Euroopa komisjon avatud haridusruumi avamise innovatsiooni ja digitaalse edendamiseks oskused koolides ja ülikoolides. Teatis keskendub kolmele põhivaldkonnale:

- võimaluste loomine organisatsioonidele, õpetajatele ja õppijatele;
  - avatud haridusressursside laialdasem kasutamine, tagades, et riikliku rahastamisega toodetud õppematerjalid on kõigile kättesaadavad;
  - parem info- ja kommunikatsioonitehnoloogia infrastruktuur ja ühenduvus koolides.
- (European Commission, 2013)

Kuna digitaliseerimine optimeerib ressursside kasutamist, riigid üritavad integreerida tehnoloogiat paljudesse igapäevaelu aspektidesse. See võimaldab paljudel tööstusharudel kiiremini kasvada ja tehnoloogiat täiustada. Teatud tehnoloogiate arendamine aitab vähendada kahjulikku mõju keskkonnale. (Rachinger, Rauter, Müller, Vorraber, & Schirg, 2019)

## 1.4 Haridus

Kõrgharidus on kõigi maailma riikide haridussüsteemi oluline komponent ning see tase peaks olema üks tõhusamaid ja nõutavamaid IKT valdkonnas. IKT-spetsialistide teadmised on olemasoleva infotehnoloogiamaailma praeguses olukorras iseloomustavad kasvavat nõudlust info- ja kommunikatsioonitehnoloogia spetsialistide erinevate rollide järele erinevates riikides. Põhilisi IKT-oskusi (programmeerimine, arendamine ja testimine) nõutakse rohkem kiiresti areneva majandusega riikides, mitte stabiilsetes ja arenenud riikides, kus nõudlus pole nii suur. (Maryska, Doucek, & Kuntsova, 2012). Kuid teised uuringud (Balogun, et al., 2020, Bürgin, 2020) näitavad, et arenenud riigid vajavad haritud inimkapitali samal määral. Just selle pärast üritavad riigid ja Euroopa Liit toetada tehnoloogia ja innovatsiooni arengut.

Üldsuse keskkonnateadlikkuse suur erinevus arenenud ja arengumaade vahel võib õhusaaste mõju kohta tuua erinevaid empiirilisi tulemusi, mis tulenevad majandusarengu ja hariduse erinevast tasemest. (Wu, et al., 2017) Keskkonnaharidust peetakse üheks hõbekuuliks keskkonnateadmiste,

teadlikkuse ja hoiakute arendamisel juba õpilaspõlves, et julgustada kodanike osalust säästva arengu nimel. (Hungerford & Volk, 1990)

Keskkonnahariduse üldtunnustatud määratlust ei eksisteeri. Thbilisi konverentsi 1978. aasta lõpparuandes kirjeldatakse keskkonnahariduse rolli kui igas vanuses ja erineva taustaga inimeste võimet assimileerida väärtusi, põhimõisteid ja praktilisi teadmisi, mis aitavad neil keskkonnaprobleeme teadvustada. Nad kohandavad oma igapäevast käitumist vastavalt ja annavad seeläbi kasuliku panuse keskkonna kaitsmise ühistesse jõupingutustesse.

Suur osa elanikkonnast õpib erinevates koolides ja kolledžites. Nende inimeste meeled on endiselt valmis õppida ja nendel on uudishimulik teada saada, mis nende ümbruses toimub ja tõenäoliselt juhtub. Neid inimesi saab motiveerida korraliku formaalse hariduse kaudu keskkonnaga seotud tegevusteks. (Tomar, 2017)

Ülikoolidel on ainulaadne ja kriitiline roll kliimamuutustega seotud probleemide lahendamisel. Kõrgharidussektor on oluline tegur keskkonnaprobleemidele lahenduste otsimisel kogu maailmas ja säästvamate eluviiside arendamisel. Oma teadusuuringute ning sidemete kaudu ettevõtluse ja tööstusega on ülikoolid positsioneeritud innovatsiooni edendamiseks kõigis eluvaldkondades - ehitus, energiavarustus, transport ja paljud teised. (Shields, 2019) Seetõttu keskenduvad Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni säästva arengu eesmärgid kõrgharidusele juurdepääsu suurendamisele ja teadusuuringute kasutamisele säästvama tehnoloogia, eriti puhtamate energiavormide tootmiseks. (United Nations General Assembly, 2015)

Uuringud hariduse mõju kohta keskkonnahoidlikule käitumisele näitasid, et haritumad inimesed käituvad keskkonnasõbralikumalt (Zhao, et al., 2014) (Huang, 2015). Kuid uuemad uuringud näitavad kas nõrk positiivne efekt (Cui, et al., 2019) või mõju puudus (Balezentis, et al., 2020). Tehniline areng mängis olulist süsinikdioksiidi heitkoguseid pärssivat rolli, samal ajal kui keskmisel sissetulekul ja haridustasemel oli väike tõukejõud. (Cui, Xia, & Hao, 2019)

Juhtudel, kus info- ja kommunikatsioonitehnoloogial on potentsiaali tõsta ettevõtte tootlikkust, sõltub kasutuselevõtt nii sisendmaterjalide (nt IKT süsteemid) maksmiseks piisavatest rahalistest ressurssidest kui ka täiendavatest ressurssidest (inimkapital) (Milgrom & Roberts, 1990).

Suurenenud tootlikkus mikromajanduslikul tasandil ei ole mitte ainult tehnoloogia arengu tulemus, vaid veelgi enam on see IKT leviku tagajärg inimkapitali tasandil (Martin, Ciofica, &

Cristescu, 2013). Pilat ja Lee (2001) näitavad, et IKT eeliste ärakasutamiseks ei pea majandus omama IKT tootmise sektorit. Ettevõttele ei piisa tehnoloogia ja personali käsutamisest, vaid peab see olema võimeline neid tehnoloogiaid kasutama, et ettevõtted saaksid IKT kasutuselevõttust kasu. Info- ja sidetehnoloogia kasutuselevõtt VKEde osas on säästva majandusarengu oluline osa. Samuti ei tohiks tähelepanuta jätta ühtegi olulist poliitikat IKT kasutuselevõtu toetamiseks, kuna on oluline, et ettevõtted saaksid omandatud teadmisi edukalt kasutada ja rakendada.

Selle põhjal võib eeldada, et riigid on huvitatud kõrgema kvalifikatsiooniga spetsialistide leidmisest. Valitsused hakkavad toetama ülikoole, et nad saaksid parandada oma hariduse kvaliteeti. Teatavate hariduspiirkondade reklaamimise tõttu kasvab ka selle valdkonna töötajate arv. (Maryska, Doucek, & Kuntsova, 2012)

## **1.5 Uurimisküsimus ja hüpoteesid**

Nagu varem oli mainitud, sõltub majanduskasvu mõju CO<sub>2</sub> heitkogustele riigi majanduse praegusest faasist. Keskkonnaseisund halveneb majanduskasvu algfaasis, kuid pöördepunktis, kus saavutatakse kõrgem sissetulek, funktsioon muudab oma suunda ja keskkonna seisundi halvenemine hakkab vähenema. Kuid majanduskasv on tihedalt seotud fossiilse kütuse kasutamisega, mis tekitab tohutult palju saastet. Napid ressursid panevad riike otsima alternatiivseid energiaallikaid. Selle põhjal saab oletada, et CO<sub>2</sub> heitkoguste ja majanduskasvu vahel on positiivne seos.

Digitaaliseerimise tulemusena on optimeeritud ressursikasutamine, vähendatud kulud, suurem tootlikkus ja töö efektiivsus. Tähendab, et tänu sellele on võimalik ressursse jaotada nii, et ülemääraseid reostusheiteid oleks vähem. Samuti digitaliseerimine aitab heitkoguste vähendamise kontrollis ning alternatiivsete energiaallikate leidmises. Selle põhjal saab oletada, et CO<sub>2</sub> heitkoguste ja digitaliseerimise vahel on negatiivne seos.

Haritud ja koolitatud IKT spetsialistid ehk inimkapital parandavad ja kiirendavad tehnoloogiaste kasutuselevõttu. Vajaliku teadmiste taseme saamiseks on vaja korraliku haridust. Varasemate uuringute põhjal võib eeldada, et kõrgem haridustase avaldab tugevat positiivset mõju keskkonnale. Kuid uuemad uuringud näitavad, et mõju CO<sub>2</sub> heitkogusele on üliväike või

ebaoluline. Erinevused võivad olla tingitud erinevate meetodite kasutamisest. Seetõttu autori poolt oli püstitatud hüpotees, et CO<sub>2</sub> heitkoguste ja haridustase vahel on negatiivne seos.

Lõputöö uurimisküsimus oli püstitatud järgmiselt: kuidas mõjutavad majanduskasv, digitaliseerimine ja haridustase süsinikdioksiidi heitkogust?

## **2. ANDMED JA METOODIKA**

### **2.1 Uurimuse andmed**

Käesolevas alapeatükis antakse ülevaade töös kasutatavatest andmetest, mis valiti riikide analüüsiks.

Käesolevas töös kasutatud andmed pärinevad erinevatest andmebaasidest. Süsinikdioksiidi territoriaalsed heitkogused megatonnides oli võetud „Global Carbon Projekt“i veebilehelt (2019). Majanduskasvu väljendab SKP, praegused hinnad isimese kohta. Andmed pärinevad Eurostatist. Haridustase näitajaks oli protsent elanikkonnast vanuses 25-64, mis omab kõrgharidust. Digitaliseerimise muutujaks oli võetud protsent majapidamistest lairibaühendusega. See on ühendus üldkasutatava elektroonilise side võrguga, mis võimaldab andmeedastust kiirusega üle 144 kbit/s.. Viimaseks muutujaks, mis ühendab haridust ja digitaliseerimist, oli IKT spetsialistide osalus riigi töäjõus. Andmed pärinevad Eurostatist.

Samuti mudelisse olid lisatud kontrollmuutujad. Esimeks oli protsent SKPst, mis valitsus kulub kõrgharidusele. Teiseks muutujaks oli riigi suurus ehk riigi elanikke arv esimesel jaanuaril antud aastal.

Arvestades, et töös uuritakse kõike Euroopa Liidu riikide mõjusid õhusaaste heitkogustele, kohaldas autor paneelandmetel põhinevat regressioonmudelit, kus sõltuva muutujana oli võetud süsinikdioksiidi territoriaalsete heitkogused megatonnides ja sõltumatuteks muutujateks olid SKP elaniku kohta, protsent elanikkonnast kõrgharidusega, IKT spetsialistide osalus riigi töäjõust, protsent majapidamistest lairibaühendusega.

### **2.2 Andmete kirjeldav statistika**

Esmalt oli läbi viidud kirjeldava statistika analüüs tarkvaras Gretl. CO<sub>2</sub> heitkogused oluliselt sõltuvad riigi suurus ning riigi tööstusettevõtete arvust. Antud seos oli kinnitatud



korrelatsioonanalüüsiga. Selle tulemusena CO2 heitkoguste ning elanikke arvu vahel on tugev positiivne seos ehk 0,95.

Statistiliselt andmetest nähtub (Tabel 1), et minimaalsed emissioonid olid 1,4 megatonni (edaspidi Mt) Maltas aastas 2016. See näitaja on oluliselt madalam, kui kõigi uuritavate riikide keskmine, mis on 131,8 Mt aastas. Suuremad saastekogused olid 853,8 Mt Saksamaal 2008. aastal. Väiksem elanike arv oli Maltal 2008. aastal ning suurem elanike arv oli Saksamaal 2018. aastal. Suuruselt teine väärtus oli ka Saksamaal 2008. aastal, mis kinnitab seost elanike arvu ja CO2 heitkoguste vahel. See tõestab ka seda, et mitmesugused keskkonna programmid toimivad, kuna Saksamaal elavate inimeste arv on suurenenud ja saaste vähenenud.

Tabel 1. Töös kasutatavate andmete kirjeldav statistika

	Minimaalne väärtus	Maksimaalne väärtus	Keskmine	Standarthälve
CO2 (megatonnid)	1,4	853,8	131,8	182,4
SKP per capita (EUR)	4 880	98 640	26 348	17 312
Majapidamised lairibaühendusega (%)	13	98	69,9	16,5
Elanikkond kõrgharidusega (%)	12,8	46,9	29,4	8,6
IKT spetsialistide osalus tööjõus (%)	1	7,2	3,4	1,3
Valitsusekulud kõrgharidusele (% SKPst)	0,2	2,1	0,9	0,4
Elanikke arv	$4,1 \times 10^5$	$8,3 \times 10^7$	$1,8 \times 10^7$	$2,3 \times 10^7$

Allikas: Autori poolt koostatud tabel

SKP elaniku kohta varieerub väga palju erinevates ELi riikides uuritava perioodi jooksul. 2008. aasta finantskriis on negatiivselt mõjutanud kõikide Euroopa Liidu riikide SKP-d. Minimaalne SKP väärtus elaniku kohta ehk 4 880 eurot oli Bulgaarias 2008. aastal. Antud riigi näitaja on kõige madalam kogu uurimisperioodi jooksul ja umbes viis korda keskmisest vähem. Suurim SKP elaniku kohta ehk 98 640 eurot oli Luksemburgis 2018. aastal. Antud riigis on kogu perioodi jooksul suuremad SKP näitajad. Huvitav on see, et Luksemburgi CO<sub>2</sub> heitkogused moodustavad keskmiselt 0,2 % kogu ELi emissioonidest.

Lairibaühendust sõltub paljudest teguritest, näiteks tehnoloogia ning investeeringute saadavusest. Minimaalse majapidamiste osakaal lairibaühendusega ehk 13 % oli Rumeenias 2008. aastal. See on üllatavalt madal näitaja, kuna 2008. aasta Euroopa Liidu keskmine väärtus oli 46 %. Maksimaalne väärtus oli Hollandis aastal 2017., kus 97 % majapidamisest omavad antud teenust. Terve uurimisperioodi keskmine on 69,9 %.

Järgmiseks näitajaks on kõrgharidust omavate inimeste osakaal kogu elanikkonnast vanuses 24 - 65. Kuna igas EL-i riigis on erinevad kõrghariduse omandamise võimalused, osakaalud on ka erinevad. Kõrgharidust omavate inimeste osakaal on väiksem 2008. aastal Rumeenias – 12,8 %. Maksimaalne määr oli 46,9 % 2018. aastal Irimaal, mis omab suurimaid osakaalud terve uurimisperioodi jooksul. Saab väita, et kõikide uuritavate riikide vahel on nähtav positiivne dünaamika, kuna kõrgharidusega inimeste arv pidevalt kasvab.

IKT spetsialistide töö olemasolu sõltub erinevatest teguritest. Seda võivad mõjutada töökohtade kättesaadavus selles tegevusvaldkonnas antud riigis, samuti nõutavate teadmistega lõpetajate koguarv ehk konkurents. Kõike väiksem IKT spetsialistide osalus riigi tööjõust ehk 1 % oli registreeritud Kreekas 2008. aastal. Maksimaalne osalus oli registreeritud Soomes 2018. aastal. IKT spetsialistid moodustavad 7,2 % kogu riigi tööjõust. Võrdluseks – kõike ELi keskmine selle aasta kohta on 3,9 %. Terve uurimisperioodi keskmine on lähedal – 3,4 %. Korrelatsioonanalüüs näitas positiivse seose kõrghariduse ja IKT spetsialistide arvu vahel. Lairibaühendus omab tugeva positiivse korrelatsiooni IKT spetsialistide arvuga. Tulemuseks oli 0,52.

Selleks, et tõsta haridustase, riigi valitsus peab piisavalt toetama ülikoole. Minimaalsete valitsuskulude määr kõrgharidusele oli 0,2 % riigi SKPst Luksemburgis 2008. aastal. Maksimaalse toetuse suurus riigi SKPst said Soome ülikoolid 2010. aastal – 2,1 %. Perioodi keskmine on 0,9%.

Korrelatsioonanalüüs näitas positiivse seose kõrghariduse ja valitsuskulude vahel, kuid see oli nõrgalt väljendatud – 0,22.

### 2.3 Uurimuse meetodika

Empiirilises analüüsis kasutatakse paneelandmeid, mis koosnevad aegridade ja ristanndmete kombinatsioonist. Võrreldes ristanndmete ja aegridadega on paneelandmete kasutamine analüüsi teostamisel asjakohasem arvestades, mis seosed ja efektid püütakse mõõta ja tuvastada antud töö raames. (Markus, 2017)

Sõltuva ning sõltumatute tunnuste vaheliste seoste välja selgitamiseks töös kasutatakse kolm ökonomeetrilist mudelit: harilikku vähimruutude meetod (OLS – Ordinary Least Squares), fikseeritud efektidega mudel ja juhuslike efektidega mudel. Mudelite sõltuvaks muutujaks on logaritmitud CO<sub>2</sub> heitkogused megatonnides. Mudeli esimene sõltumatu muutuja – SKP elaniku kohta – oli logaritmitud. Teised sõltumatud muutujad on protsent majapidamistest lairibaühendusega, protsent elanikkonnast vanuses 25-64 kõrgharidusega ning IKT spetsialistide osalus tööjõust. Mudeli kontrollmuutujad on valitsuskulud kõrgharidusele väljendatud nagu protsent SKPst ning logaritmitud elanikke arv. Töös uuritakse kaks perioodi. Iga perioodi uurimiseks olid koostatud kõik kolm mudeli tüüpi.

Mudeli kuju on järgmine:

$$l\_CO2 = \beta_0 + \beta_1 l\_GDP + \beta_2 BB + \beta_3 IKT + \beta_4 H + \beta_5 VK + \beta_6 l\_EA + u \quad (\text{valem 1})$$

kus

$l\_CO2$  – logaritmitud süsinikdioksiidi heitkogused megatonnides;

$l\_GDP$  – logaritmitud SKP elaniku kohta jooksevhindades;

BB – protsent majapidamistest lairibaühendusega;

IKT – IKT spetsialistide osalus tööjõus protsentides;

H – protsent elanikkonnast kõrgharidusega;

VK – valitsusekulud kõrgharidusele, protsent SKPst;

$l\_EA$  – logaritmitud elanikke arv;

$\beta_0$  – mudeli vabaliige;

u – juhuslik komponent ehk vealiige.

Mudeli statistilise olulisuse kontrollimiseks viiakse läbi F-test. Sisukas hüpotees on, et vähemalt ühe tunnuse kordaja on nullist erinev. Nullhüpotees tähendab, et sõltuva tunnuse keskväärtus on konstantne ( ei sõltu regressoritest ) ning võrdub mudeli vabaliikmega. (Sauga, kuupäev puudub)

Vähimruutude meetodil hinnatud mudeli jääkliikmete normaaljaotuse testimiseks kasutatakse programmis Gretl Doornik-Hanseni testi. Nullhüpoteesiks on, et jääkliikmed alluvad normaaljaotusele. Heteroskedastiivsuse testimiseks kasutatakse White'I test. Nullhüpoteesiks on heteroskedastiivsuse puudumine, vealiikmete dispersioon on konstantne. Fikseeritud efektidega mudeli ja ühendatud mudeli võrdlemiseks kasutatakse F- test. Nullhüpoteesiks on, et ühendatud mudel on parem. Juhuslike efektidega mudeli ja ühendatud mudeli võrdlemiseks kasutatakse Breusch-Pagani test. Nullhüpoteesiks on, et gruppidevaheline dispersioon on 0 ning ühendatud mudel on parem.

### 3. ANDMETE ANALÜÜS

#### 3.1 Regressioonanalüüsi tulemused

Käesolevas alapeatükis kirjeldatakse regressioonanalüüsi tulemusi, mis oli läbi viidud ökonomeetriapaketi Gretl. Esialgne tunnus CO2 heitkogused megatonnides olid väljendatud nagu protsentuaalne muutus eelmisest aastast. Kogu vaatluste arv on 306. Olulise nivooks selles töös on võetud 0,05.

Mudelite sõltuvaks muutujaks on CO2 heitkogused megatonnides. Mudeli esimene sõltumatu muutuja – SKP elaniku kohta – oli logaritmitud. Teised sõltumatud muutujad on protsent majapidamistest lairibaühendusega, protsent elanikkonnast vanuses 25-64 kõrgharidusega ning IKT spetsialistide osalus tööjõust. Mudeli kontrollmuutujad on valitsuskulud kõrgharidusele väljendatud nagu protsent SKPst ning logaritmitud elanikke arv.

Esimesena hinnati ühendatud mudelit (*pooled OLS*). F-testi olulise tõenäosus oli  $p = 6,9 \times 10^{-159}$ , mis on vähem kui 0,05. See tähendab, et mudel on statistiliselt oluline. Mudeli kirjeldusvõime on 91,8%. White'i test näitas, et heteroskedastiivsus puudub. Jääkliikmete normaaljaotuse testimine näitas, et jääkliikmed ei allu normaaljaotusele. Tulemuseks saadud regressioonmudel on esitatud lisas 1 ning mudeli põhjal koostatud matemaatiline võrrand on järgmine:

$$\begin{aligned} \text{CO2} = & -263,573 + 24,257 \text{ l\_GDP} + 0,091\text{BB} - 4,975\text{IKT} - 0,983\text{H} + 57,103\text{VK} + \\ & (63,601) (7,206) \quad (0,267) \quad (3,613) \quad (0,480) \quad (9,872) \\ & + 7,760 \times 10^{-6}\text{EA} + u \quad (\text{valem 2}) \\ & (1,436 \times 10^{-7}) \end{aligned}$$

kus

CO2 – süsinikdioksiidi heitkogused megatonnides;

GDP – logaritmitud SKP elaniku kohta jooksevhindades;

BB – protsent majapidamistest lairibaühendusega;

IKT – IKT spetsialistide osalus tööjõus protsentides;

H – protsent elanikkonnast kõrgharidusega;  
VK – valitsusekulud kõrgharidusele, protsent SKPst;  
EA – Elanikke arv;  
u – juhuslik komponent ehk vealiige.

Esiälged tunnused CO2 heitkogused megatonnides ja elanikke arv olid logaritmitud, kuna nad ei allu normaaljaotusele. Pärast oli koostatud teine ühendatud mudel. Mudel oli statistiliselt oluline, kuna F-testi olulise tõenäosus oli  $p = 5,1 \times 10^{-189}$ , mis on vähem kui 0,05. White'i test näitas, et heteroskedastiivsus puudub. Jääkliikmed alluvad normaaljaotusele, kuna testi olulise tõenäosus on suurem kui 0,05. Mudeli kirjeldusvõime on 94,8 %. Kõrgharidus ning valitsuskulud kõrgharidusele olid statistiliselt ebaolulised. Kõik teised muutujad on olulised nivool 0,05. Tulemuseks kõikide muutujatega saadud regressioonmudel on esitatud lisas 2. Ebaolulised muutujad olid eemaldatud ning mudeli üldine statistiline olulisus paranes. Alternatiivne regressioonmudel on toodud lisas 3. Kui mudelist välja jätta ainult valitsusekulud kõrgharidusele, siis muutuja protsent elanikkonnast kõrgharidusega muutub statistiliselt oluliseks nivool 0,1. Mudeli olulisus paraneb, kuid kirjeldusvõime väheneb.

Järgmisena oli hinnatud fikseeritud efektiga grupisisene mudel (*fixed effects*). F-test regressorite olulisuse testimine (*Joint test on named regressors*) näitab, et vähemalt üks regressor on statistiliselt oluline kuna olulisuse tõenäosus oli  $p = 8,75 \times 10^{-41}$ , see on väiksem kui 0,05. Grupisisene determinatsioonikordaja oli 52 %. Valitsuskulud kõrgharidusele ja IKT spetsialistide protsent tööjõust on ebaolulised muutujad. Kõik teised on olulised nivool 0,05. Selleks et võrrelda omavahel fikseeritud efekti ja ühendatud mudelit, oli kasutatud F-test (*Test for differing group intercepts*). Selle testi tulemus oli väiksem kui 0,05, mida tähendab, et parem on fikseeritud efektidega mudel. Saadud regressioonmudel on esitatud lisas 4.

Oli läbi viidud juhusliku efektiga mudeli hindamine. Waldi test (*Joint test on named regressors*) näitas, et vähemalt üks regressor on statistiliselt oluline, sest teststatistikule vastav olulisuse tõenäosus oli väiksem kui 0,05. IKT spetsialistide osalus on statistiliselt ebaoluline muutuja. Breusch-Pagani test näitas, et juhuslike efektidega mudel on parem kui ühendatud mudel. Hausmani test näitas, et hinnangud ei ole mõjusad. Mudeli üldine determinatsioonikordaja oli 91,8 %. Saadud regressioonmudel on esitatud lisas 5.

Mudelist oli eemaldatud ebaoluline muutuja ehk IKT spetsialistide osalus tööjõus. Alternatiivne regressioonimudel, mis osutus parimaks, on toodud lisas 6. Waldi test (*Joint test on named regressors*) näitas, et vähemalt üks regressor on statistiliselt oluline, sest teststatistikule vastav olulisuse tõenäosus oli  $p = 1,42 \times 10^{-95}$ , mis on väiksem kui 0,05. Mudeli üldine statistiline olulisus paranes. Üldine determinatsioonikordaja on 91,9 %. Kõik muutujad on olulised nivool 0,05. Breusch-Pagani test näitas, et juhuslike efektidega mudel on parem kui ühendatud mudel. Hausmani test näitas, et hinnangud ei ole mõjusad.

Edasine uurimisperiod oli lühendatud. Uueks ajavahemikuks on 2010. – 2018. Seega ei mõjuta majanduskriis mudeli tulemusi. Vaatluste arv on 250. Esimesena hinnati ühendatud mudelit. F-testi olulise tõenäosus oli vähem kui 0,05, mis tähendab, et mudel on statistiliselt oluline. Mudeli kirjeldusvõime on 94,6 %. Kõrgharidus, valitsuskulud kõrgharidusele ning IKT spetsialistide osalus tööjõust on statistiliselt ebaolulised muutujad. White'i test näitas, et heteroskedastiivsus puudub. Jääkliikmete alluvad normaaljaotusele. Saadud regressioonimudel on esitatud lisas 7

Järgmisena oli hinnatud fikseeritud efektiga grupisisene mudel. F-test regressorite olulisuse testimiseks (*Joint test on named regressors*) näitab, et vähemalt üks regressor on statistiliselt oluline kuna olulisuse tõenäosus oli väiksem kui 0,05. Grupisisene determinatsioonikordaja oli 40,9 %. Logaritmitud SKP elaniku kohta, valitsuskulud kõrgharidusele ning IKT spetsialistide osalus on ebaolulised muutujad. Selleks et võrrelda omavahel fikseeritud efekti ja ühendatud mudelit, oli kasutatud F-test (*Test for differing group intercepts*). Selle testi tulemus oli väiksem kui 0,05, mida tähendab, et parem on fikseeritud efektidega mudel. Saadud regressioonimudel on esitatud lisas 8.

Oli läbi viidud juhusliku efektiga mudeli hindamine. Waldi test (*Joint test on named regressors*) näitas, et vähemalt üks regressor on statistiliselt oluline, sest teststatistikule vastav olulisuse tõenäosus oli väiksem kui 0,05. Valitsuskulud kõrgharidusele ning IKT spetsialistide osalus on statistiliselt ebaolulised muutujad. Breusch-Pagani test näitas, et juhuslike efektidega mudel on parem kui ühendatud mudel. Hausmani test näitas, et hinnangud ei ole mõjusad. Mudeli üldine determinatsioonikordaja oli 91,4 %. Saadud regressioonimudel on esitatud lisas 9

Mudelist oli eemaldatud ebaolulised muutujad ehk IKT spetsialistide osalus tööjõus ning valitsuskulud kõrgharidusele. Alternatiivne regressioonimudel, mis osutus parimaks teiseks perioodiks, on toodud lisas 10. Vaatluste arv on 250. Waldi test (*Joint test on named regressors*)

näitas, et vähemalt üks regressor on statistiliselt oluline, sest teststatistikule vastav olulisuse tõenäosus oli  $p = 4,80 \times 10^{-69}$ , mis on väiksem kui 0,05. Mudeli üldine statistiline olulisus paranes. Üldine determinatsioonikordaja on 91,8 %. Kõik muutujad on olulised nivool 0,05. Breusch-Pagani test näitas, et juhuslike efektidega mudel on parem kui ühendatud mudel. Hausmani test näitas, et hinnangud ei ole mõjusad. Antud mudel osutus parimaks teise perioodi uurimiseks.

### 3.2 Järeldused ja arutelu

Paneelandmete põhjal koostatud regressioonmudelid hindasid erinevate muutujate mõju süsinikdioksiidi heitkogustele 28 Euroopa Liidu riigis kahe erineva perioodi jooksul. Esimeseks perioodiks oli 2008. – 2018. Teises ajavahemikus oli eemaldatud Suure majanduskriisi periood ehk 2008. – 2009. ning uueks uurimisperioodiks sai 2010. – 2018. Kokku oli koostatud 10 erinevat mudelit.

Esimese mudeli sõltuv muutuja – CO<sub>2</sub> heitkogused – oli väljendatud täisühikutes ehk megatonnides. Antud mudeli sõltumatud muutujad on protsent majapidamistest lairibaühendusega, protsent elanikkonnast vanuses 25-64 kõrgharidusega ning IKT spetsialistide osalus tööjõust. Mudeli kontrollmuutujad on valitsuskulud kõrgharidusele väljendatud nagu protsent SKPst ning elanikke arv. Esialged tunnused CO<sub>2</sub> heitkogused megatonnides ja elanikke arv olid logaritmitud, kuna nad ei allu normaaljaotusele. Seega kõikide järgnevate mudelite sõltuv muutuja on logaritmitud CO<sub>2</sub> heitkogused. Sõltumatud muutujad on logaritmitud SKP elaniku kohta, protsent majapidamistest lairibaühendusega, protsent elanikkonnast vanuses 25-64 kõrgharidusega ning IKT spetsialistide osalus tööjõust. Kõikide mudeli kontrollmuutujad on valitsuskulud kõrgharidusele väljendatud nagu protsent SKPst ning logaritmitud elanikke arv.

Töö eesmärgi, milleks on välja selgitada valitud tegurite mõju CO<sub>2</sub> heitkogustele, täitmiseks püstitati kolm hüpoteesi, millidest kõik said parimate mudelite põhjal kinnitust. Parimaks mudeliks ajavahemikus 2008. – 2018. osutus juhuslike efektidega mudel, kus sõltuvaks muutujaks oli logaritmitud süsinikdioksiidi heitkogused megatonnides.



Esimese perioodi parima mudeli matemaatiline võrrand on toodud allpool:

$$\begin{aligned} l\_CO2 = & -10,271 + 0,218 l\_GDP - 0,003BB - 0,017H - 0,105VK + \\ & (0,962) \quad (0,051) \quad (0,001) \quad (0,003) \quad (0,043) \\ & + 0,812 l\_EA + u \quad (\text{valem 3}) \quad R^2 = 91,9 \% \quad n = 306 \\ & (0,052) \end{aligned}$$

kus

$l\_CO2$  – logaritmitud süsinikdioksiidi heitkogused megatonnides;

$l\_GDP$  – logaritmitud SKP elaniku kohta jooksevhindades;

BB – protsent majapidamistest lairibaühendusega;

H – protsent elanikkonnast kõrgharidusega;

VK – valitsusekulud kõrgharidusele, protsent SKPst;

$l\_EA$  – logaritmitud elanikke arv;

u – juhuslik komponent ehk vealiige.

Antud mudeli põhjal saab öelda, et majanduskasvu ning süsinikdioksiidi heitkoguste vahel on positiivne seos. Majanduskasv oli väljendatud mudelis logaritmitud SKPga elaniku kohta. Selle mudeli kohaselt suureneb CO2 heitkogustest protsendiline kasv 0,218 protsendipunkti võrra, kui suurendada SKP elaniku kohta ühe protsendipunkti võrra. Seega on esimene püstitatud hüpotees kinnitust saanud. Antud tulemus on kooskõlas varasemate uuringutega selles valdkonnas.

Järgmiseks osaks oli teada saada, millise seos ilmub digitaliseerimise ning CO2 heitkoguste vahel. Digitaliseerimise muutujad mudelis olid protsent majapidamistest lairibaühendusega ning IKT spetsialistide protsent kogu tööjõust. Parima mudeli korral IKT spetsialistide osalus tööjõus oli testitud statistiliselt ebaoluliseks muutujaks ning mudelist eemaldatud. Kuid lairibaühenduse saadavus näitas negatiivse seose CO2 heitkogustega. Selle mudeli kohaselt väheneb CO2 heitkogustest protsendiline kasv 0,003 protsendipunkti võrra, kui suurendada lairibaühenduse saadavust ühe protsendipunkti võrra. Sellest tulenevalt leiab kinnitust ka teine töös püstitatud hüpotees.

Viimaseks sammuks oli leida seos haridustaseme ning CO2 heitkoguste vahel. Haridustaseme näitajana oli valitud protsent elanikkonnast vanuses 25 – 64, mis omab kõrgharidust. Parimas

modelis antud näitaja on statistiliselt oluline – väheneb logaritmi CO<sub>2</sub> heitkogustest protsendiline kasv 0,017 protsendipunkti võrra, kui suurendada kõrgharidusega inimeste arv elanikkonnast ühe protsendipunkti võrra. Seega on ka kolmas püstitatud hüpotees kinnitust saanud.

Sama mudeli põhjal saab öelda, et valitsuskulud kõrgharidusele mõjutavad CO<sub>2</sub> heitkogust. Kui suurendada kulud ühe protsendi võrra, siis CO<sub>2</sub> heitkogused vähenevad 0,105 protsendipunkti võrra. Riigi elanikke arvu ning CO<sub>2</sub> heitkoguste vahel on tugev positiivne seos, mis oli nähtav ka korrelatsioonanalüüsil.

Teisest uurimisperioodist oli eemaldatud Suure majanduskriisi periood ehk 2008. – 2009. ning uueks ajavahemikuks sai 2010. – 2018. Saadud parima mudeli kuju on järgmine:

$$l\_CO_2 = -10,350 + 0,164 l\_GDP - 0,003BB - 0,015H + 0,840 l\_EA + u \quad (\text{valem 4})$$

(1,039)
(0,064)
(0,001)
(0,003)
(0,055)

$$R^2 = 91,8 \% \quad n = 250$$

kus

$l\_CO_2$  – logaritmitud süsinikdioksiidi heitkogused megatonnides;

$l\_GDP$  – logaritmitud SKP elaniku kohta jooksevhindades;

BB – protsent majapidamistest lairibaühendusega;

H – protsent elanikkonnast kõrgharidusega;

$l\_EA$  – logaritmitud elanikke arv;

u – juhuslik komponent ehk vealiige.

Antud mudeli põhjal saab öelda, et majanduskasvu ning süsinikdioksiidi heitkoguste vahel on positiivne seos. Majanduskasv oli väljendatud modelis logaritmitud SKPga elaniku kohta. Selle mudeli kohaselt suureneb logaritmi CO<sub>2</sub> heitkogustest protsendiline kasv 0,164 protsendipunkti võrra, kui suurendada SKP elaniku kohta ühe protsendipunkti võrra. Seega on esimene püstitatud hüpotees kinnitust saanud.

Seos ilmub ka digitaliseerimise ning CO<sub>2</sub> heitkoguste vahel. Digitaliseerimise muutujad modelis olid protsent majapidamistest lairibaühendusega ning IKT spetsialistide protsent kogu tööjõust. Parima mudeli korral IKT spetsialistide osalus tööjõus oli testitud statistiliselt ebaoluliseks muutujaks ning mudelist eemaldatud. Lairibaühenduse saadavus näitas negatiivse seose CO<sub>2</sub> heitkogustega. Selle mudeli kohaselt väheneb CO<sub>2</sub> heitkogustest protsendiline kasv 0,003

protsendipunkti võrra, kui suurendada lairibaühenduse saadavust ühe protsendipunkti võrra. Sellest tulenevalt leiab kinnitust ka teine töös püstitatud hüpotees.

Viimaseks sammuks oli kinnitada negatiivse seose haridustase ning CO<sub>2</sub> heitkoguste vahel. Haridustase näitajana oli valitud protsent elanikkonnast vanuses 25 – 64, mis omab kõrgharidust. Antud mudeli korral väheneb logaritm CO<sub>2</sub> heitkogustest protsendiline kasv 0,015 protsendipunkti võrra, kui suurendada kõrgharidusega inimeste arv elanikkonnast ühe protsendipunkti võrra. Seega on ka kolmas püstitatud hüpotees kinnitust saanud. Parima mudeli korral kontrollmuutuja valitsuskulud kõrgharidusele oli testitud ebaoluliseks ning mudelist eemaldatud. Riigi elanikke arvu ning CO<sub>2</sub> heitkoguste vahel on tugev positiivne seos.

Antud töös tehtud regressioonanalüüsi tulemustest saab väita, et majanduskasv, digitaliseerimine ja haridustase mõjutavad CO<sub>2</sub> heitkogust. Analüüsimiseks olid kasutatud nii erinevad mudelite tüübid, kui ka erinevad ajavahemikud. Kui võrrelda kahe mudeli struktuuri, on näha, et koefitsient SKP suhtes teises perioodis on muutunud väiksemaks. Ühiskonna rikkamaks saades liikmed tõhustavad oma nõudmisi tervislikuma ja säästvama keskkonna järele. Antud tulemus on kooskõlas Kuznetsi hüpoteesiga. Haridus ning lairibaühendus on statistiliselt olulised mõlemate mudelite puhul, mis vastab endogeense kasvu teooriale. EKT väidab, et haridust ning teadus- ja arendustegevust subsideerivad valitsused suurendavad pikaajalist majanduskasvu tempot, mis omakorda suureneb nõudlust puhta keskkonna järele.

Kokkuvõttes saab öelda, et töö eesmärk on saavutanud. Töös on tuvastatud seosed valitud tegurite ning CO<sub>2</sub> heitkoguste vahel. Tulemuste põhjal võib oletada, et riigid lähenevad pöördepunktile, mille järel keskkonna seisundi halvenemine hakkab vähenema.

## KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada majanduskasvu, digitaliseerimise ja haridustase mõju CO<sub>2</sub> heitkogustele, Euroopa Liidu riikides ajavahemikus 2008. – 2018. ning 2010. – 2018. Autori poolt oli valitud just sellised perioodid, kuna uurimiseks vajalikud andmed olid kättesaadavad just nende aastade kohta. Teises ajavahemikus oli eemaldatud Suure majanduskriisi periood ehk 2008. – 2009.

Eelneva teoreetilise ning empiirilise kirjanduse alusel püstitas autor kolm hüpoteesi:

1. süsinikdioksiidi heitkoguste ja majanduskasvu vahel on positiivne seos;
2. süsinikdioksiidi heitkoguste ja digitaliseerimise vahel on negatiivne seos;
3. süsinikdioksiidi heitkoguste ja haridustase vahel on negatiivne seos.

Lõputöö uurimisküsimus oli püstitatud järgmiselt: kuidas mõjutavad majanduskasv, digitaliseerimine ja haridustase süsinikdioksiidi heitkogust?

Töö esimeses osas autor esitas majandusteooriate ning teadusliku kirjanduse ülevaadet. Vastavalt Kuznetzi kõvera hüpoteesile suureneb keskkonnaseisundi halvenemine majanduskasvu algfaasis, kuni saavutatakse sissetulekute suhtes teatav pöördepunkt, mille järel keskkonna seisundi halvenemine hakkab vähenema, kuna suurema sissetulekuga inimesed hakkavad keskkonnamõjule tõsisemalt mõtlema. Nii nagu arutelu sissetuleku ja keskkonna suhete üle, kasvab ka arutelu info- ja kommunikatsioonitehnoloogiate mõju kohta keskkonnale. Digitaaltehnoloogia kasutamise tulemusena on optimeeritud ressursikasutamine, vähendatud kulud, töötajate suurem tootlikkus ja töö efektiivsus. IKT kasutuselevõtt sõltub nii sisendmaterjalide maksmiseks piisavatest rahalistest ressurssidest kui ka täiendavatest ressurssidest (inimkapital). Selle põhjal võib eeldada, et riigid on huvitatud kõrgema kvalifikatsiooniga spetsialistide leidmisest ning valitsused hakkavad rohkem toetama ülikoole.

Teises peatükis olid kirjeldatud töös kasutatavad andmed, nende kogumis- ja analüüsimetodite valiku põhjendus. Samuti kirjeldav statistika näitab erinevusi Euroopa Liidu riikide vahel valitud muutujate põhjal.

Kolmandas peatükis püstitatakse hinnatavaid mudeleid, viiakse läbi empiirilist analüüsi ja tõlgendatakse regressiooni tulemusi. Kokku oli koostatud 10 erinevat mudelit. Autori poolest olid valitud kaks parimat mudelit, kus iga mudel vastab oma uurimisperiodile.

Andmeanalüüsi tulemuste põhjal saab väita, et süsinikdioksiidi heitkoguste ja majanduskasvu vahel esineb positiivne seos ja esimene hüpotees kehtib. Kahe parimate mudelite võrdlemisel on näha, et ühiskonna rikkamaks saades liikmed tõhustavad oma nõudmisi tervislikuma ja säästvama keskkonna järele. Antud tulemus on kooskõlas Kuznetsi hüpoteesiga. Võib oletada, et Euroopa Liidu riigid liiguvad pöördepunkti suunas, mille järel keskkonna seisundi halvenemine hakkab vähenema. Teine ja kolmas hüpotees on samuti kinnitatud. Haridus ning lairibaühendus on statistiliselt olulised mõlemate mudelite puhul, mis vastab endogeense kasvu teooriale. EKT väidab, et haridust ning teadus- ja arendustegevust subsideerivad valitsused suurendavad pikaajalist majanduskasvu tempot, mis omakorda suureneb nõudlust puhta keskkonna järele.

Autori poolt püstitatud eesmärk on täidetud. Vastus uurimisküsimusele on saadud. Järgnevates uuringutes on võimalik lisada rohkem tunnuseid või kasutada muid kontrolltunnusi.

## **SUMMARY**

### **THE RELATION BETWEEN CO2 EMISSIONS AND ECONOMIC GROWTH, DIGITALIZATION AND LEVEL OF EDUCATION IN EUROPEAN UNION.**

Valeria Jankovskis

The economic growth indicator, which shows a country's well-being, is expressed as a gross domestic product. This indicator is used per capita so that the size of the country does not affect the actual value. Economic growth is also accompanied by an increase in CO2 emissions, which has a negative impact on the environment and the climate. Due to dwindling resources and increasing pollution, people began to think about making production less harmful to the environment. Digitization, ie the use of information and communication technology, makes it possible to solve these problems. As a result, resource use is optimized, costs are reduced, employees are more productive and work efficiently, and loyalty and satisfaction are increased. One of the main problems of ICT adoption in the global society is due to the lack of specialists, ie human capitalists, who have the relevant knowledge in the computer-connected economy. As the country's prosperity and need for skilled professionals increase, governments will support education to continue the positive dynamics. Education is becoming more accessible and better, which is improving the quality of human capital. This means that countries are trying to integrate technology more sensibly and faster.

The aim of this work was to find out the impact of economic growth, digitalization, and the level of education on CO2 emissions in the European Union countries in the period 2008-2018 and 2010-2018. In the second period, the period of the Great Economic Crisis, ie 2008-2009, was removed. Based on the previous theoretical and empirical literature, the author put forward three hypotheses:

1. there is a positive relation between CO2 emissions and economic growth;
2. there is a negative relation between CO2 emissions and digitalization;
3. There is a negative relation between CO2 emissions and level of education.

The research question for this work was posed as follows: how do economic growth, digitalization and educational attainment affect CO<sub>2</sub> emissions?

In the first part of the work, the author presented an overview of economic theories and scientific literature. According to the Kuznets curve hypothesis, environmental pollution increases in the early stages of economic growth until a certain turning point in income is reached, after which environmental pollution begins to decrease as people with higher incomes begin to think more seriously about the environmental impact. Just as the debate on the relationship between income and the environment is growing, so is the debate on the impact of information and communication technologies on the environment. The use of digital technology has resulted in optimized resource use, reduced costs, higher employee productivity, and work efficiency. The uptake of ICT depends on both sufficient financial resources to pay for input materials and additional resources (human capital). On this basis, it can be assumed that countries are interested in finding more highly qualified specialists and that governments will increase their support for universities.

The second chapter described the data used in the work, the choice of their collection, and analysis methods. Descriptive statistics also show differences between EU countries on the basis of selected variables. In the third chapter, the models are described and set up, empirical analysis is performed and the regression results are interpreted. A total of 10 different models were analysed. In the author's opinion, the two best models were selected, where each model corresponds to its own research period.

Based on the results of the data analysis, it can be stated that there is a positive relationship between CO<sub>2</sub> emissions and economic growth and the first hypothesis is valid. A comparison of the two best models shows that as society becomes richer, members enhance their demands for a healthier and more sustainable environment. This result is in line with the Kuznets hypothesis. It can be assumed that the countries of the European Union have reached a turning point, after which the deterioration of the pollution of the environment will be decreasing. The second and third hypotheses are also confirmed. Education and broadband connection are statistically significant for both models, which is consistent with the theory of endogenous growth.

The goal set by the author has been fulfilled. The answer to the research question has been received. In subsequent studies, it is possible to add more variables or use other control variables.

## KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

- Asici, A. (2013). Economic growth and its impact on environment: a panel data analysis. *Ecological Indicators*, 24, 324-333.
- Avom, D., Nkengfack, H., Fotio, H., & Totouom, A. (2020). ICT and environmental quality in Sub-Saharan Africa: effects and transmission channels. *Technological forecasting & social change*, 155.
- Bürgin, A. (2020). Compliance with European Union environmental law: an analysis of digitalization effects on institutional capacities. *Environmental policy and governance*, 30, 46-56.
- Balezentis, T., Liobikiene, G., Streimikiene, D., & Sun, K. (2020). The impact of income inequality on consumption-based greenhouse gas emissions at the global level: a partially linear approach. *Journal of environmental management*, 267.
- Balogun, A., Marks, D., Sharma, R., Shekhar, H., Balmes, C., Maheng, D., Salehi, P. (2020). Assessing the potentials of digitalization as a tool for climate change adaptation and sustainable development in urban centres. *Sustainable cities and society*.
- Bildirici, M., & Gökmenoğlu, S. (2017). Environmental pollution, hydropower energy consumption and economic growth: evidence from G7 countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 68-85.
- Cui, P., Xia, S., & Hao, L. (2019). Do different sizes of urban population matter differently to CO<sub>2</sub> emission in different regions? Evidence from electricity consumption behavior of urban residents in China. *Journal of cleaner production*, 240.
- Di Silvestre, M. L., Favuzza, S., Sanseverino, E. R., & Zizzo, G. (2018). How decarbonization, digitalization and decentralization are changing key power infrastructures. *Renewable and sustainable energy reviews*, 93, 483-498.
- Dittrich, M., & Bringezu, S. (2010). The physical dimension of international trade. *Ecological Economics*, 69, 1838-1847.
- Euroopa Komisjoni statistikaamet. (2020). *Employed ICT specialists - total*. Eurostat.
- Euroopa Komisjoni statistikaamet. (2020). *General government expenditure by function*. Eurostat.
- Euroopa Komisjoni statistikaamet. (2020). *Households with broadband access*. Eurostat.
- Euroopa Komisjoni statistikaamet. (2020). *Main GDP aggregates per capita*. Eurostat.



- Euroopa komisjoni statistikaamet. (2020). *Population by educational attainment level, sex and age (%) - main indicators*. Eurostat.
- European Commission. (2013). *Opening up education: innovative teaching and learning for all through new technologies and open educational resources*. Brussels: European Commission.
- European Parliament. (2011, July 6). Regulation (eu) no 691/2011 of the european parliament and of the council. *Official Journal of the European Union*.
- Global carbon project atlas. (2019). *CO2 emissions*.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement*. National Bureau of economic research. Cambridge: National Bureau of economic research.
- Hass, J., & Palm, V. (2012). *Using the right environmental indicators: tracking progress, raising awareness and supporting analysis*. Norden.
- Huang, W.-H. (2015). The determinants of household electricity consumption in Taiwan: evidence from quantile regression. *Energy*, 87, 120-133.
- Hungerford, H., & Volk, T. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 21, 8-21.
- Jebli, M. B., Youssef, S. B., & Ozturk, I. (2016). Testing environmental Kuznets curve hypothesis: the role of renewable and non-renewable energy consumption and trade in OECD countries. *Ecological indicators*, 60, 824-831.
- Klöckner, C., & Oppedal, I. (2011). General vs. domain specific recycling behaviour—applying a multilevel comprehensive action determination model to recycling in norwegian student homes. *Resources, conservation and recycling*, 55, 463-471.
- Klandermans, B. (1992). Persuasive communication: Measures to overcome real-life social dilemmas. *Social dilemmas: Theoretical issues and research findings*, 307-318.
- Kopf, D. A. (2007). Endogenous growth theory applied: strategies for university R&D. *Journal of Business Research*, 60, 975-978.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45.
- Markus, J. (2017). *Maksude ja madanduskasvu vahelised seosed Euroopa Liidu riikides*. Tallinn.
- Martin, F., Ciovea, L., & Cristescu, M. (2013). Implication of human capital in the development of SMEs through the ICT adoption. *Procedia economics and finance*, 6, 748-753.

- Maryska, M., Doucek, P., & Kuntsova, R. (2012). The importance of ICT sector and ICT university education for the economic development. *Procedia - Social and behavioral sciences*, 55, 1060-1068.
- Milgrom, P., & Roberts, J. (1990). The economics of modern manufacturing: technology, strategy, and organization. *The American economic review*, 80, 511-528.
- Nordlund, A. M., & Garvill, J. (2003). Effects of values, problem awareness, and personal norm on willingness to reduce personal car use. *Journal of environmental psychology*, 23, 339-347.
- Pilat, D., & Lee, F. (2001). *Productivity growth in ICT producing and ICT-using industries: a source of growth differentials in the OECD?* Paris: OECD.
- Porter, M. E., & Van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of economic perspectives*, 9, 97-118.
- Rachinger, M., Rauter, R., Müller, C., Vorraber, W., & Schirg, E. (2019). Digitalization and its influence on business model innovation. *Journal of manufacturing technology management*, 30, 1143-1160.
- Rogers, E. M. (1995). Diffusion of innovation. *The free press*.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *The journal of political economy*, 94, 1002-1037.
- Rosenberg, N. (1998). The role of electricity in industrial development. *Energy journal*, 19, 7-24.
- Sauga, A. (kuupäev puudub). Interaktiivsed demod statistikas ja ökonomeetrias. Allikas: Ako Sauga koduleht: <https://www.sauga.pri.ee>
- Schandl, H., Hatfield-Dodds, S., Wiedmann, T., Geschke, A., Cai, Y., West, J., Owen, A. (2016). Decoupling global environmental pressure and economic growth: scenarios for energy use, materials use and carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*, 132, 45-56.
- Schwartz, S. H. (1977). Normative Influences on Altruism. *Advances in Experimental Social Psychology*, 10, 221-279.
- Seacat, J., & Northrup, D. (2010). An information–motivation–behavioral skills assessment of curbsiderecycling behavior. *Journal of environmental psychology*, 30(4), 393-401.
- Shields, R. (2019). The sustainability of international higher education: student mobility and global climate change. *Journal of cleaner production*, 594-602.
- Sorvik, J. O., & Kleibrink, A. (2014). *The digital agenda toolbox*. Publications office of the European union.
- Statistikaamet. (2013). *Eesti statistika aastaraamat 2013*. Tallinn: Statistikaamet.

- Tomar, C. (2017). Environmental awareness through education. *International journal of engineering and management research*, 7(Issue 3), 752-757.
- United Nations. (2015). *Paris Agreement*. Paris.
- United Nations Environment Programme . (1978). *Intergovernmental Conference on Environmental Education*. Tbilisi: UNESCO.
- United Nations General Assembly. (2015). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development* . United Nations.
- Wang, Y., Sun, X., & Guo, X. (2019). Environmental regulation and green productivity growth: empiricalevidence on the Porter Hypothesis from OECD industrial sectors. *Energy Policy*, 132, 611-619.
- Wu, X., Chen, Y., Guo, J., Wang, G., & Gong, Y. (2017). Spatial concentration, impact factors and preventioncontrol measures of PM2.5 pollution in China. *Nat Hazards*, 86, 393-410.
- Zhao, H.-H., Gao, Q., Wu, Y.-p., & Zhu, X.-d. (2014). What affects green consumer behavior in China? A case study from Qingdao. *Journal of cleaner production*, 63, 143-151.

# LISAD

## Lisa 1. Model 1

Model OLS: Pooled OLS, using 306 observations  
Included 28 cross-sectional units  
Time-series length: minimum 10, maximum 11  
Dependent variable: CO2

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	-263.573	63.6013	-4.144	<0.0001	***
l_GDP	24.2571	7.20583	3.366	0.0009	***
H	-0.983081	0.479521	-2.050	0.0412	**
VK	57.1027	9.87160	5.785	<0.0001	***
BB	0.0908222	0.267041	0.3401	0.7340	
IKT	-4.97503	3.61325	-1.377	0.1696	
EA	7.67003e-06	1.43558e-07	53.43	<0.0001	***

Mean dependent var	130.8321	S.D. dependent var	181.6681
Sum squared resid	828485.3	S.E. of regression	52.63890
R-squared	0.917695	Adjusted R-squared	0.916043
F(6, 299)	555.6364	P-value(F)	6.9e-159
Log-likelihood	-1643.472	Akaike criterion	3300.944
Schwarz criterion	3327.009	Hannan-Quinn	3311.368
rho	0.968959	Durbin-Watson	0.052883

White's test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: heteroskedasticity not present

Test statistic: LM = 259.083

with p-value =  $P(\text{Chi-square}(27) > 259.083) = 9.04882e-40$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic: Chi-square(2) = 78.8384

with p-value =  $7.59378e-18$

## Lisa 2. Mudel 2

Model OLS: Pooled OLS, using 306 observations

Included 28 cross-sectional units

Time-series length: minimum 10, maximum 11

Dependent variable: l\_CO2\_Mt

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	-14.3243	0.424185	-33.77	<0.0001	***
l_GDP	0.321123	0.0436466	7.357	<0.0001	***
l_EA	0.966457	0.0136638	70.73	<0.0001	***
H	0.00444137	0.00296356	1.499	0.1350	
VK	0.0667228	0.0593822	1.124	0.2621	
BB	-0.00777957	0.00163035	-4.772	<0.0001	***
IKT	0.0435986	0.0220882	1.974	0.0493	**

Mean dependent var	4.006923	S.D. dependent var	1.404145
Sum squared resid	31.10358	S.E. of regression	0.322530
R-squared	0.948277	Adjusted R-squared	0.947239
F(6, 299)	913.6260	P-value(F)	5.1e-189
Log-likelihood	-84.39707	Akaike criterion	182.7941
Schwarz criterion	208.8592	Hannan-Quinn	193.2185
rho	0.996581	Durbin-Watson	0.056035

White's test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: heteroskedasticity not present

Test statistic: LM = 135.027

with p-value =  $P(\text{Chi-square}(27) > 135.027) = 2.51642\text{e-}16$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic: Chi-square(2) = 0.127977

with p-value = 0.938016

### Lisa 3. Mudel 3, alternatiivne

Model OLS: Pooled OLS, using 306 observations

Included 28 cross-sectional units

Time-series length: minimum 10, maximum 11

Dependent variable: l\_CO2\_Mt

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	-14.1877	0.380000	-37.34	<0.0001	***
l_GDP	0.327823	0.0384812	8.519	<0.0001	***
l_EA	0.960096	0.0133488	71.92	<0.0001	***
BB	-0.00702469	0.00155438	-4.519	<0.0001	***
IKT	0.0548710	0.0205465	2.671	0.0080	***

Mean dependent var	4.006923	S.D. dependent var	1.404145
Sum squared resid	31.57167	S.E. of regression	0.323866
R-squared	0.947498	Adjusted R-squared	0.946801
F(4, 301)	1358.036	P-value(F)	3.5e-191
Log-likelihood	-86.68248	Akaike criterion	183.3650
Schwarz criterion	201.9829	Hannan-Quinn	190.8109
rho	0.997898	Durbin-Watson	0.053717

White's test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: heteroskedasticity not present

Test statistic: LM = 75.6316

with p-value =  $P(\text{Chi-square}(14) > 75.6316) = 1.81195e-10$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic: Chi-square(2) = 0.413286

with p-value = 0.81331

## Lisa 4. Model 4

Model FE: Fixed-effects, using 306 observations

Included 28 cross-sectional units

Time-series length: minimum 10, maximum 11

Dependent variable: l\_CO2\_Mt

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	17.0851	2.84058	6.015	<0.0001	***
l_GDP	0.152204	0.0474722	3.206	0.0015	***
l_EA	-0.888274	0.176905	-5.021	<0.0001	***
H	-0.00766305	0.00252433	-3.036	0.0026	***
VK	-0.0266510	0.0390773	-0.6820	0.4958	
BB	-0.00371752	0.000559725	-6.642	<0.0001	***
IKT	0.00126696	0.00947706	0.1337	0.8937	

Mean dependent var	4.006923	S.D. dependent var	1.404145
Sum squared resid	1.250965	S.E. of regression	0.067817
LSDV R-squared	0.997920	Within R-squared	0.520990
LSDV F(33, 272)	3953.932	P-value(F)	0.000000
Log-likelihood	407.2543	Akaike criterion	-746.5086
Schwarz criterion	-619.9067	Hannan-Quinn	-695.8761
rho	0.568812	Durbin-Watson	0.760650

Joint test on named regressors -

Test statistic:  $F(6, 272) = 49.3063$

with p-value =  $P(F(6, 272) > 49.3063) = 8.74769e-41$

Test for differing group intercepts -

Null hypothesis: The groups have a common intercept

Test statistic:  $F(27, 272) = 240.404$

with p-value =  $P(F(27, 272) > 240.404) = 4.77846e-173$

## Lisa 5. Mudel 5

Model RE: Random-effects (GLS), using 306 observations

Included 28 cross-sectional units

Time-series length: minimum 10, maximum 11

Dependent variable: l\_CO2\_Mt

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	-10.2301	0.973157	-10.51	<0.0001	***
l_GDP	0.220091	0.0515965	4.266	<0.0001	***
l_EA	0.809324	0.0529319	15.29	<0.0001	***
H	-0.0163123	0.00266166	-6.129	<0.0001	***
VK	-0.106492	0.0429208	-2.481	0.0131	**
BB	-0.00287397	0.000629580	-4.565	<0.0001	***
IKT	-0.00537034	0.0109039	-0.4925	0.6224	

Mean dependent var	4.006923	S.D. dependent var	1.404145
Sum squared resid	57.08767	S.E. of regression	0.436225
Log-likelihood	-177.3086	Akaike criterion	368.6173
Schwarz criterion	394.6824	Hannan-Quinn	379.0416
rho	0.568812	Durbin-Watson	0.760650

Between' variance = 0.123875

'Within' variance = 0.00459914

mean theta = 0.9418

Joint test on named regressors -

Asymptotic test statistic: Chi-square(6) = 444.137

with p-value = 8.96884e-93

Breusch-Pagan test -

Null hypothesis: Variance of the unit-specific error = 0

Asymptotic test statistic: Chi-square(1) = 1213.45

with p-value = 7.29837e-266

Hausman test -

Null hypothesis: GLS estimates are consistent

Asymptotic test statistic: Chi-square(6) = 117.973

with p-value = 4.34232e-23



## Lisa 6. Model 6

Model RE: Random-effects (GLS), using 306 observations

Included 28 cross-sectional units

Time-series length: minimum 10, maximum 11

Dependent variable: l\_CO2\_Mt

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	-10.2705	0.961946	-10.68	<0.0001	***
l_GDP_per_capita	0.218341	0.0512085	4.264	<0.0001	***
l_Population	0.812382	0.0522224	15.56	<0.0001	***
Education	-0.0165829	0.00259965	-6.379	<0.0001	***
Expences	-0.104527	0.0427777	-2.443	0.0145	**
Broadband	-0.00291205	0.000625982	-4.652	<0.0001	***

Mean dependent var	4.006923	S.D. dependent var	1.404145
Sum squared resid	56.43162	S.E. of regression	0.432990
Log-likelihood	-175.5402	Akaike criterion	363.0804
Schwarz criterion	385.4219	Hannan-Quinn	372.0156
rho	0.569082	Durbin-Watson	0.760035

'Between' variance = 0.119843

'Within' variance = 0.00458259

mean theta = 0.940938

Joint test on named regressors -

Asymptotic test statistic: Chi-square(5) = 452.496

with p-value = 1.42155e-95

Breusch-Pagan test -

Null hypothesis: Variance of the unit-specific error = 0

Asymptotic test statistic: Chi-square(1) = 1238.67

with p-value = 2.40397e-271

Hausman test -

Null hypothesis: GLS estimates are consistent

Asymptotic test statistic: Chi-square(5) = 118.218

with p-value = 7.48432e-24

## Lisa 7. Mudel 7

Model OLS: Pooled OLS, using 250 observations  
 Included 28 cross-sectional units  
 Time-series length: minimum 8, maximum 9  
 Dependent variable: l\_CO2

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	-14.1479	0.498634	-28.37	<0.0001	***
l_GDP	0.292738	0.0528527	5.539	<0.0001	***
H	0.00421118	0.00333245	1.264	0.2076	
VK	0.0829011	0.0675832	1.227	0.2211	
BB	-0.00739321	0.00244820	-3.020	0.0028	***
IKT	0.0437176	0.0278255	1.571	0.1175	
l_EA	0.970739	0.0155189	62.55	<0.0001	***
Mean dependent var	3.984759	S.D. dependent var	1.405023		
Sum squared resid	26.32508	S.E. of regression	0.329141		
R-squared	0.946445	Adjusted R-squared	0.945122		
F(6, 243)	715.7264	P-value(F)	2.4e-151		
Log-likelihood	-73.36726	Akaike criterion	160.7345		
Schwarz criterion	185.3847	Hannan-Quinn	170.6555		
rho	0.996600	Durbin-Watson	0.054268		

White's test for heteroskedasticity -  
 Null hypothesis: heteroskedasticity not present  
 Test statistic: LM = 121.399  
 with p-value = P(Chi-square(27) > 121.399) = 6.21164e-14

Test for normality of residual -  
 Null hypothesis: error is normally distributed  
 Test statistic: Chi-square(2) = 0.136133  
 with p-value = 0.934198

## Lisa 8. Mudel 8

Model FE: Fixed-effects, using 250 observations

Included 28 cross-sectional units

Time-series length: minimum 8, maximum 9

Dependent variable: l\_CO2

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>	
const	23.0568	3.46573	6.653	<0.0001	***
l_GDP	0.0642442	0.0609693	1.054	0.2932	
H	-0.00715707	0.00286770	-2.496	0.0133	**
VK	-0.0149144	0.0471238	-0.3165	0.7519	
BB	-0.00292628	0.000779331	-3.755	0.0002	***
IKT	-0.00576413	0.0125719	-0.4585	0.6471	
l_EA	-1.21321	0.215704	-5.624	<0.0001	***

Mean dependent var	3.984759	S.D. dependent var	1.405023
Sum squared resid	0.912388	S.E. of regression	0.064992
LSDV R-squared	0.998144	Within R-squared	0.409246
LSDV F(33, 216)	3519.813	P-value(F)	2.0e-276
Log-likelihood	346.9092	Akaike criterion	-625.8183
Schwarz criterion	-506.0887	Hannan-Quinn	-577.6306
rho	0.586892	Durbin-Watson	0.702269

Joint test on named regressors -

Test statistic:  $F(6, 216) = 24.9391$

with p-value =  $P(F(6, 216) > 24.9391) = 2.11429e-22$

Test for differing group intercepts -

Null hypothesis: The groups have a common intercept

Test statistic:  $F(27, 216) = 222.823$

with p-value =  $P(F(27, 216) > 222.823) = 4.17737e-142$

Distribution free Wald test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: the units have a common error variance

Asymptotic test statistic:  $\text{Chi-square}(28) = 1790.13$

with p-value = 0

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic:  $\text{Chi-square}(2) = 80.634$

with p-value =  $3.09413e-18$

## Lisa 9. Model 9

Model RE: Random-effects (GLS), using 250 observations  
 Included 28 cross-sectional units  
 Time-series length: minimum 8, maximum 9  
 Dependent variable: l\_CO2

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	-10.1165	1.09086	-9.274	<0.0001	***
l_GDP	0.158699	0.0659948	2.405	0.0162	**
H	-0.0144015	0.00317404	-4.537	<0.0001	***
VK	-0.0441128	0.0535744	-0.8234	0.4103	
BB	-0.00238887	0.000895954	-2.666	0.0077	***
IKT	-0.0155699	0.0147572	-1.055	0.2914	
l_EA	0.833509	0.0564233	14.77	<0.0001	***

Mean dependent var	3.984759	S.D. dependent var	1.405023
Sum squared resid	46.63059	S.E. of regression	0.437160
Log-likelihood	-144.8341	Akaike criterion	303.6682
Schwarz criterion	328.3184	Hannan-Quinn	313.5892
rho	0.586892	Durbin-Watson	0.702269

'Between' variance = 0.130043

'Within' variance = 0.00422402

mean theta = 0.939774

Joint test on named regressors -

Asymptotic test statistic: Chi-square(6) = 307.809

with p-value = 1.73502e-63

Breusch-Pagan test -

Null hypothesis: Variance of the unit-specific error = 0

Asymptotic test statistic: Chi-square(1) = 807.374

with p-value = 1.34509e-177

Hausman test -

Null hypothesis: GLS estimates are consistent

Asymptotic test statistic: Chi-square(6) = 116.008

with p-value = 1.12193e-22

## Lisa 10. Model 10

Model RE: Random-effects (GLS), using 250 observations

Included 28 cross-sectional units

Time-series length: minimum 8, maximum 9

Dependent variable: l\_CO2

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	-10.3495	1.03883	-9.963	<0.0001	***
l_GDP	0.163755	0.0634471	2.581	0.0099	***
H	-0.0151914	0.00303306	-5.009	<0.0001	***
BB	-0.00246739	0.000889203	-2.775	0.0055	***
l_EA	0.840907	0.0546257	15.39	<0.0001	***

Mean dependent var	3.984759	S.D. dependent var	1.405023
Sum squared resid	44.28095	S.E. of regression	0.424269
Log-likelihood	-138.3713	Akaike criterion	286.7427
Schwarz criterion	304.3500	Hannan-Quinn	293.8291
rho	0.583665	Durbin-Watson	0.706161

'Between' variance = 0.11964

'Within' variance = 0.00419081

mean theta = 0.937466

Joint test on named regressors -

Asymptotic test statistic: Chi-square(4) = 324.813

with p-value = 4.79808e-69

Breusch-Pagan test -

Null hypothesis: Variance of the unit-specific error = 0

Asymptotic test statistic: Chi-square(1) = 813.117

with p-value = 7.5877e-179

Hausman test -

Null hypothesis: GLS estimates are consistent

Asymptotic test statistic: Chi-square(4) = 118.349

with p-value = 1.20299e-24

## Lisa 11. Lihtlitsents

### **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Valeria Jankovskis

1. annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Majanduskasvu, digitaliseerimise ning haridustaseme seos CO2 heitkogustega Euroopa Liidu riikides, mille juhendaja on Artjom Saia, MA.

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

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

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

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

---

<sup>1</sup>*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*