

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Majandusanalüüsi ja rahanduse instituut

Elizaveta Petrova

**Teadus- ja arendustegevuse, digitaalsete tehnoloogiate ja
majanduskasvu mõjud CO2 emissioonidele**

Bakalareusetöö

Õppekava rakenduslik majandusteadus, peeriala majandusanalüüs

Juhendaja: Artjom Saia, doktorant- nooremteadur

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 7 818 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Elizaveta Petrova

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 179460TAAB

Üliõpilase e-posti aadress: lizapetrova7b@gmail.com

Juhendaja: Artjom Saia, doktorant-nooremteadur

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE	4
SISSEJUHATUS	5
1. DIGITALISEERIMISE MÕJU CO2 EMISSIOONIDELE NING MAJANDUSKASVULE	7
1.1 Majandusliku, digitaliseerimise ja keskkonna saastude teoreetilised alused.....	7
1.2 Positiivne digitaliseerimise mõju produktiivsusele ja keskkonnale.....	8
1.3 CO2 emissioonide mõju keskkonnale.....	9
1.4 Digitaliseerimise mõju keskkonnale	10
1.5 Majanduskasvu mõju CO2 emissioonidele.....	12
1.6 Ülevaade varasematest empiirilistest uuringutest.....	13
2. KASUTATUD ANDMED JA METOODIKA.....	16
2.1 Andmete kirjeldamine.....	16
2.2 Ökonomeetrilised mudelid ja meetodid	24
3. TULEMUSTE TÕLGENDAMINE.....	26
3.1 Esimene analüüsi tulemused	26
3.2 Teise analüüsi tulemused	27
3.3 Kolmanda analüüsi tulemused	29
3.4 Järeldused.....	30
KOKKUVÕTE	32
SUMMARY	34
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU	36
LISAD.....	38

LÜHIKOKKUVÕTE

Käesolev bakalaureusetöös uuritakse kuidas digitaaliseerimine saab kaasa aidata CO₂ emissioonide vähenemisele ning seejärel aeglustada kliima soojenemise. Valitud teema rakendamiseks otsitakse vastuseid kolme püstitatud hüpoteesidele. Esimese hüpoteesi puhul uuritakse soest CO₂ emissioonide ja majanduskasvu vahel, teise hüpoteesi puhul kontrollitakse seost digitaliseerimise ja CO₂ emissioonide vahel ning kolmanda hüpoteesi mõtte seisneb selles, et riigid, kus kirjutatakse rohkem teadus artikleid keskkonna saastumise ja digitaliseerimise teemadel toodab vähem CO₂.

Töös kirjeldatakse majandusteooriast, mis on seotud tehnoloogiate, kliima muutuse ja majanduskasvuga, antakse põjalik ülevaade iga valitud muutuja kohta ning viiakse läbi analüüsi, mille käigus on nähtav kuidas üks muutuja sõltub teisest.

Hüpoteeside testimiseks autor viib läbi regressioonanalüüsid, kasutab andmeid 46 riiki ja 14 aasta (vahemikus 2004 kuni 2017) kohta esimese kahe analüüside jaoks ning kolmanda analüüsi puhul 38 riiki ning 9 aastad vahemikus 2009 kuni 2017.

Esimese kahe analüüside puhul autor on saanud positiivsed seosed valitud muutujate vahel, ehk siis tõestuse, et püstitatud hüpoteesid on õiged ning leiavad tõesuse riikide näitajate näol. Kolmanda analüüsi puhul on autor teinud järelduse, et keskkonna saastumise teemadele kirjutatud artiklite suurus ei mõjuta CO₂ emissioone. Artiklid, mis on kirjutatud digitaliseerimise teemadel aga mõjutavad CO₂ emissioone ning artiklite arvu suurenemisega vähenevad emissioonid.

Võtmesõnad: digitaliseerimine, majanduskasv, CO₂ emissioonid, teadus- ja arengutegevus, inimkapital

SISSEJUHATUS

Kaasaegses maailmas räägitakse üha rohkem ja rohkem kliimamuutusest, sest see on olnud väga aktuaalseks probleemiks nii arenevates- kui ka arenenud riikides. Vaatamata sellele, et inimese roll kliimamuutuses, võrreldes looduse mõjuga, on üsna väike, mõjutab siiski inimtegur kliima soojenemist oluliselt. Üheks mõjutavaks teguriks on CO₂(süsihappegaas) heitmed, mis omavahel tekitavad kasvuhooneefekti. Samas lähtudes uuringutest mõjutab majanduskasv CO₂ emissioonidele suurendavalt ehk siis kui maailma SKP (Sisemajanduse koguprodukt) suureneb 1% võrra, suurenevad CO₂ heitmed 0,5% võrra. Teiseks teguriks, mille peale autor pöörab tähelepanu käesolevas bakalaureusetöös, on digitaliseerimine. Maailma digitaliseerimise tulemusel saavad inimesed vältida CO₂ heitmeid üsna suures koguses sellistes valdkondades nagu elekter, logistika ning transport.

Antud töö uurimisprobleemiks on meetodid ning protsesside juurutamised, mis toovad endaga kaasa CO₂ emissiooni ja selle kaudu põhjustavad kliimamuutuse ja majanduskasvu mõju CO₂ emissioonidele ning digitaliseerimise aspektid, mille kaudu proovitakse vähendada CO₂ emissioone.

Uurimisprobleemist on püstitatud töö eesmärk: uurida, kuidas digitaalseerimine saab aidata CO₂ emissioonide vähenemist ning seejärel aeglustada kliima soojenemist.

Töö raames on püstitatud autori poolt järgnevad hüpoteesid:

- Riikides, kus inimeste sissetulekud on suurem on suuremad ka CO₂ emissioonid
- Riigid suurema digitaliseerimise arenguga toodavad vähem CO₂
- Riigid, kus kirjutatakse rohkem teadusartikleid digitaliseerimise ja keskkonna teemadel on CO₂ emissioonid väiksemad

(Antud hüpoteesi mõtte on selles, et riigid, kus kliimamuutuse probleemi uuritakse rohkem panustakse lahendusesse ka rohkem).

Töös kasutatakse kvantitatiivseid meetodeid ning autori poolt testitakse kolme regressioonmudelit, kus kasutatakse juhuslike efektidega mudelit.

Esimeses analüüsis testitakse, kuidas majanduskasv mõjutab keskkonna saastamist ning samasse mudelisse on listatud teised tegurid, mis otseselt mõjutavad majanduskasvu. Antud mudelis on sõltuvaks muutujaks CO₂ emissioonid ning sõltumatuteks muutujateks on jõukus *per capita* ja rahvaarv - kõik muutujate aegread on logaritmitud.

Teise analüüsi puhul testitakse digitaliseerimise mõju CO₂ emissioonidele. Sõltuvatuks muutujaks on logaritmitud CO₂ emissioonid ning sõltumatuks muutujaks on neli digitaliseerimise indikaatorit ehk ICT toodete eksport, protsentuaalne ICT toodete import, interneti kasutajate arv protsentides ja mobiilsidevõrgu abonendid (logaritmitud) - majanduskasv väljendatud protsentides ja *Human Development Index*.

Kolmanda analüüsi puhul viiakse läbi regressiooni, mille eesmärgiks on testida teadusartiklite mõju keskkonna kvaliteedile. Antud analüüsis sõltuvaks muutujaks on CO₂ emissioonid ning mudelisse lisatakse viis sõltumatut muutujat, mis on elanikke arv, teadusartiklid kirjutatud keskkonna teemadel, teadusartiklid kirjutatud digitaliseerimise teemadel, SKP *per capita* ja protsent kogu riigi elanikest, mis näitab inimeste haridustaset.

Andmed kolme analüüsi läbiviimiseks võetakse United Nations, Worldbank ja SciVal andmebaasidest. Antud töös on tegemist paneelandmetega, esimese ja teise valemi jaoks võetakse andmed 14 aasta kohta ning antud juhul aastast 2004 kuni 2017. aastani. Mudelite loomiseks kasutatakse 44 riigi andmeid. Kolmanda analüüsi läbi viimiseks võetakse andmed 38 riigi kohta ning 9 aasta lõikes aastast 2009 kuni 2017. aastani.

Töö on jagatud kolmeks osaks. Esimeses osas tutvustatakse majandusteooriat, räägitakse digitaliseerimise olemusest ning põhimõtetest, lühidalt vaadatakse, kuidas digitaliseerimine saab mõjutada keskkonda ja majandust nii positiivse kui ka negatiivse nurga alt. Lähimalt kirjeldatakse CO₂ emissioonide probleemi ning kuidas see mõjutab keskkonda, tõmmatakse paralleele saastamise ja tehnoloogiate arendamise vahel ning antakse ülevaade varasematest empiirilistest uuringutest, mille abil autor loob eelnevalt kirjeldatud mudelid. Teises osas kirjeldatakse lõputöö jaoks valitud andmeid ja meetodeid, näidatakse kõikide valitud muutujate kirjeldavat statistikat, tehakse korrelatsioonanalüüsi ning põhjendatakse analüüside meetodeid. Kolmandas osas tõlgendatakse tulemusi, mis on saadud kolme regressioonanalüüsi käigus, ning tehakse järeldusi saadud tulemuste põhjal.

1. DIGITALISEERIMISE MÕJU CO2 EMISSIOONIDELE NING MAJANDUSKASVULE

1.1 Majandusliku, digitaliseerimise ja keskkonna saastude teoreetilised alused.

Majanduse ja ökoloogia vaheline seos tugevneb iga aastakümne järel just inimeste toimimise pärast, ökoloogia tervikuna sai laia arenemise ning tihti nimetatakse keskkonna kaitseks. Laiemas mõttes keskkonna kaitset saab mõõta nagu seaduste, reeglite ja printsiipide teaduseks, mille eesmärgiks on hoida inimese tervise ning keskkonda heal tasemel ning selleks luuakse erinevad rahvusvahelised, riiklikud ja kohalikud üritusi.

Inimesed, tootmisvahendid ja keskkond kokku moodustavad süsteemi, kus majanduslikud suhted ilmuvad inimeste vahel tootmisprotsesside ajal, kus on alati mingil määral osalevad looduse ressursid; tehnoloogilised suhted ilmuvad inimeste, keskkonna ning tootmisvahendite vahel ning ökoloogilised suhted luuakse tänu üksikute ressursside kasutamise tootmises, milleks tihtipeale ei ole enam vaja nii palju inimeste sekkumist.

Antud alapeatükis tähelepanu pööratakse erinevate majandusteooriatele ja nende käsitlemisele, kus tutvustakse endogeense majandusteooriat, Coase teoreemi ja Porteri hüpoteesi. Kõik need teoreetilised käsitlused näitavad seost digitaliseerimise, majanduskasvu ja CO2 emissioonide vahel.

Endogeense majanduskasvu teooria väidab sellest, et see on kasv, mis otseselt sõltub inimese majanduslikkusest käitumisest, kus tootlikkuse suurenemine otseselt sõltub inimeste haridusest ja teaduse tasest, digitaliseerimisest ja uute tehnoloogiate efektiivsusest, rahvusvahelise kaubanduse ja uute juhtimise lahenduste leidmisest.

Coase teoreem

Coase teoreemi järgi kui kaks poolt on võimelised jõuda kokkuleppeini ilma lisakulude kandmata siis nad on võimelised lahendada probleemi ning jõuda kokkuleppeini ilma liigsete ressursside eraldamise kuludeta ning efektiivselt neid jaotada.

Kui seostada selle teoreemi keskkonناسaastumisega siis see tähendab, et lisakulud, mis tekkivad seoses üleliigse saastumisega (antud töö jaoks CO2 emissioonide juurutamine suures koguses) peavad motiveerima saastajat vähendada CO2 emissioonide juurutamist, et vältida keskkonna saastet ning vähendada lisakulusid. Kuigi Coase teoreem ei tööta nende riikide

kohta, kus on madal majandusareng ning valitsus ei saa lubada lisakulutusi, et maksta riikidele suure CO2 emissioonide juurutamisega ning hea majandusarenguga, et nemad väheneksid CO2 heitmete juurutamist. Seega vaesed riigid, mis kannatavad kõige rohkem kliimasoojenemise ja seega kliimamuutuse ei saa ennast päästa teiste riikide üleliigse saastumise eest, mis mõjutavad ka neid ja maailma tervikuna. (Bernauer, 2013)

Porter hüpotees

Antud hüpoteesi järgi ranged sätestatud ökoloogilised normid saavad suurendada uute tehnoloogiate kasvu, mille mõju keskkonnale on oluliselt vähem või puudub ning on võimelised suurendada firmade tootlust ning kasumit. Väga oluline on see, et konkurentsivõimelised firmad on pigem need, kes alati juurutavad innovatsioone ning on võimelised investeerida R&D tehnoloogiatesse, mitte firmasid suurte ja odavama tootmis protsessidega. Selle lähemine on kasulik nii firmadele kui ka ühiskonnale, kuigi autorid pööravad tähelepanu pigem erakuludele, mis tavaliselt on ülehinnatud. Nende kulude vähenemiseks, konkurentsivõimelisuse suurendamiseks ja keskkonna kvaliteeti parandamiseks valitsused peavad neid vähendama. (Porter, 1995)

1.2 Positiivne digitaliseerimise mõju produktiivsusele ja keskkonnale

Digitaliseerimise mõistet on võimalik tõlgendada kui tehnoloogia/ pakkumise šokki, mis peamiselt mõjutab majanduslikke agregaat- konkurentsi, tootlikkuse ja tööhõive mõju kaudu ning samas läbi asutuste ja valitsuste kaudu. Digitaliseerimise arendamisega muutuvad viisid kuidas ettevõtted juhtivad äri ja suhtlevad klientide ja tarnijatega. (Elding, 2018)

Bioloogia ja energeetika, robotika ja tehisintellekt, 3D- printimine ja muud digitaaltehnoloogiate edusammud muudavad majandusi ja ühiskondi muutumatute ja sageli ettenägematute tagajärgedega. Tehnoloogiate arendamisega ja muutmisega aga kujunetakse võitjad ja kaotajad, mis toovad kaasa uued väljakutseid erinevates valdkondades. Näidiseks on inimeste asendus masinate vastu, mille pärast inimesed jäävad ilma sissetulekuta, kuigi ei saa eirata seda, et uute tehnoloogiate arendamine loob uusi töökohti. Selle seisukoha lähtudes tekkivadki võitjad ja kaotajad. Tavaliselt võitjateks peetakse inimesi, kes on rohkem haritud ning saavad edasi rakendada uute tehnoloogiate tööd ning kaotajaks on inimesed, kelle haridus

ja oskuse tase peetakse madalamaks või keskmiseks. Lisaks paljudes riikides uute tehnoloogiate arenemise tõttu erakordset kasvu saavutavad vaid väike hulk ettevõtetest ja seepärast hakkavad nemad domineerima koguturul. Kui need suundumused jätkuvad siis saavad nemad põhjustada veelgi suuremat tööjõu polariseerumist vähenedes nõudlust keskmise ja madala kvalifikatsiooniga töötajate hulgas, mis omavahel saab suurendada palkade ebavõrdsuse ning tõsiselt häirida tööturгу. Artikkel. Vaatamata sellele eksperdid usuvad, et digitaliseerimine ja tööjõudu säästvate tehnoloogiate arenemisega kõrvaldab see enamiku töökohti, milleks on vaja madalama kvalifikatsiooni taset, kuigi arvatavasti ilmnevad uued töökohad erinevates valdkondades nagu automaatika, projekteerimine, tarkvara inseneerimine jne, mis omavahel saab aidata vähem arenenud riikidel kiirendada majanduskasvu ning saavutada häid tulemusi tööstuses. (Spelman, 2016)

21. sajandil Maailm on oluliselt muutunud ning tunnistas neljandat tööstusrevolutsiooni, mis tänapäeval nimetatakse *Industrie 4.0*. Revolutsioon pöördus terve Maailma riikide valitsuste ja töösturite tähelepanu, mille tulemuseks inimeste uueks eesmärgiks on jätkusuutlikud majandus-, keskkonna- ja sotsiaalarengud kõikidele inimestele.

Industrie 4.0 ehk digitaliseerimise arenemisega on suurenenud vastastikku seotud arvutite arv, on loodud nutikad materjalid ja targad masinad, mille puhul inimeste osalus erinevates protsessides on vähenenud. Digitaliseerimise protsesside juurutamisega kasvab tootmise tootlikkuse potentsiaal, ressursside tõhusus, samas toimuvad jäätmete vähendamise protsessid- kõik need faktorid aitavad kaasa äri- ja tootmisprotsesside digitaliseerimisega. Artikkel. Seega Digitaliseeritud maailmas nii majanduslik kui ka sotsiaalne elu muutuvad lihtsamaks ja viivad elu kvaliteedi paranemiseks. (Ghobakhloo, 2019)

Digitaliseerimise protsessid saavad mõjutada iga taset, alustades eraisikust ja kuni avaliku sektorini. Vaadates avaliku sektori digitaliseerimine abil areneb majanduse globaliseerumise, toimub kiire e-tehnoloogiate areng, inimesed hakkavad rohkem kasutada e-kanaleid ning ilmuvad uued StartUpid just elektripoonilistes kanalites, millega on väga raske konkureerida .

1.3 CO2 emissioonide mõju keskkonnale.

Kliimamuutus kiirendab keskkonnaseisundi halvenemist, mille tagajärjed on tihti ootamatud ning mõjutavad haavatavaid elanikkondi ebaproportsionaalselt ja lisaks olenemata valdkonnast (infrastruktuur, ressursid, inimese tervis, kodude kaotamine). Kliimamuutuse põhjuseks, mis on tingitud inimeste toimimisega tavaliselt nimetakse kasvuhoonegaaside suurendamiseks atmosfääris. Kasvuhoonegaasid on nimetatud niimoodi, sest need püüavad atmosfääri soojust kinni ja seepärast põhjustavad kliima soojenemise. Kasvuhoonegaase on kokku kuus tükki : süsinikdioksiid (CO₂), diämmastikoksiid (N₂O), metaan (CH₄) ja kolm halogeenitud süsinikku. Artikkel. Kõigist eeltoodud gaasidest on CO₂ peetakse kõige olulisemaks kliimamuutuse põhjustajaks ning peamiselt CO₂ emissioonid tekivad õli põletamisest, kivisüsi ja maagaaside kasutamisest, lisaks CO₂ satub atmosfääri jäätmematerjalide ja puitu põletamise protsessis. Artikkel.

Edaspidi autor annab ülevaadet kuidas emissioonid saavad mõjutada riike ning kogumaailma. Aastal 2015 CO₂ emissioonid moodustasid peaaegu 74% maailma emissioonidest (kasvuhoonegaaside kogus kokku oli 49113,03 miljardit tonni) ning kõige suuremaks tegutsejaks selles valdkonnas on Hiina, mis aastal 2015 tootis 10820,80 miljardit tonni süsinikdioksiidi. Rääkides suurematest saastajatest alati räägitakse kõige rikkamatest riikidest, mis peetakse suuremateks CO₂ emissioonideks nii riikide kui ka eraisiku vaates.

Samas CO₂ emissioonid inimese kohta on tavapäraselt suuremad riikides suurema majanduskasvuga, kus valitsus rohkem pöörab kohalikele probleemidele tähelepanu (vee-ja õhukvaliteed) ja mitte sellele kuidas riiki tegevus saab mõjutada kogu maailma, pigem hoolitsevad sissetuleku eest ja mitte roheline majanduse ja keskkonna eest. Vaatamata sellele, iga riigi jaoks on määratud kvoodid CO₂ emissioonide võimaliku kasutuse piiriga, suuremad riigid ostavad juurde kvoodid teistest riikidest, mis toodavad vähem CO₂, mis viib rikkamaid riike üleliigse keskkonna kahjustamiseks ühes piirkonnas. Kliimamuutuse korral selline üleliigne kasutamine saab mõjutada tulevaste põlvkondi negatiivselt.

1.4 Digitaliseerimise mõju keskkonnale

Digitaliseerimise arenemisega on tulnud palju lahendusi kuidas saaks vähendada keskkonnasaastu ning samas eraldada CO₂ emissioonide suurenemise majanduskasvu suurenemisest. Vaatamata sellele tehnoloogia juurutamisega maailm on kokku puutunud uue

saastumisega, mida nimetatakse e-jäätmeteks. Selles alapeatükis on kirjeldatud digitaliseerimise positiivsetest ning negatiivsetest aspektidest ja nende mõjudest keskkonnale.

Positiivseks digitaliseerimise aspektiks peetakse võimaluse vältida umbes 26 miljardi tonni CO₂ emissioonidest aastaks 2025 vaid ainult kolmest tööstusest:

- Elektrienergia (15,8 miljardit tonni)
- Logistika (9,9 miljardit tonni)
- Autotööstus (540 miljonit tonni)

26 miljardit tonni CO₂ emissioonidest saab olla umbes 8,5 % kogu maailma emissioonidest aastal 2025 ning võrdne kogu Euroopa emissioonide tasemele. (Spelman, 2016)

Tänu sellele, et inimesed ning riikide valitsused on aru saanud kliimamuutuse probleemist ning uute tehnoloogiate või digitaliseerimise võimalustest on tänapäeval olemas palju lahendusi kuidas vähendada kasvuhoonegaasi efekti. Nii on loodud erinevad StartUpid, mis on suunatud CO₂ heitkoguse töötlemisele. Üks nendest pakub sellise lahendamise, mille abil on võimalik vähendada õli kasutamist 30% võrra ning vähendada 10% võrra maailma CO₂ heitmeid. CO₂ heitmeid töödeldakse ning saadakse kütuse või kemikaale, mis teeb CO₂ emissioone korduvkasutatavaks gaasiks. Veel üks StartUp, mille peale autor pöörab tähelepanu on sponseeritud Euroopa Liidu poolt. See on filter, mis tõmbab atmosfäärist CO₂ heitkogused ning kui see filter saab täis siis kogutud heitkogused edastatakse edasi klientidele või firmadele, mis kasutavad negatiivsete heitmete tehnoloogiat.

Lisaks sellele viimasel ajal tunduvalt rohkem pööratakse tähelepanu rohelise majanduse peale, mis on suunatud inimeste heaolu tõstmiseks ja keskkonna kvaliteedi parandamiseks; samas rohelise majanduse alt mõeldakse seda, et antud meetodi kasutamine võimaldab tunduvalt vähendada ressursside kasutamist ning jõuda *decoupling* efektini. *Decouple* tähendab seda, et riigid või erinevad valdkonnad saavad majanduslikult kasvada ning samas keskkonda mitte mõjutada negatiivselt. Selleks et *decouple* efektini jõuda majanduskasv ja koormus majandusele peaksid vähenema võrreldes majanduskasvu tempodega vaadates sama perioodi minevikus. (James, 2016)

Vaatamata sellele, et tehnoloogia arendamisega inimesed saavad vältida CO₂ liigseid emissioone, kasvab e-jäätmete kogumid mis mõjutavad keskkonda umbes sama palju nagu

plastika jäätmed. E-jäätmete suurenemise tõttu ilmuvad mäed prügist ja samas suureneb keskkonda sattuvate suurenevate mürgiste kemikaalide maht. ÜRO uuringu tuginedes aastal 2014 oli välja vistaud 40 miljonit kilogrammi e-jäätmeid. Artikkel. Selleks, et vältida liigseid e-jäätmete kogumist luuakse uued keskkonnasõbralikud masinad, tänu millele tehakse uusi keskkonnasõbralikke tooteid, oluliselt rohkem pööratakse tähelepanu nõ keskkonna juhtimisele ehk siis erinevate keskkonnategevuse uuringutele, ökoloogia tasakaalu saavutamise protsessidele, elutsükli hindamisele ning kõikidele võimalikutele tehnoloogiatele, mille abiga saaks teha ümbritseva keskkonda paremaks.

Negatiivseks aspektiks saab pidada andmekeskuste panuse, kuna nemad on suured energiatarbijad ja sageli kasutavad ebaefektiivsed jahutussüsteemid. Andmekeskused tarbivad umbes 1,5 kuni 2 protsendini kogu maailma elektrist ning see number kasvab umbes 12% iga aasta.

1.5 Majanduskasvu mõju CO₂ emissioonidele

Kaasaegse maailma inimkonna ees on kaks suurt väljakutset, milleks on püsiv majandusareng ja keskkonna säilitamine. Lisaks iga riik püüab nende probleemidele lahendust leida ja sageli majandusareng ja keskkonna saastumine omavahel seotud. Selleks, et saavutada pideva majanduskasvu riigid arendavad mehhanisme, kasutades looduse ressursse ning lähtudes oma eripärastest ning samas selline majanduse pidev areng suurendab jäätmete ja heidete koguse tootmisprotsesside ajal. Majanduskasv saab negatiivselt loodust mõjutada läbi paljude aspektide nagu saastumine, loodusevarade ülekasutamine ja kliimamuutuse. Need tegurid tõsiselt mõjutavad inimeste elutaset ning eluseisundit nii hetkeseisundis kui ka tulevikku perspektiivis. Kuigi keskkonna säilitamine on viimasel ajal välja tulnud peamiseks probleemiks nii arenenud kui ka arengumaade jaoks. Selline järeldus oli tehtud seoses kiiresti muutuva kliima kvaliteediga, mis omavahel tekitab rahumatuse seoses globaalse soojenemise ja kliimamuutusega, mis kõigepealt kujuneb kasvuhoonegaaside heitkogustest. (Goodness, 2017)

Selleks, et tagada üleliigse CO₂ emissioonide juurutamist ning mitte peatuda majanduskasvu riikides, kus on tekkinud massiivsed fossiilkütuse põletamis protsessid, mis on põhjustatud erinevate valdkondadega nagu energeetika, tööstus, transpordisektor põllumajandus, riikide

vahel toimub heitekoguste kauplemine. CO₂ heitekoguse hind aitab riikidele rohkem mõistmaks on soodsam üleliigne CO₂ heitekoguse juurutamine ning kvootide sisse ostmine või on mõistlikum heitekoguse vähendamine, mille tagajärjeks on riigi majanduslangus või uute võimaluste otsimine. Antud strateegia kasutades on võimalik saavutada üldise keskkonnanäesmärgi, saada paindlikumaks ja lisaks sellele kasutades kõige efektiivsema ja osavama meetodi. Süsinikuhind annab motivatsiooni luua ja kasutada uut tehnoloogiat, mis ei kahjusta keskkonda ning stimuleerivad majanduskasvu.

Selleks, et võidelda loodusevarade üle kasutamise probleemiga paljud ettevõtted kasutavad „Ettevõtte ressursside planeerimise“ lahenduse. See on tarkvara, mis aitab ettevõttele õigesti ressursse jagada, mis omavahel saab suurendada ettevõtte tulud ja vähendada kulusid. Antud tarkvara saab kaasa aidata tööjõudu, materjalide, finantside, seadmete ja pindade õige jagamisega.

1.6 Ülevaade varasematest empiirilistest uuringutest

Antud peatükis võetakse vaatluse alla varasemad empiirilised uuringud, mille käigus on käsitletud kuidas CO₂ emissioonid ning tehnoloogiline areng mõjutavad majanduskasvu ning kuidas tehnoloogiate arendamisega on võimalik CO₂ emissioonide vähendada, omavahel võrreldakse kaks kõige levinumaid valitud valdkonnas mudelit IPAT ja Kuznets keskkonna kõver. Lisaks empiiriliste uuringute käsitlemise eesmärgiks on bakalaureusetöö uuringu meetoodika valimine ning selle valiku põhjendamine.

(James, 2016) Artiklis on kirjeldatud uuring, mille käigus analüüsitakse seost majanduskasvu ja keskkonnamõjude kasvu vahel luues lihtsustatud matemaatilist mudelit, kus sõltuvatuks tunnuseks on kliimamuutus ning sõltumatud tunnused on elanikkond, jõukus ning tehnoloogia. Antud mudeli nimeks on IPAT ning see on levinud mudel, mille idee, et keskkonnamõju (I) tuleb kolmest tegurist: elanikkond (P), jõukus (A) ja tehnoloogia (T). Jõukuse alt mõeldakse aastane SKP inimese kohta dollarites. Analüüsi läbiviimiseks kasutatakse andmeid aastast 1990 kuni 2012 aastani ning muutujate andmed on võetud kogu Maailma kohta, eraldi veel vaadeldakse Saksamaad, Hiinat ja OECD riike.

Analüüsi tulemuse vaadates autorid on teinud järelduse, et majanduskasvu ei saa lahutada materjalide ja energia kasutuse kasvust, mis omavahel tähendab, et nende tunnuste vahel

eksisteerib positiivne seos. Antud artikli lähtudes SKP kasvu saaks pidada halvaks tunnuseks ühiskonna heaolu mõõtmiseks ning kahtlaseks ühiskondlikku eesmärgiks. Ühiskond saab jätkusuutlikult parandada oma heaolu, sealhulgas oma loodusvarade heaolu ainult siis, kui jäta kõrvale SKP kasvu kui eesmärgi ning keskenduda rohkem kõikehõlmavatele ühiskondliku heaolu kasvule.

Artiklis, kirjutatud United Nations poolt, tähelepanu pühendatud ebavõrdsusele meie kiiresti muutuvmas maailmas. Antud artiklis on välja valitud neli peamist tegurit, mis väljendavad ebavõrdsust kaasaegses maailmas ja need on tehnoloogiline areng, kliimamuutus, linnastumine ja rahvusvaheline rahvaränne. Käesoleva bakalareusetöö jaoks autori poolt on välja valitud kaks aspekti ning nendest räägitakse käesolevas alapeatükis. Esimene on tehnoloogiline kasv, mis peetakse majanduskasvu mootoriks seoses sellega, et tehnoloogilise arenemisega luuakse uusi võimalusi tervisehoiu, hariduse, kommunikatsiooni, ja tootmise valdkonnas, kuigi kiire tehnoloogiline kasv võib tekitada lünki rikaste ja vaeste riikide ja sotsiaal ühiskondade vahel. Selline ebavõrdsus saab põhjustada palgalõhe suurenemist ja töökohtade vähenemist. Teine aspekt on kliimamuutus, mille mõju on tunda kogu maailmas, kuid kõige rohkem kannatavad vaesemad riigid ja ühiskonnad, eriti need, kelle tulu otseselt sõltub põllumajandusest. Artiklis on mainitud, et kliimasoojenemine otseselt mõjutab ebasoodsalt ka riikide majanduskasvu. Lisaks kliimamuutus mõjutab majandusarengut nendes riikides, mis asuvad troopikas ning riigid, mis asuvad parasvöötmes saavad vähem kahjumi oma majandusearenemise peale. Autorid tõestavad seda tuues statistikat, mille tulemuseks on see, et 10% kõige rikkamastest ja vaestest maailma riikide vahel on sissetulekud 25% võrra suuremad, kui oleksid ilma globaalse soojenemiseta. (Conceicao, 2019)

Uuringus on kirjeldatud seos CO₂ emissioonide, energiatarbimise, sissetuleku vahel, kasutades paneel andmeid aastast 1992 kuni 2012 aastani ning samas arvesse võetud 161 riiki näitajad. Selles artiklis testitakse Kuznetsi keskkonnakõverat, mis näeb välja nagu ümberpööratud U-kuujuline kõver, mille hüpoteesiks on see, et kui SKP inimese kohta suureneb siis esmalt suureneb sissetuleku ebavõrdne jaotus ja pärast teatud sissetuleku inimese kohta taseme jõudmiseni hakkab langema. Autorid kasutavad Kuznetsi kõverat selleks, et aru saada milline on majanduskasvu mõju keskkonnale ning milline seos eksisteerib nende vahel arvestades globaalse kliima soojenemise probleemiga. Kuna suur osa maailma energia varustusest pärineb fossiilkütustest, energia kasutamisest ja CO₂ emissioonidest- siis suur riikide kogus on viimastel aastakümnetel kokku puutunud CO₂ emissioonide suurenemisega, mis oli kutse

aktiivse keskkonnapoliitika arenemiseks. Lisaks autorid pööravad tahelepanu sellele, et madalamad pöördepunktid on lihtsam saavutada ning paljude riikide jaoks on see võimalik, mis tähendab seda, et ei pruugi kogu maailma keskkonnapoliitikat karmistada. Tuginedes analüüsi tulemustest autorid on teinud optimistlikku järelduse majanduskasvu ja keskkonnasaastade kasvu osas, mis näitab *decoupling* efekti. (Saboori, 2013)

Aastal 2014 oli tehtud sarnane uuring, kus autorid on teinud uuringu Kuznets kõvera testimiseks, et leida seost majanduskasvu, CO₂ emissioonide ja energia tarbimise vahel. Kuigi antud uuringus analüüsiti ASEAN riike, mille hulga kuuluvad Indoneesia, Malaisia, Philippines, Singapur ja Tai. Riigid on valitud seepärast, et need on näidanud kiire majanduskasvu ja fossiilkütuse kasutamise olulist suurenemist viimastel aastakümnetel. Mudelis kujunemiseks kasutatakse paneelandmeid, kus ajaperioodiks on valitud aastad 1980-2008, mudeli sõltuvaks muutujaks on CO₂ emissioonid, mis on väljendatud tonnides, ning mudeli sõltumatusteks muutujateks on reaalne SKP inimese kohta ameerika dollarites ja energia tarbimine on väljendatud õli kasutamises inimese kohta kilogrammides. Kuznets kõvera hüpoteesi mõtte seisneb selles, et majanduskasv algfaasis suureneb keskkonnaseisundi halvenemise kuni teatud läviväärtuseni ja peale seda keskkonnahalvenemise protsess hakkab langema. Hüpoteesi testimiseks autorid kasutasid PSTR mudeli mittelineaarse suhe leidmiseks muutujate vahel just seepärast, et pidavad mudeli paindlikumaks ja asjakohaseks riikide võrdlemise protsessis. Analüüsi tulemusena selgus, et kui riigi SKP inimese kohta jõuab 4686 ameerika dollari tasemele, SKP kasv mõjutab CO₂ emissioonide tekitamisele positiivselt ning kui lävend on ületatud, siis edaspidine SKP kasv inimese kohta toob kaasa CO₂ emissioonide vähenemist. Võrreldes teise uuringuga on analüüside tulemused näidanud positiivse seose kahe muutujate vahel, mis toetab Kuznets kõvera õigsust. Lisaks sellele antud uuringu käigus oli tehtud järeldus, et energia tarbimise suurendamisega suurenevad CO₂ emissioonid. (Heidari,2014)

2. KASUTATUD ANDMED JA METOODIKA

2.1 Andmete kirjeldamine

Antud alapeatükis lähemalt vaadeldakse andmeid ning metoodika kolme regressiooni mudeli jaoks; kirjeldatakse muutujaid, mis on regressioonanalüüsi jaoks välja valitud ning antakse ülevaade valitud muutujatest. Esimese kahe analüüsi jaoks autori poolt oli valitud kasutada andmeid 45 riiki kohta (Austraalia, Austria, Belgia, Brasiilia, Brunei, Kanada, Tšiili, Hiina, Colombia, Tšehhi Vabariik, Taani, Eesti, Soome, Prantsusmaa, Saksamaa, Kreeka, Ungari, Island, India, Indoneesia, Iirimaa, Iisrael, Itaalia, Jaapan, Korea Vabariik, Läti, Leedu, Luksemburg, Mehhiko, Holland, Uus-Meremaa, Norra, Poola, Portugal, Vene Föderatsioon, Singapur, Slovakkia, Sloveenia, Hispaania, Rootsi, Šveits, Tai, Türgi, Ühendkuningriik, Ameerika Ühendriigid), kus 37 neist on OECD riigid ning ülejäänud riigid on tugeva majandusega. Autori poolt riikide valik on selline, kuna nende hulgas on nii arenenud kui ka arendavad riigid; lisaks nende riikide kohta on kätte saadavad kõik andmed, mis on vajalikud analüüside jaoks. Selleks, et uurida pikaajalist seost autor on valinud ajaperioodi kestvusega 14 aastat ehk aastast 2004 kuni 2017 aastani.

Esimeses mudelis testitakse majanduskasvu mõju keskkonna saastumisele ning otsitakse vastust esimesele hüpoteesile- riigid, kus majanduskasv on suurem- suuremad ka CO2 emissioonid.

Selle analüüsi läbiviimiseks autori poolt on välja valitud kolm tegurit, mis on CO2 emissioonid inimese kohta *Net National Income* inimese kohta ja elanikke arv, kõik näitajad on esitatud logaritmides.

Uuringus keskkonna saastumine vaadeldakse nagu CO2 emissioonide juurutamine, kuna CO2 gaas on kõige suurem kasvuhoone efekti tekitaja maailmas, mis omavahel tähendab, et see on suur kliimasoojenemise ja keskkonna saastamise tekitaja. Antud mudelis autor võtab andmed iga valitud riiki CO2 emissioonide inimese kohta.

Inimeste rikkuse mõõtmiseks mudelis kasutatakse *net national income* inimese kohta. Lähtudes varasemate empiirilise uuringu analüüsist autori poolt on tehtud otsus mitte kasutada andmeid SKP inimese kohta, kuna selle teguri peetakse halvaks keskkonna heaolu tunnuseks. Selle asemel kasutatakse *net national income* inimese kohta, mis peetakse jätkusutlikkuse indikaatoriks ning kasutades antud teguri autor testib kuidas inimeste elutase mõjutab nende käitumist keskkonna saastumisele näol.

Veel üheks tunnuseks mudeli loomise jaoks on riikide rahvastik ning andmed on toodud ka iga aasta kohta. Antud tegur oli valitud, kuna populatsiooni suurenemisega suurenevad nii nõudlus kui ka pakkumine. Suureneb maakasutus, ressursside kasutus ning sellest tulenevalt suureneb keskkonna saaste ja kiireneb kliimamuutuse protsess, väheneb bioloogiline mitmekesisus. Elanikke arv kasvab iga aastaga ning antud mudelis uuritakse kuidas riikide valitsus saab hakkama elanikke püskasvuga ning kuidas see mõjutab keskkonda. Antud mudelis seda vaadeldakse kontrollmuutujaks.

Tabel 1. Töös kasutatavate andmete kirjeldav statistika

	CO2 emissioonid inimese kohta	<i>Net National Income</i> inimese kohta	Elanikke arv
Aritmeetiline keskmine	1,9639	9,993	16,7
Mediaan	2,086	10,263	16,223
Minimaalne väärtus	0,013997	6,4135	12,585
Maksimaalne väärtus	3,2752	11,558	21,053
Valimi standarthälve	0,62856	0,97965	1,8948

Allikas: (Worldbank, United Nations), autori arvutused

Tabelis 1 on esitatud kirjeldav statistika kolme muutujate kohta, mis kasutatakse esimese analüüsi jaoks ning kõik arvud on logaritmitud. Antud tabeli lähtudes on nähtav, et esitatud statistika *Net National Income* inimese kohta ja elanikke arvu näitaja kohta ei erine üks teisest väga palju. Maksimaalsete ja minimaal väärtuste vahel ei ole suuri erinevusi ning valimite standarthälved, mis näitavad kui palju kogu kogumist väärtused võivad keskmisest väärtusest erineda on suhteliselt väikesed. Aga mudelis kasutava sõltuva muutuja CO2 emissioonide kohta on võimalik teha järelduse, et näitajate vahel esinevad suuri erinevusi, lisaks valimi

standarthälve on suhteliselt suur. Sõltuva muutuja ekstreemsete näitajate pärast mudeli sees võivad esineda veod.

Tabel 2. Korrelatsioonanalüüs

CO2 emissioonid inimese kohta	<i>Net National Income</i> inimese kohta	Elanikke arv	
1.0000	0.7086	-0.4227	CO2 emissioonid inimese kohta
	1.0000	-0.5025	<i>Net National Income</i> inimese kohta
		1.0000	Elanikke arv

Allikas: (Worldbank, United Nations), autori arvutused

Autori poolt on läbi viidud korrelatsioonanalüüs, et uurida seost muutujate vahel. Tabel 2. lähtudes on nähtav, et ainult Net National Income inimese kohta ja CO2 emissioonid inimese kohta eksisteerib tugev positiivne seos, mis tähendab, et siis kui kasvab inimeste jõukus siis kasvavad CO2 heitkogused ning vastupidi. Elanikke arv aga CO2 heitkogusega inimese kohta keskmises negatiivses korrelatsioonis ehk siis kui elanikke arv suureneb siis heitkogused inimese kohta vähenevad. Sama keskmine negatiivne korrelatsioon esineb elanikke arvu ja Net National Income inimese kohta vahel ning kui üks nendest muutujatest suureneb siis teine väheneb.

Teise analüüsi käigus otsitakse vastust hüpoteesile, et riigid suurema digitaliseerimise rakendamisega toodavad vähem CO2. Selle mudeli koostamiseks autor on välja valinud seitse tegurit. Esimeseks teguriks on CO2 emissioonid, mis näitab kui palju iga aastaga riigid juuratavad heitmeid. Veel neli muutujat: protsentuaalne ICT toodete eksport riigi kogu toodete ekspordist, protsentuaalne ICT toodete import riigi kogu toodangute importist, internetikasutajate arv protsentides ja mobiilsidevõrgu abonendid on määratud digitaliseerimise indikaatoriteks antud analüüsis. Kolmas tegur on majanduskasv, mis on toodud protsentides ning näitab kui kiiresti areneb riigi majandus.

Selles mudelis CO2 emissioonid peetakse sõltuvaks tunnuseks ning analüüsi käigus vaadeldakse kuidas tehnoloogilise arenemisega muutuvad CO2 emissioonid. CO2 emissioonid

on väljendatud logaritmidest ja annavad ülevaadet kui palju emissioone juurutab aastast 2004 kuni 2017 aastani iga valitud riik.

Majanduskasv mõõdab tootmise ja toodangu suurenemist, mis on väljendatud protsentides aastast 2004 kuni 2017 aastani. Andmed pärinevad *World Bank*. Majanduskasvu alt mõeldakse toodangu ja tootmise protsentuaalne suurenemine, mida võrreldakse kahe perioodi vahel, mis on väljendatud aastas.

Human Development Index on lisatud mudelisse, kuna see näitab mitte vaid riigi majanduskasvu vaid inimeste elutaseme rikkuse laiendamist, see on indeks, mis on suunatud inimeste ja nende valikute ja võimaluste peale, see määrab inimeste elutsükli- kui pikka ja tervislikku elu inimesed elavad, sisaldab andmeid inimeste hariduse tase kohta ja kirjaoskuste kohta erinevates riikides. Antud indeksi kasutamine näitab kuidas inimeste haridustase ja elukvaliteet mõjutavad CO2 emissioonide juurutamist. *Human Development Index* mõõdetakse suhtarvude kasutamisega vahemikus nullist üheni. Väga kõrgema inimarengu näitavad riigid, kus indeks on 0,800 ja üheni, kõrgema arengu näitavad riigid numbritega 0,700- 0,799, keskmise arenguga riigid määratud vahemikus 0,550-0,699, riigid madalama inimarenguga määratud numbritega 0,350 kuni 0,549 ning riigid veel madalama indeksi indikaatoritega puuduvad.

Tabel 3. Töös kasutatavate andmete kirjeldav statistika

	log_CO2 emissioonid	ICT toodete eksport	ICT toodete import	Interneti kasutajad	Log_Mobiilisidevõrku kasutajad	Majanduskasv	<i>Human Development Index</i>
Aritmeetiline keskmine	4,8484	7,402	9,481	64,155	16,739	2,77	0,847
Mediaan	4,5682	3,981	8,294	70,000	16,402	2,73	0,873
Minimaalne väärtus	1,0882	0,068	2,754	1,976	12,218	-14,81	0,530
Maksimaalne väärtus	9,1941	47,890	39,207	98,260	21,109	25,16	0,953
Valimi standarthälve	1,7273	8,005	5,024	23,750	1,7789	3,60	0,080

Allikas: (Worldbank, United Nations), autori arvutused

Tabelis 3. on esitatud kirjeldav statistika teise analüüsi jaoks. CO2 emissioonid on logaritmitud ning seepärast valimi standarthälve ning erinevused maksimaalse ja minimaalse väärtuse vahel ei ole nii suured, mis saab olla kasulik normaaljaotuse testimise korral. Järgmised neli

muutujad, mis on ICT toodete eksport, ICT toodete import, interneti kasutajad ja mobiilsidevõrku kasutajad, nende kirjeldava statistika lähtudes on nähtav, et väärtused on väga erinevad üks teisest, mis näitab, et riikidel on väga erinevad digitaliseerimise tase. Majanduskasvu näitajad on väga suure erinevusega ka, mis saab olla toimunud selle ajaperioodi jooksul. Human Development indeksi puhul ei esine suuri erinevusi andmetes.

Tabel 4. Korrelatsioonanalüüs

CO2 emissioonid	ICT toodete eksport	ICT toodete import	Interneti kasutajad	Mobiilside kasutajad	Majanduskasv	Human Development Index	
1.0000	0.2062	0.2922	-0.2711	0.9178	0.1239	-0.3224	CO2 emissioonid
	1.0000	0.8900	-0.0127	0.1498	0.2017	-0.0836	ICT toodete eksport
		1.0000	-0.0574	0.2391	0.2288	-0.1125	ICT toodete import
			1.0000	-0.3511	-0.2856	0.8453	Interneti kasutajad
				1.0000	0.1251	-0.4505	Mobiilsidevõrku kasutajad
					1.0000	-0.3237	Majanduskasv
						1.0000	Human Development Index

Allikas: (Worldbank, United Nations), autori arvutused

Korrelatsioonanalüüsi tabeli põhjal on nähtav, et ICT toodete eksport ja import on CO2 emissioonide juurutamisega nõrgas positiivses seoses. Selline vastus saab olla seotud sellega, et mõnedel riikidel on hästi arenenud tehnoloogiat ja on hea digitaliseerimise tase, kuigi vaatamata sellele CO2 heitmed on ikkagi oluliselt suured. Interneti kasutajad on sõltuva muutujaga nõrgas negatiivses seoses, mis näitab seda, et kui interneti kasutajate arv suureneb siis vähenevad CO2 emissioonid. Veel üks digitaliseerimise indikaator ehk mobiilsidevõrku kasutajad on väga tugevas positiivses seoses CO2 emissioonidega. Majanduskasv on näidanud väga nõrga positiivse seose CO2 emissioonide juurutamisega, mis näitab et riigid, kus majandus kasvab kiiremini emissioonid ei muutu, sest saadud väärtus on nullilähedane.

Kui võrrelda sõltumatud muutujad omavahel siis on võimalik järeldada, et ICT toodete import ja eksport on väga tugevas korrelatsioonis ja kui üks nendest kasvab siis teine muutuja kasvab ka, kuigi need kaks digitaliseerimise näitajad on nõrgas negatiivses korrelatsioonis interneti

kasutajate ja *Human Development* indeksiga. Mobiilsidevõrku kasutajad ning majanduskasv on nende kahe muutujatega nõrgas positiivses seoses, ehk siis kui näiteks majanduskasv suureneb siis suurenevad ka ICT toodete eksport ja import. Interneti kasutajad on suht nõrgas negatiivses korrelatsioonis mobiilsidevõrgu kasutajate ja majanduskasvuga aga *Human Development* indeksiga on tugevas positiivses seoses, mis näitab seda, et kui inimese haridustase kasvab siis suureneb interneti kasutajate arv. Kui pöörata tähelepanu mobiilsidevõrgu kasutajate peale siis on nähtav, et vaadeldav muutuja on majanduskasvuga nõrgas positiivses seoses ning keskmises negatiivses seoses *Human Development* indeksiga. Viimase korrelatsiooni vahel ehk majanduskasvu ja *Human Development* indeksi vahel eksisteerib keskmine negatiivne korrelatsioon.

Kolmanda analüüsi puhul testitakse hüpoteesi, et riigid, kus kirjutatakse rohkem teadus artikleid on CO2 emissioonid väiksem.

Analüüsi jaoks on välja valitud seitse muutujad- CO2 emissioonid, mis on logaritmitud ja *Scholarly output*, mis näitab kui palju artikleid on kirjutatud digitaliseerimise temal, mille hulgas on artiklid mis on seotud pilveandmetöötluse, arvutisüsteemide, energiatehnoloogia, ICT tehnoloogiate ja R&D valdkonnaga; *Scholarly output*, mis näitab kui palju artikleid on kirjutatud keskkonna temal ning peamiselt artiklid seotud kliimamuutuse, negatiivse emissioonide, kliima, CO2 emissioonide, energia kasutamise ja süsiniku kasutamise intensiivsusega. . Kontorollmuutujateks on valitud elanikkonna arv ning SKP inimese kohta. Antud analüüsi jaoks valemimaht on juba väiksem, kuna andmebaasides ei ole kõikide eelvalitud riikide kohta informatsiooni või see osaliselt puudu. Valitud riiki on nüüd 37 ja nende hulgas on Austraalia, Austria, Belgia, Brasiilia, Kanada, Tšiili, Hiina, Kolumbia, Tšehhi Vabariik, Taani, Soome, Prantsusmaa, Saksamaa, Kreeka, Ungari, India, Iirimaa, Iisrael, Itaalia, Jaapan, , Läti, Leedu, Mehhikos, Holland, Uus-Meremaa, Norra, Poola, Portugal, Venemaa Föderatsioon, Singapur, Slovakkia, Hispaania, Rootsi, Šveits, Tai, Türgi, Ühendkuningriik, Ühendriigid. Samas analüüsis kasutatakse andmeid 9 aasta kohta ehk aastast 2009 kuni 2017 aastani.

Tabel 5. Töös kasutatavate andmete kirjeldav statistika

	CO2 emissioonid	Elanikke arv	Scholarly output keskkonna teemadel	Scholarly output digitaliseerimise teemadel	SKP inimese kohta	Keskharidusega inimesed
Aritmeetiline keskmine	5,1696	17,096	2,5156	6,5795	10,118	81.913
Mediaan	4,917	16,82	2,3979	6,363	10,403	88.000
Minimaalne väärtus	1,9725	14,479	2,3026	5,2095	7,2134	38.100
Maksimaalne väärtus	9,1941	21,053	5,4381	9,9213	11,425	100.00
Valimi standarthälve	1,5876	1,5747	0,436	0,97648	0,86145	17.704

Allikas: (*Worldbank, United Nations, SciVal*), autori arvutused

Tabel 5. kirjeldab kolmanda analüüsi jaoks valitud muutujad. Kõik muutujad on logaritmitud, selleks, et ei esineks ekstreem väärtusi ning mudel alluks normaaljaotusele. See näitab ka seda, et muutujate minimaalsete ma maksimaalsete väärtuste vahel ei ole suurt vahet ning valimite standarthälved on väikesed.

Tabel 6. Korrelatsioonanalüüs

CO2 emissioonid	Elanikke arv	Scholarly output keskkonna teemadel	Scholarly output digitaliseerimise teemadel	SKP inimese kohta	Keskharidusega inimesed	
1	0,9412	0,5351	0,6803	-0,2772	-0,192	CO2 emissioonid
	1	0,4845	0,6536	-0,5027	-0,4015	Elanikke arv
		1	0,6378	-0,1273	0,0222	Scholarly output keskkonna teemadel
			1	-0,0791	-0,0482	Scholarly output digitaliseerimise teemadel
				1	0,6733	SKP inimese kohta
					1	Keskharidusega inimesed

Allikas: (*Worldbank, United Nations , SciVal*), autori arvutused

Selle korrelatsioonanalüüsi vaadates on nähtav, et sõltumatud muutujad mõjutavad sõltuva muutuja väga erinevalt. Nii SKP inimese kohta on CO2 emissioonidega nõrgas negatiivses korrelatsioonis, ehk kui inimeste sissetulek suureneb siis CO2 emissioonid vähenevad. Elanikke arv mõjutab positiivselt CO2 heitmed ning need kaks muutujad on väga tugevas korrelatsioonis. Teadusartiklite arv nii keskkonna teemadel kui ka digitaliseerimise teemadel on keskmises positiivses seoses ehk siis on võimalik järeldada, et kui CO2 emissioonide juurutamine kasvab siis riikides hakatakse rohkem uurida kliima muutusest ning võimalikest

lahendustest R&D tehnoloogiate näol. Inimesed kes omandasid keskhariduse ja on 25 aastad või vanem ning CO2 emissioonid on omavahel nõrgas negatiivses korrelatsioonis, mille puhul on võimalik väita, et riikidel, kus inimestel haridus tase kõrgem on CO2 emissioonid väiksem. Vaadates korrelatsiooni peale, mis esineb sõltumatute muutujate vahel siis on nähtav, et teadus artiklid, mis on kirjutatud nii keskkonna kui ka digitaliseerimise teemadel on positiivses keskmises korrelatsioonis elanikke arvuga ja nõrgas negatiivses seoses SKP-ga inimese kohta. Samas eksisteerib keskmine korrelatsioon teadus artiklite vahel. Kui vaadata korrelatsiooni SKP inimese kohta ning elanikke arvu peale siis see on keskmiselt negatiivne, mis näitab seda, et elanikke arvu suurenemisega langeb inimeste sissetulek, samas keskmises positiivses korrelatsioonis SKP inimese kohta on näitaja, mis näitab keskharidusega inimesi ning see tähendab, et inimestel kõrgema haridusega on sissetulek ka suurem.

2.2 Ökonomeetrilised mudelid ja meetodid

Antud bakalaureusetöös rakendatakse kolm regressioonanalüüsi mudelit, mille eesmärgiks on leida vastust kolme püstitatud hüpoteesi jaoks. Kasutatakse paneelandmeid, kuna mudelis toimub varieerumine ajalõikes ja objektide lõikes ehk siis aegridade ja läbilõike andmed koos.

Analüüside läbi viimiseks kasutatakse Gretl tarkvara ning andmete importimiseks kasutatakse vinnastatud ristanndmed, mis tähendab, et kõigiepealt vaadetakse kõike riikide andmeid esimesel ajaperioodil ja niimoodi kuni 14 aastad saavad täis. Kasutatud mudelis on kõik aegread ühepikkused, kus aegridade pikkus on 14 aastad ja objektide arv, mis moodustavad riigid on 45, seega vaatluste koguarv on 630 ning see kehtib esimese ja teise analüüsi jaoks, kolmandas analüüsis kasutakse 38 riike ning 8 aastase perioodiga seega vaatluste arv on 304. Tuginedes varasemate uuringutele ja läbi viidud analüüsi käigus testidele autor on valinud juhuslike efektidega mudeli.

Kuna kõige kolme analüüsi jaoks kasutatakse paneelandmeid siis kolme mudeli kuju näeb välja järgmiselt:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_n X_{nit} + u_{it}$$

Kus

Y_{it} on sõltuv muutuja

$X_1 \dots X_n$ on sõltumatu muutujad

u_{it} on juhuslik komponent

i on indeks mis loendab objekte

t on indeks mis loendab ajaperioode

β_0 , β_1 ja β_n on regressiooni koefitsiendid

Oluliseks aspektiks selle töö juures on see, et iga mudeli analüüsimise käigus autor pöörab suure tähelepanu tunnuste koefitsientidele, mis näitavad kas tunnused mõjutavad negatiivselt või positiivselt sõltuvat muutujat, selline lahenemine saab anda suuremat ja selgemat ülevaadet iga tunnuse kohta.

Mudelite põhjalikumaks testimiseks autor viib läbi mitu testi. Kõikide mudeli jaoks viiakse läbi heteroskedastiivsuse testi White testi abil, mis näitab kas jääkliikmete dispersioon on konstante või mitte. Kui heteroskedastiivsus esineb siis see tähendab, et vaatlused on heterogeensed ja usalduspiirid on valed ning see viib ebaefektiivse hinnanguni.

Teiseks testiks on valitud autokorrelatsiooni test, mille käigus on võimalik saada vastuse kas standartvead on valed või mitte. Kolmandaks testiks on normaaljaotuse test, mille abil on võimalik aru saada kas jäägid alluvad normaaljaotusele või ei ole parameetrite hinnangud mõjusad.

3. TULEMUSTE TÕLGENDAMINE

3.1 Esimene analüüsi tulemused

Esimese analüüsi läbiviimiseks autor on püstitanud hüpoteesi, et riikides, kus majanduskasv on suurem- suuremad ka CO2 emissioonid. Ning autor kasutab juhuslike efektidega mudeli.

Tabel 7. Esimese mudeli parameetrid

	Koefitsent	Standartviga	z	p-väärtus
const	-2.83680	0.636718	-4.455	$8.38 \cdot 10^{-6}$ ***
l_NNI	0.489556	0.0238666	20.51	$1.68 \cdot 10^{-93}$ ***
l_PPL	0.00862535	0.0333832	0.2584	0.7961

Allikas: (*Worldbank, United Nations*), autori arvutused

Kus

Y on CO2 emissioonid inimese kohta kilotonnides

l_NNI on *Net National Income* inimese kohta

l_PPL on elanikke arv

Märkused:

$R^2 = 0,5278$

n= 630

Saadud analüüsi käigus mudel on statistiliselt oluline, kuna Wald testi p-väärtus on $1,2657 \cdot 10^{-78}$ mis on olulisuse nivoo 0,05, seega tuleb vastu võtta null hüpoteesi, et mudel on statistiliselt oluline. Saadud vastus annab ka tõesuse püstitatud hüpoteesile, et riikides, kus majanduskasv on suurem- suuremad CO2 emissioonid ka. Selline tulemus näitab seda, et mudelis on vähemalt üks statistiliselt oluline muutuja. Selleks, et seda tõestada on vaja vaadata iga muutuja teststatistiku olulisuse tõenäosuse, samas edaspidi autor pöörab tähelepanu muutujate koefitsientidele, mille abil on aru saadav kuidas üks või teine muutuja mõjutab sõltuva tunnuse. Esimene muutuja on konstant, mis on antud mudelis statistiliselt oluline, kuna p-väärtus $8,38 \cdot 10^{-6}$ on olulisuse nivoo 0,05 väiksem. Konstanti koefitsient ehk vabaliige näitab millega võrdub y ja antud juhul see on logaritmitud CO2 emissioonid, kui kõik muutujad on võrdsed 0 ja selle mudeli puhul see on -2,83680 ehk see mõjutab emissioone negatiivselt. Teine muutuja on Net National Income inimese kohta, mis on ka väljendatud logaritmides, näitab p-väärtuse $1,68 \cdot 10^{-93}$, mis on olulisuse nivoo 0,05 väiksem ehk siis statistiliselt oluline. Vaadates muutuja koefitsienti, mis on 0,48956 on võimalik järeldada, et *Net National Income* inimese kohta suurenemisel suurenevad ka CO2 heitkoguse juurutamised inimese kohta. Kolmas muutuja on

aga statistiliselt mitteoluline, kuna saadud p- väärtus on 0,7961, mis on olulisuse nivoo 0,1 suurem.

Lisaks statistilise olulisuse testimisele autor viib läbi mitu testi:

White testi saadud p-väärtus on 0, mis on olulisuse nivoo 0,05 väiksem ning see tähendab, et nullhüpotees on ümber lükatud ja tuleb vastu võtta sisukas hüpoteesi, et heteroskedastiivsus esineb, esinevad vealiikmed.

Hausmani testi korral saadud p-väärtus on 0,0656 on olulise nivoo 0,05 suurem ning see tähendab, et mudeli hinnangud on mõjusad ja seda mudeli võib kasutada.

Autokorrelatsiooni testimise korral p-väärtus on $6,0618 \cdot 10^{-14}$, mis on väiksem, kui olulisuse nivoo ning see tähendab, et tuleb vastu võtta sisukas hüpoteesi, et autokorrelatsioon esineb.

Veel üks läbi viidud test normaaljaotuse testimiseks näitab p-väärtuse 0,05894, mis on olulisuse nivoo 0,05 suurem ning see tähendab, et jäägid alluvad normaaljaotusele.

3.2 Teise analüüsi tulemused

Teise analüüsi läbiviimiseks autor on püstitanud hüpoteesi, et riigid suurema digitaliseerimise rakendamisega toodavad vähem CO2 emissioone.

Tabel 8. Teise mudeli parameetrid.

	Koefitsent	Standartviga	z	p-väärtus
const	-3.89368	0.439320	-8.863	$7.79 \cdot 10^{-19}$ ***
ICTE	0.00634199	0.00280371	2.262	0.0237 **
ICTI	-0.00442948	0.00380548	-1.164	0.2444
INTR	0.000506979	0.000817826	0.6199	0.5353
1 MBCS	0.381926	0.0219321	17.41	$6.46 \cdot 10^{-48}$ ***
MDK	-0.000795797	0.00184273	-0.4319	0.6658
HDI	3.03947	0.511267	5.945	$2.76 \cdot 10^{-19}$ ***

Allikas: (*Worldbank, United Nations*), autori arvutused

Kus

$\ln Y$ on logaritmitud CO2 emissioonid

ICTE on protsentuaalne ICT toodete eksport
ICTI on protsentuaalne ICT toodete import
INTR on protsent iga riigi elanikke arvust, kes kasutavad interneti
lnMBCS on logaritmitud mobiilsidevõrgu abonendid
MDK on protsentuaalne majanduskasv
HDI on *Human Development* Indeks lihtarv

Märkused:

$R^2 = 0,83$
 $n = 630$

Saadud analüüsi käigus Wald test p-väärtus on $9,5587 \cdot 10^{-24}$ tähendab, et mudel tervikuna on statistiliselt oluline ning saadud vastus tähendab, et riigid suurema digitaliseerimise rakendamisega toodavad vähem CO₂ emissioone. Lisaks sellele autor vaatab kõik muutujad eraldi, et näidata iga muutujate panuse selle mudelise ning kuidas need muutujat mõjutavad antud mudeli. Esimese muutuja ehk konstandi puhul on p-väärtus $7,79 \cdot 10^{-19}$, mis on olulisuse nivoo 0,05 väiksem ehk siis statistiliselt oluline, konstandi koefitsient on negatiivne -3,8937. ICT toodete ekspordi p-väärtus on 0,0237, mis on 0,05 väiksem, mis tähendab, et muutuja on statistiliselt oluline ning koefitsiente vaadates 0,00634 on nähtav, et see mõjub positiivselt sõltuvat muutujat. ICT toodete import ei mõjuta CO₂ emissioone, kuna saadud p-väärtus on 0,2444, mis on olulisuse nivoo 0,05 suurem. Interneti kasutajad, mis on väljendatud protsentides kogu riigi elanikkonnast on ka mitteoluline tunnus, kuna p-väärtus on 0,5353, mis on 0,05 suurem. Logaritmitud mobiilsidevõrgu abonentide p-väärtus on $6,46 \cdot 10^{-68}$, mis on olulisuse nivoo 0,05 väiksem ehk siis peetakse statistiliselt olulisemaks tunnuseks, antud muutuja mõjutab CO₂ emissioone positiivselt, kuna koefitsient on võrdne 0,38192. Majanduskasvu mõju ei leidnud antud mudeli korral tõestuse, et see mõjutab CO₂ emissioone, p-väärtus 0,6658 on suurem olulisuse nivoost 0,05. Human Development indeksi korral p-väärtus on $2,76 \cdot 10^{-9}$, mis on olulisuse nivoost 0,05 väiksem ja seepärast on statistiliselt oluline ning koefitsient väärtusega 3,03947 näitab seda, et Human Development indeksi suurenemisega suurenevad CO₂ heitkogused ka.

Breusch-Pagan testi korral on saadud p-väärtus 0, mille puhul tuleb vastu võtta sisukas hüpoteesi, et heteroskedastiivsus esineb.

Hausmani testi korral on p-väärtus $5,3341 \cdot 10^{-35}$, mis on olulisuse nivoo 0,05 suurem ning tuleb vastu võtta nullhüpoteesi, et mudeli hinnangud on mõjusad.

Wooldridge testi autokorrelatsiooni testi korral p-väärtus on $2,4519 \cdot 10^{-16}$, mis on 0,05 väiksem, mille puhul tuleb vastu võtta sisukas hüpoteesi, et autokorrelatsioon esineb. Mudelis jäägid ei allu normaaljaotusele, kuna normaaljaotuse testi abil oli saadud p-väärtus 0, mille puhul võetakse vastu sisukas hüpoteesi.

3.3 Kolmanda analüüsi tulemused

Kolmanda analüüsi läbiviimiseks autor on püstitanud hüpoteesi, et riigid, kus kirjutatakse rohkem teadus artikleid on CO2 emissioonid väiksem.

Tabel 9. Kolmanda analüüsi parameetrid

	Koefitsent	Standartviga	z	p-väärtus
const	-16,5795	1,09912	-15,08	$2,05 \cdot 10^{-51}$ ***
1 PPL	1,09464	0,0460902	23,75	$1,10 \cdot 10^{-124}$ ***
1 SHLK	-0,00949754	0,0317029	-0,2996	0,7645
1 SHLD	-0,138769	0,0218176	-6,360	$2,01 \cdot 10^{-10}$ ***
1 GDP	0,386019	0,0589867	6,544	$5,98 \cdot 10^{-11}$ ***
KHI	0,000806191	0,000771341	1,045	0,2959

Allikas: (Worldbank, United Nations , SciVal), autori arvutused

Kus

lnY on logaritmitud CO2 emissioonid

PPL on logaritmitud elanikke arv

SHLK on logaritmitud *Scholarly output* keskkonna teemal tükkides

SHLD on logaritmitud *Scholarly output* digitaliseerimise teemal tükkides

KHI on keskhariidusega ja kõrgema tasemega elanikke protsent (vanuses 25 ja vanem)

GDP on logaritmitud SKP inimese kohta

Märkused:

n = 304

$R^2 = 0,930463$

Wald testi korral saadud p-väärtus on $5,78238 \cdot 10^{-125}$, mis on 0,05 väiksem, seega tuleb vastu võtta nullhüpoteesi, et riigid, kus kirjutatakse rohkem teadus artikleid on CO2 emissioonid väiksem. Samas eraldi vaadates iga muutujat on võimalik leida täpsemat seost sõltumatu ja sõltuva muutujate vahel. Konstant on antud mudelis statistiliselt oluline p-väärtus on $2,05 \cdot 10^{-51}$, mis on olulisuse nivoo 0,05 väiksem, ning konstanti koefitsient on negatiivne $-16,5795$. Elanikkond, mis on antud mudeli logaritmitud näitab p-väärtuse $1,10 \cdot 10^{-124}$ mis näitab muutujate statistilist olulisust ning koefitsient $1,09464$ näitab seda, et elanikkonna suurenemisega suurenevad CO2 emissioonid. Teadusartiklite arv, mis on kirjutatud keskkonna teemadel on p-väärtusega $0,7645$, mis on olulisuse nivoo suurem ja seejärel on statistiliselt mitteoluline. Teadusartiklite arv, mis on kirjutatud digitaliseerimise teemal on statistiliselt oluline, mis tõestab p-väärtus $2,01 \cdot 10^{-10}$, mis on olulisuse nivoo 0,05 väiksem ning riikides, kus kirjutatakse rohkem artikleid digitaliseerimise teemal vähenevad CO2 emissioonide juurutamised, mis tõestab koefitsiendi negatiivne väärtus $-0,138769$. Muutuja, mis näitab kui palju inimesi riigis omandatud keskkaridusega vanuses 25 ja vanem ning väljendatud protsentides on statistiliselt mitteoluline, kuna p-väärtus $0,2959$ on olulisuse nivoo 0,05 suurem.

Breusch-Pagan testi korral saadud p-väärtus on $4,34032 \cdot 10^{-202}$, mis tähendab, et nullhüpoteesi tuleb ümber lükata ning võtta vastu sisukas hüpoteesi, et heteroskedastiivsus esineb, esinevad vealiikmed.

Hausmani testi korral on p-väärtus $0,000571$, mis on olulisuse nivoo 0,05 väiksem, ning nullhüpoteesi, et hinnangud on mõjusad on tagasi lükatud.

Autokorrelatsiooni testi viidi läbi Durbin Watsoni testi abil ning saadud p-väärtus $2,77556 \cdot 10^{-16}$, mis on väiksem olulisuse nivoo 0,05 ning seejärel tuleb vastu võtta sisukas hüpoteesi, et esineb autokorrelatsioon.

Normaaljaotuse testi korral saadud p-väärtus $0,64385$ on olulisuse nivoo 0,05 suurem, seega tuleb vastu võtta nullhüpoteesi, et jäägid alluvad normaaljaotusele.

3.4 Järeldused

Antud osas autori poolt oli läbi viidud kolm regressioonanalüüsi kasutades juhuslikke efektidega mudelit. Kaks analüüsi oli tehtud vaatluste arvudega 630 ning kolmas analüüsi jaoks

on vaatluste arv 304. Kõike kolme mudeli puhul on vastu võetud null hüpotees, et püstitatud mudelid on statistiliselt olulised.

Esimese mudeli puhul on autor teinud järelduse, et riikides suurema majanduskasvuga on suuremad CO₂ emissioonid. Kuigi mitte kõik mudeli muutujad on statistiliselt oluliselt. Selle mudeli puhul statistiliselt olulised konstant ja Net National Income inimese kohta. Samas autor on pööranud suure tähelepanu muutujate koefitsientidele ning Net National Income inimese kohta muutuja on näidanud positiivse seose, ehk siis kui inimeste jõukus suureneb siis suurenevad CO₂ heitmed inimese kohta. Lisaks sellele autori poolt on viidud mitu analüüsi, mis on näidanud, et rakendatud mudeli kuju on vale, mudelis esinevad vealiikmed ja seepärast koefitsientide analüüs ei pruugi olla täpne. Selline vastus saab olla seotud riikide omapärasest. Analüüsi jaoks oli valitud riigid nii suure CO₂ emissioonide kui ka väga väikeste CO₂ emissioonide näitajatega, mis on näidanud väga erineva majanduskasvu.

Teise mudeli puhul on saadud vastus, et riigid suurema digitaliseerimise rakendamisega toodavad vähem CO₂ emissioone, kuigi kõik digitaliseerimise muutujad ei ole statistiliselt olulised. Sõltumatustest muutujatest autor on pööranud tähelepanu ICT toodete ekspordi peale ning mobiilsidevõrgu abonentide peale, kuna need kaks digitaliseerimise näitajad on statistiliselt olulised ja otseselt mõjutavad emissioone peale. Lisaks sellele autor on läbi viinud mitu testi, mis on näidanud, et selle mudeli kuju on vale ka ning esinevad vea liikmed, mis saab põhjustada vale regressioonanalüüsi tulemusele.

Kolmanda mudeli puhul autor on teinud järelduse, et riigid, kus kirjutatakse rohkem teadus artikleid digitaliseerimise ning teadus- ja arengutegevuse teemadel CO₂ emissioonid langevad. Kui vaadata teadus artiklite muutuja peale, mis on kirjutatud keskkonna teemadel siis nad ei mõjuta CO₂ emissioone ning peetakse statistiliselt mitteoluliseks muutujaks antud analüüsis. Samas mitteoluliseks peetakse seost CO₂ emissioonide ja inimeste haridustase vahel. Samas inimeste sissetuleku näitaja, mis on antud juhul SKP inimese kohta sõltuva muutujaga positiivses seoses nii nagu esimese analüüsi puhul. Saadud tulemused aga võivad olla tegelikkest erinevad, kuna lisa testide läbi viimise käigus selgus, et mudelis esineb heteroskedastiivsus, mida ei õnnestunud likvideerida.

KOKKUVÕTE

Antud bakalaureusetöös tähelepanu oli pööratud muutustele tänapäevas maailmas, mis tekkivad nii keskkonna kui ka inimestega, mis oli väljendatud kliimamuutuse ja digitaliseerimise näol. Töö eesmärgiks oli uurida kuidas digitaaliseerimine saab kaasa aidata CO₂ emissioonide vähenemisele ning seejärel aeglustada kliima soojenemist.

Töö eesmärgi jõudmiseks autori poolt oli püstitatud kolm hüpoteesi ning iga hüpoteesi kohta on läbi viidud analüüsid. Arvesse on võetud 45 riikide näitajad 14 aastase lõikes ning kasutatud andmed riikide majandusenäitajate- digitaliseerimise- ja arengunäitajate kohta ning on lisatud kontrollmuutuja, mis on iga riiki elanikkonna arv.

Esimese analüüsi puhul oli vastu võetud nullhüpotees, mille järgi autor saab järeldada, et inimeste sissetuleku ja CO₂ emissioonide vahel eksisteerib positiivne seos. Analüüsi tulemused on näidanud, et inimeste jõukuse suurenemisega suurenevad ka heitkogused. Selles mudelis elanikke arvu suurenemine ei mõjuta oluliselt heitkoguse juurutamist. Samasuguse vastuse autor on saanud töö teises peatükis korrelatsioonanalüüsi läbiviimise puhul. Autori poolt on läbi viidud ka mitu testi (Breusch-Pagan test, Hausman test, Dubrin Watson test ja normaaljaotuse test), mille käigus autor on jõudnud järeldusele, et mudeli sees eksisteerivad ekstreemsed väärtused riikide näol, mille puhul mudelis esinevad vealiikmed ja hinnangud võivad olla ebausaldusväärsed.

Teise analüüsi puhul oli vastu võetud nullhüpotees, et riigid suurema digitaliseerimise rakendamisega toodavad vähem CO₂ emissioone. Analüüsi tulemused on näidanud, et mitte kõik digitaliseerimise näitajad aitavad kaasa CO₂ vähenemisega. Mudeli sees on kolm statistiliselt olulised tunnused ning kolm statistiliselt mitteolulise tunnuse. Digitaliseerimist mõjutavad ICT toodete eksport, mobiilsidevõrgu abonendid ja *Human Development Index*.

Kolmanda analüüsi puhul oli vastu võetud nullhüpotees, et riigid, kus kirjutatakse rohkem teadus artikleid keskkonna ja digitaliseerimise teemadel on CO₂ emissioonid väiksem. Vaatamata sellele, et mudel tervikuna on statistiliselt oluline, artiklid, mis on kirjutatud keskkonna teemadel ei mõjuta CO₂ emissioone vaid ainult digitaliseerimise teemalised artiklid. Saadud mudelis elanikke arvu suurenemine suurendab heitmeid, mis on vastuolus esimese mudeli tulemusega.

Käesolevas töös autoril on esinenud probleeme andmete kättesaamisega, kuna paljud andmebaasid on tasulised või ei ole võimelised pakkuda vajalikku informatsiooni.

SUMMARY

IMPACT OF RESEARCH AND DEVELOPMENT, DIGITAL TECHNOLOGIES AND ECONOMIC GROWTH ON CO₂ EMISSIONS

Elizaveta Petrova

Nowadays there are a lot of environmental issues due to climate change, which is caused by human factors, but the most serious problem is greenhouse gas emissions. They are the biggest air polluters and main climate warming factors. People use these gases in their daily life and in running of businesses, which leads to economic growth. In some way, people often have to decide whether they want to save their businesses and national economy or to save nature.

To separate these two factors, people have tried to invent technologies, digitalize some processes and undertake multiple research projects in order to find possible solutions to climate change problems. The aim of this paper is to find out how digitalization can help to reduce CO₂ emissions and therefore to slow down global warming.

The aim is supported by following questions:

- Countries with more rapid economic growth have bigger CO₂ emissions
- Countries, which have a strong digitalization development produce less CO₂
- Countries, which produce more research papers have lower CO₂ emissions.

To support established hypotheses, the author pays attention to theoretical background and studies which have already been realised. Coase theorem, Porter hypothesis, Kuznets curve and IPAT model show that CO₂ emissions depend on economic growth, and without new technologies and investments in ICT and R&D countries with a large amount of CO₂ emissions cannot decouple these two variables. Moreover, studies show that emissions are growing until the economy reaches a certain level, which then causes CO₂ emissions decrease.

The empirical part of this paper is about testing three regressions. To test hypotheses, the author utilizes a regression model with random effects. For the first two hypothesis data of 37 countries is collected from year 2004 to 2017. For the last analysis- data of 38 countries from 2009 to 2017. Time frame choice is based on data availability.

For the thirist hypothesis the author chooses three variables- CO2 emissions per capita, Net National Income per capita and population; all numbers are described as logarithms. According to analysis, there is a statistically positive relation between CO2 emissions and economic growth, however the given model presents some serious problems with regards to heteroscedasticity. This means that the model has wrong shape due to extreme values leading to potentially wrong results.

For the second model, variables such as CO2 emissions, ICT goods export and import, the use of internet, phone subscriptions, economic growth and Human Development Index are chosen. The analysis results show that in countries with a better digitalization- CO2 emissions are lower. But in this model, the author deals with a heteroscedasticity answer, caused by extreme values of countries with large amounts of CO2 emissions.

The third model tests a hypothesis claiming that countries, where more attention is paid to research projects of environmental change and digitalization, have lower C02 emissions. To test it, the author uses five variables- population, scholarly output for climate change and scholarly output for digitization, GDP per capita and population with at least some secondary education. Results of studies show that hypothesis is statistically significant, however extreme values between variables may result in actual results being different.

In the author's opinion, the given results are logical, because every country has its own way of developing national economy and consumption of resources. Author strongly agrees with the first hypothesis, which states that countries with a better economy have a greater reduction of CO2 emissions, while also having high levels of digitalization, human development and a large number of research projects on environmental and digitalization topics.

KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

Bernauer, T. (2013). Annual Review of Political Science.- *Climate Change Politics*. Vol. 16, 421-448

Ciaoca, L. (2015). *Sustainable Development and Technological Impact on CO2 Reducing Conditions in Romania* Kättesaadav: <https://www.mdpi.com/2071-1050/7/2/1637/htm> , 10 aprill 2020

Courant Research Centre. Grunewald, N (2011). *Income inequality and carbon emissions* Kättesaadav: https://www.researchgate.net/publication/5215629_Carbon_Emissions_and_Inequality , 7 mai 2020

European Cenral Bank. Elding, C., Morris, R. (2018). *Digitalisation and its impact on the economy: insights from a survey of large companies*. Kättesaadav: https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/focus/2018/html/ecb.ebbox201807_04.en.html 1 aprill 2020

Ghobakhloo, M (2019). Journal of cleaner Production.- *Industry 4.0, digitalization, and opportunities for sustainability*. Vol 252.

Goodness, C. (2017). Cogent Economics & Finance.- *Effect of economic growth on CO2 emission in development countries: Evidence from a dynamic panel threshold model*. Kättesaadav: <https://www.cogentoa.com/article/10.1080/23322039.2017.1379239> 1 aprill 2020

Grunewald, N. (2017). Ecological Economics.- *The Trade-off Between Income Inequality and Carbon Dioxide Emissions*, Vol. 142, 249-256

Heidari, H. (2014). Electrical Power and Energy Systems.- *Economic growth, CO2 emissions, and energy consumption in the five ASEAN countries*. Vol. 64, 785- 791

James D. Ward.(2016). *Is Decoupling GDP Growth from Envirometal Impact Possible?* Kättesaadav: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5065220/> , 10 aprill 2020

Khalin, G. (2018). *Digitalization and Its Impact on the Russian Economy and Society: Advantages, Challenges, Threats and Risks* Kättesaadav: <https://www.acjournal.ru/jour/article/viewFile/943/926> , 9 mai 2020

Porter, M., Van Der Linde, C. (1995). *Journal of Economic Perspectives.- Toward a New Conception of the Enviromental- Competitiveness Relationship*. Vol. 9, No 4, 97-118

Schandl, H. (2016). *Journal of Cleaner Production.- Decoupling global environmental pressure and economic growth: scenarios for energy use, materials use and carbon emissions*, Vol.132, 45-56.

T. Paas „Sissejuhatus ökonomeetriasse“, 8.ptk “Ökonomeetriline projekt”

United Nations Development Programme. Conceicao, P (2019) *Beyond income, beyond averages, beyond today: Inequalities in human development in the 21th century*. [Blog post]. Kättesaadav: <http://www.hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2019.pdf> , 10 aprill 2020

United Nations. Fischer-Kowalski,M (2011) *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth*. Kättesaadav: https://books.google.ee/books?hl=en&lr=&id=dGt0Rogq6MIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=decouple+economic+growth&ots=jwN_kzPRy6&sig=P4YeToWJYRq2HsGerAxHfYF0p78&redir_esc=y#v=onepage&q=decouple%20economic%20growth&f=false

United Nations. (2018). *Human Development Index (HDI)*.— [E-andmebaas]

Kättesaadav: <http://hdr.undp.org/en>

Vasilenko, A. (1997). *Экология и экономика: проблемы и поиски путей устойчивого развития* Kättesaadav: http://www.spsl.nsc.ru/download/ecology/V_38.pdf , 9 mai 2020

World Economic Forum. Spelman, M. (2016) *World Economic Forum White Paper Digital Transformation of Industries: In collaboration with Accenture*. [Blog post]. Kättesaadav: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/wef-dti-societal-implications-narrative-final-january-2016-c.pdf> , 5. mai 2020

LISAD

Tabel 10. Teise analüüsi andmed

Riik	Aasta	Y	ICTE	ICTI	INTR	MBCS
1	2004	383,20	1,98	12,38		16480000
2	2004	77,92	5,33	7,37	54,28	7992000
3	2004	128,83	4,18	5,07	53,86	9131705
4	2004	333,68	2,08	11,09	19,07	65605000
5	2004	4,87	0,30	4,62	29,72	202454
6	2004	586,47	3,74	9,33	65,96	15020000
7	2004	59,05	0,59	8,26	7,30	9261385
8	2004	5125,89	29,96	23,82	28,18	335000000
9	2004	54,57	0,30	10,13	9,12	10400578
10	2004	128,11	12,02	12,21	35,50	10782567
11	2004	55,07	6,24	10,95	80,93	5166912
12	2004	17,28	17,24	11,86	53,20	1255731
13	2004	68,96	17,09	12,62	72,39	4988000
14	2004	423,71	6,49	8,89	39,15	44544000
15	2004	887,46	7,94	11,27	64,73	71322000
16	2004	109,53	3,36	6,20	21,42	9324335
17	2004	60,42	28,29	21,24	27,74	8727188
18	2004	3,10	0,07	6,52	83,88	290068
19	2004	1145,55	1,43	8,31	1,98	52220000
20	2004	339,85	9,12	3,83	2,60	30336607
21	2004	46,13	22,51	24,33	36,99	3860000
22	2004	58,68	9,88	10,40	22,77	7221955
23	2004	494,59	3,24	7,60	33,24	62750000
24	2004	1283,04	18,44	14,49	62,39	91474000
25	2004	478,61	33,31	16,65	72,70	36586052
26	2004	7,74	1,65	5,69	38,58	1536712
27	2004	13,17	5,31	7,67	31,23	3051160
28	2004	11,85	7,06	6,10	65,88	470000
29	2004	438,86	19,68	18,41	14,10	38451135
30	2004	181,45	16,86	19,59	68,52	14800000
31	2004	35,96	1,73	9,68	61,85	3027000
32	2004	44,65	1,42	9,47	77,69	4524750
33	2004	323,60	3,82	7,55	32,53	23096065
34	2004	67,27	6,26	7,33	31,78	10571100
35	2004	1530,78	0,25	6,42	12,86	73722222
36	2004	28,45	47,89	39,21	62,00	3990700
37	2004	42,87	6,09	6,85	52,89	4275164
38	2004	16,65	1,73	5,08	40,81	1848637

39	2004	353,37	3,84	7,24	44,01	38622582	
40	2004	56,42	11,06	11,55	83,89	8785000	
41	2004	45,23	2,23	7,33	67,80	6274763	
42	2004	218,51	23,79	18,98	10,68	26965548	
43	2004	244,46	4,65	6,40	14,58	34707549	
44	2004	573,01	10,78	13,23	65,61	185000000	
45	2004	6105,44	15,24	14,17	64,76	59687915	
1	2005	386,51	1,68	11,41	63,00	18420000	
2	2005	79,39	5,49	7,65	58,00	8665000	
3	2005	125,52	3,86	4,64	55,82	9604695	
4	2005	342,09	3,12	12,10	21,02	86210336	
5	2005	4,87			36,47	232900	
6	2005	576,86	3,88	9,07	71,66	17016600	
7	2005	60,95	0,60	7,82	8,52	10569572	
8	2005	5771,17	30,72	25,28	31,18	393000000	
9	2005	60,06	0,25	13,04	11,01	21849993	
10	2005	125,67	11,08	11,18	35,27	11775878	
11	2005	51,50	4,94	10,29	82,74	5449206	
12	2005	17,13	17,04	13,04	61,45	1445300	
13	2005	57,04	20,29	14,29	74,48	5270000	
14	2005	427,04	6,29	8,54	42,87	48088000	
15	2005	866,64	7,90	11,50	68,71	79271000	
16	2005	113,93	2,80	5,74	24,00	10260396	
17	2005	60,51	25,60	18,75	38,97	9320000	
18	2005	2,97	0,10	6,38	87,00	283108	
19	2005	1210,15	1,11	7,64	2,39	90140000	
20	2005	343,34	8,11	3,60	3,60	46909972	
21	2005	48,12	22,43	23,81	41,61	4270000	
22	2005	56,52	7,51	9,75	25,19	7757000	
23	2005	494,46	3,11	7,05	35,00	71500000	
24	2005	1290,31	16,95	13,47	66,92	96484000	
25	2005	459,34	30,00	15,25	73,50	38342323	
26	2005	7,81	1,95	5,77	46,00	1871602	
27	2005	14,09	5,28	8,36	36,22	4353447	
28	2005	12,11	7,85	6,37	70,00	510000	
29	2005	463,99	17,99	17,14	17,21	47128746	
30	2005	177,53	16,78	18,74	81,00	15834000	
31	2005	37,59	1,70	9,59	62,72	3530000	
32	2005	43,95	1,22	8,77	81,99	4754453	
33	2005	322,50	3,98	7,92	38,81	29166391	
34	2005	69,55	8,44	8,78	34,99	11447313	
35	2005	1547,69	0,18	7,76	15,23	120000000	

36	2005	30,33	15,88	11,28	61,00	4384600
37	2005	42,85	9,39	8,34	55,19	4540374
38	2005	16,95	1,28	4,32	46,81	1759232
39	2005	368,06	3,73	7,23	47,88	42694115
40	2005	53,78	11,22	11,14	84,83	9104000
41	2005	45,78	2,60	7,41	70,10	6834233
42	2005	224,35	23,43	17,37	15,03	30460238
43	2005	264,20	4,39	6,12	15,46	43608965
44	2005	569,70	13,48	12,86	70,00	204000000
45	2005	6130,55	14,30	13,64	67,97	65471665
1	2006	392,68	1,45	11,33	66,00	19760000
2	2006	77,06	5,00	6,93	63,60	9281000
3	2006	123,83	3,32	4,15	59,72	9847375
4	2006	341,95	2,88	12,38	28,18	99918621
5	2006	4,74	0,13	6,06	42,19	301400
6	2006	570,81	3,83	8,76	72,40	18749100
7	2006	63,97	0,51	5,58	10,52	12450801
8	2006	6377,75	30,72	26,07	34,50	461000000
9	2006	62,00	0,26	11,92	15,34	29762715
10	2006	126,45	12,96	13,56	47,93	12406199
11	2006	59,42	4,57	9,51	86,65	5828157
12	2006	16,43	13,05	9,86	63,51	1658700
13	2006	68,38	17,14	13,34	79,66	5670000
14	2006	416,07	6,59	8,74	46,87	51662000
15	2006	878,08	7,38	10,93	72,16	85652000
16	2006	112,46	3,01	5,67	32,25	10979826
17	2006	59,85	24,09	18,39	47,06	9965720
18	2006	3,15	0,16	4,88	89,51	301922
19	2006	1287,15	1,11	7,65	2,81	166000000
20	2006	346,44	6,09	3,50	4,76	63803015
21	2006	47,56	22,18	23,17	54,82	4690135
22	2006	62,15	7,54	9,57	27,88	8403765
23	2006	489,00	2,73	6,25	37,99	80418000
24	2006	1267,16	15,95	12,38	68,69	99826000
25	2006	465,61	26,48	13,87	78,10	40197115
26	2006	8,31	2,83	6,29	53,63	2183696
27	2006	14,41	4,67	6,97	43,90	4718215
28	2006	11,94	5,92	6,01	72,51	713000
29	2006	476,57	18,77	17,54	19,52	55395461
30	2006	172,73	15,55	17,49	83,70	17296000
31	2006	37,49	1,67	9,09	69,00	3802290
32	2006	44,50	1,20	8,53	82,55	4868916

33	2006	335,60	5,04	8,64	44,58	36745454
34	2006	64,83	8,53	8,60	38,01	12226439
35	2006	1606,72	0,26	8,70	18,02	151000000
36	2006	30,77	14,46	11,26	59,00	4788600
37	2006	42,61	12,64	9,27	56,08	4893232
38	2006	17,14	1,39	4,32	54,01	1819572
39	2006	359,30	3,43	7,34	50,37	45695061
40	2006	53,61	10,26	10,95	87,76	9607000
41	2006	45,37	2,04	6,44	75,70	7436157
42	2006	227,72	23,74	17,51	17,16	40125470
43	2006	281,65	3,72	5,54	18,24	52662700
44	2006	567,24	18,99	13,71	68,82	230000000
45	2006	6050,38	13,53	13,46	68,93	70077926
1	2007	400,42	1,38	10,42	69,45	21260000
2	2007	74,47	4,67	6,20	69,37	9912000
3	2007	120,44	2,70	3,79	64,44	10738121
4	2007	356,92	1,66	4,86	30,88	121000000
5	2007	8,31	0,23	6,27	44,68	366138
6	2007	594,73	3,59	8,30	73,20	20277400
7	2007	70,71	0,53	7,47	16,00	13955202
8	2007	6861,75	29,34	24,55	35,90	547000000
9	2007	61,41	0,15	10,88	21,80	33941118
10	2007	128,26	13,90	14,74	51,93	13228631
11	2007	54,64	4,65	8,64	85,03	6308000
12	2007	20,07	6,22	6,67	66,19	1681849
13	2007	66,76	15,58	12,36	80,78	6080000
14	2007	405,57	4,84	7,17	66,09	55358100
15	2007	851,42	5,89	8,86	75,16	96232925
16	2007	114,58	2,39	5,85	35,88	12294912
17	2007	58,55	22,52	19,20	53,30	11029930
18	2007	3,49	0,16	5,73	90,60	326098
19	2007	1390,25	1,07	7,38	3,95	234000000
20	2007	376,87	5,28	4,95	5,79	93386881
21	2007	47,64	18,64	19,31	61,16	4970719
22	2007	62,80	2,72	8,48	48,13	8902000
23	2007	479,08	2,23	5,42	40,79	89801000
24	2007	1302,89	13,16	11,46	74,30	107000000
25	2007	493,35	25,49	13,26	78,80	44369165
26	2007	8,64	3,42	6,06	59,17	2217008
27	2007	15,77	3,88	6,08	49,90	4912077
28	2007	11,33	4,67	5,80	78,92	684500
29	2007	479,79	17,71	13,51	20,81	66559462

30	2007	172,60	14,18	15,37	85,82	19285000	
31	2007	36,58	1,54	8,56	69,76	4251207	
32	2007	46,24	1,22	7,77	86,93	5037650	
33	2007	335,55	5,66	7,73	48,60	41388774	
34	2007	62,33	7,84	8,16	42,09	13477414	
35	2007	1604,78	0,22	8,60	24,66	171000000	
36	2007	19,91	34,14	28,86	69,90	5924100	
37	2007	41,00	14,57	13,02	61,80	6068063	
38	2007	17,28	1,45	3,97	56,74	1928412	
39	2007	367,22	2,64	7,38	55,11	48422470	
40	2007	52,76	8,60	9,81	82,01	10116852	
41	2007	43,36	1,75	5,91	77,20	8208884	
42	2007	230,76	21,64	16,32	20,03	52973994	
43	2007	312,74	2,69	5,03	28,63	61975807	
44	2007	558,96	6,62	10,12	75,09	249000000	
45	2007	6127,89	11,72	12,80	75,00	73836210	
1	2008	405,05	1,11	8,92	71,67	22120000	
2	2008	73,73	4,34	5,69	72,87	10816000	
3	2008	120,35	2,58	3,56	66,00	11341704	
4	2008	380,34	1,59	9,20	33,83	151000000	
5	2008	8,99	0,16	5,36	46,00	398857	
6	2008	575,45	3,10	7,94	76,70	22092500	
7	2008	70,82	0,57	6,17	22,60	14796593	
8	2008	7375,19	27,71	21,19	37,30	641000000	
9	2008	67,26	0,15	10,14	25,60	41364753	
10	2008	122,97	14,11	14,19	62,97	13780165	
11	2008	51,23	3,37	7,20	85,02	6556988	
12	2008	17,87	5,42	6,28	70,58	1624465	
13	2008	58,61	14,88	11,05	83,67	6830000	
14	2008	399,28	4,26	6,54	70,68	57972000	
15	2008	853,77	5,09	7,87	78,00	106000000	
16	2008	111,11	2,21	5,03	38,20	13799340	
17	2008	57,46	22,66	17,47	61,00	12224163	
18	2008	3,80	0,18	3,95	91,00	336922	
19	2008	1547,99	0,97	4,09	4,38	347000000	
20	2008	417,56	4,76	9,06	7,92	141000000	
21	2008	47,32	15,73	16,75	65,34	5048127	
22	2008	67,98	10,27	7,85	59,39	8982000	
23	2008	467,47	1,94	5,05	44,53	90341000	
24	2008	1232,23	11,84	9,68	75,40	110000000	
25	2008	505,78	21,41	11,48	81,00	45606984	
26	2008	8,20	4,61	6,01	63,41	2298610	

27	2008	15,09	3,02	4,34	55,22	5022638	
28	2008	11,20	3,03	4,70	82,23	707000	
29	2008	492,98	19,53	16,11	21,71	75303469	
30	2008	175,52	11,57	13,00	87,42	20627000	
31	2008	37,59	1,32	7,74	72,03	4620000	
32	2008	45,38	1,22	7,07	90,57	5211207	
33	2008	328,77	6,95	8,14	53,13	43926365	
34	2008	59,98	6,93	7,48	44,13	14049187	
35	2008	1637,20	0,17	7,79	26,83	200000000	
36	2008	36,11	34,24	26,58	69,00	6414800	
37	2008	41,40	16,84	13,62	66,05	5520043	
38	2008	18,22	2,11	4,25	58	2054899	
39	2008	335,68	2,44	7,91	59,60	49623339	
40	2008	50,64	8,61	9,13	90,00	10014000	
41	2008	44,71	1,68	5,65	79,20	8896706	
42	2008	228,12	19,06	13,02	18,20	61837164	
43	2008	309,32	1,82	3,91	34,37	65824110	
44	2008	544,54	5,84	9,19	78,39	261000000	
45	2008	5928,26	10,62	11,84	74,00	74940937	
1	2009	408,34	1,07	10,26	74,25	22200000	
2	2009	67,72	4,01	5,97	73,45	11434000	
3	2009	107,70	2,50	3,87	70,00	11775240	
4	2009	360,09	1,52	9,40	39,22	169000000	
5	2009	7,75	0,22	4,71	49,00	412882	
6	2009	543,07	3,47	8,42	80,30	23811900	
7	2009	65,92	0,61	7,32	28,90	16450223	
8	2009	7758,81	29,65	21,90	41,56	747000000	
9	2009	72,56	0,22	8,81	30,00	42159613	
10	2009	115,22	14,44	15,70	64,43	13062617	
11	2009	48,84	3,39	7,86	86,84	6833683	
12	2009	14,61	4,73	5,60	72,50	1570538	
13	2009	55,92	10,73	10,18	82,49	7700000	
14	2009	382,17	4,26	7,07	71,58	57918000	
15	2009	788,92	4,85	8,37	79,00	105000000	
16	2009	104,34	2,09	5,28	42,40	13295093	
17	2009	51,80	26,00	20,48	62,00	11792475	
18	2009	3,73	0,07	3,97	93,00	339715	
19	2009	1720,12	3,45	7,79	5,12	525000000	
20	2009	447,10	5,94	8,90	6,92	164000000	
21	2009	42,11	10,95	13,25	67,38	4704497	
22	2009	63,86	16,38	9,72	63,12	9022000	
23	2009	416,68	2,02	6,06	48,83	90032886	

24	2009	1162,96	12,08	11,36	78,00	116000000	
25	2009	506,76	21,87	12,95	81,60	47944222	
26	2009	7,46	5,64	5,64	66,84	2303600	
27	2009	12,83	2,49	5,16	59,76	4961499	
28	2009	10,65	3,21	3,86	87,31	720000	
29	2009	475,90	21,66	19,60	26,34	83193574	
30	2009	170,19	12,36	13,66	89,63	20149000	
31	2009	34,77	1,39	8,61	79,70	4700000	
32	2009	43,89	1,54	7,67	92,08	5354554	
33	2009	315,34	9,37	9,30	58,97	44806632	
34	2009	57,14	4,41	6,59	48,27	11795080	
35	2009	1529,23	0,28	7,28	29,00	230000000	
36	2009	58,59	33,62	26,59	69,00	6884800	
37	2009	37,65	20,83	15,64	70,00	5497719	
38	2009	16,32	2,32	4,73	64	2100435	
39	2009	296,60	2,19	6,46	62,40	51052693	
40	2009	47,07	8,99	10,57	91,00	10440000	
41	2009	43,53	1,59	5,72	81,30	9322580	
42	2009	243,28	19,78	15,70	20,10	65952313	
43	2009	315,36	1,98	5,02	36,40	62779554	
44	2009	494,06	3,42	4,81	83,56	274000000	
45	2009	5493,55	10,71	14,40	71,00	76481053	
1	2010	406,43	0,96	10,37	76,00	22500000	
2	2010	72,23	3,95	5,80	75,17	12241000	
3	2010	113,81	2,33	3,53	75,00	12154041	
4	2010	411,24	1,01	9,41	40,65	197000000	
5	2010	8,06	0,41	5,00	53,00	435104	
6	2010	556,42	2,76	8,43	80,30	25825400	
7	2010	71,33	0,41	7,87	34,30	19852242	
8	2010	8500,54	29,12	20,40	45,00	859000000	
9	2010	76,28	0,15	9,63	36,50	44477653	
10	2010	117,46	15,01	17,79	68,82	12934100	
11	2010	49,17	3,65	7,96	88,72	6420790	
12	2010	19,02	7,95	9,64	74,10	1652809	
13	2010	64,10	6,36	8,23	86,89	8390000	
14	2010	389,83	4,41	7,33	77,28	57785000	
15	2010	832,39	5,09	9,16	82,00	88400000	
16	2010	97,34	1,99	4,83	44,40	12292716	
17	2010	52,14	25,59	21,20	65,00	12011823	
18	2010	3,62	0,07	4,26	93,39	341077	
19	2010	1700,03	2,00	6,31	7,50	752000000	
20	2010	428,17	4,98	8,49	10,92	211000000	

21	2010	41,68	6,89	9,55	69,85	4701474	
22	2010	68,29	12,29	9,20	67,50	9111000	
23	2010	426,35	2,15	7,73	53,68	93666088	
24	2010	1214,42	10,68	11,98	78,21	123000000	
25	2010	565,96	21,40	11,88	83,70	50767241	
26	2010	8,55	5,77	6,42	68,42	2306100	
27	2010	13,71	2,71	4,93	62,12	4890979	
28	2010	11,22	2,87	4,12	90,62	727000	
29	2010	463,78	20,17	19,23	31,05	91383493	
30	2010	182,19	12,46	14,54	90,72	19179000	
31	2010	35,00	1,20	8,32	80,46	4710000	
32	2010	46,23	1,43	7,45	93,39	5599286	
33	2010	333,46	9,63	9,81	62,32	46952111	
34	2010	52,94	4,01	5,70	53,30	12210377	
35	2010	1613,52	0,22	8,53	43,00	238000000	
36	2010	58,27	34,33	27,85	71,00	7384600	
37	2010	38,50	19,13	15,62	75,71	5925012	
38	2010	16,37	2,18	4,66	70	2121950	
39	2010	283,11	2,19	6,68	65,80	51389417	
40	2010	52,85	9,72	11,34	90,00	10992407	
41	2010	45,04	1,64	5,88	83,90	9644157	
42	2010	256,42	18,93	14,18	22,40	71726300	
43	2010	314,38	1,84	4,47	39,82	61769635	
44	2010	511,83	5,78	9,49	85,00	285000000	
45	2010	5700,11	10,56	14,22	71,69	76729827	
1	2011	404,26	0,85	9,83	79,49	23789000	
2	2011	70,14	3,79	4,94	78,74	13022578	
3	2011	104,32	2,19	3,40	81,61	12495934	
4	2011	429,96	0,70	8,83	45,69	234000000	
5	2011	9,54	0,35	4,33	56,00	443161	
6	2011	566,67	2,48	7,99	83,00	26840000	
7	2011	78,08	0,42	7,07	38,30	22315248	
8	2011	9388,20	26,76	18,00	52,25	986000000	
9	2011	76,08	0,10	8,50	40,35	46200421	
10	2011	115,01	15,33	15,82	70,49	13167700	
11	2011	44,21	3,40	7,89	89,81	7173185	
12	2011	19,10	11,47	11,43	76,50	1806075	
13	2011	56,58	4,92	7,13	88,71	8940000	
14	2011	365,23	4,23	6,72	77,82	59816000	
15	2011	809,75	4,60	7,95	81,27	90900000	
16	2011	94,53	1,97	4,79	51,65	12127985	
17	2011	50,38	21,58	17,48	68,02	11689937	

18	2011	3,49	0,07	4,37	94,82	344085	
19	2011	1811,96	2,18	5,97	10,07	894000000	
20	2011	508,07	3,86	7,41	12,28	250000000	
21	2011	38,00	5,65	8,50	74,89	4906352	
22	2011	68,59	10,69	8,73	68,87	9200000	
23	2011	413,94	2,10	6,21	54,39	96040913	
24	2011	1264,52	9,23	10,14	79,05	133000000	
25	2011	588,40	17,99	10,43	83,76	52506793	
26	2011	7,81	5,39	5,44	69,75	2309000	
27	2011	14,07	2,40	4,02	63,64	4938000	
28	2011	11,11	2,87	3,70	90,03	764973	
29	2011	484,16	17,00	17,28	37,18	94583253	
30	2011	169,11	11,91	12,85	91,42	19829309	
31	2011	34,31	1,18	8,03	81,23	4820000	
32	2011	45,51	1,03	6,93	93,49	5725447	
33	2011	333,01	7,04	7,33	61,95	50160222	
34	2011	51,74	3,91	5,04	55,25	12334595	
35	2011	1667,03	0,24	7,16	49,00	204000000	
36	2011	46,72	28,91	23,54	71,00	7794300	
37	2011	38,07	16,10	11,53	74,44	5983059	
38	2011	16,35	1,92	3,97	67,34	2168548	
39	2011	284,04	1,53	5,24	67,09	52590507	
40	2011	48,90	9,17	10,67	92,77	11454252	
41	2011	40,98	1,47	5,59	85,19	10082636	
42	2011	253,80	15,57	11,92	23,67	77449000	
43	2011	339,48	1,65	3,83	43,07	65321745	
44	2011	469,61	4,67	8,23	85,38	297000000	
45	2011	5572,58	9,51	12,84	69,73	77162298	
1	2012	406,99	0,88	8,89	79,00	24338000	
2	2012	67,58	3,89	5,14	80,03	13588000	
3	2012	101,51	2,06	3,10	80,72	12313375	
4	2012	460,10	0,55	8,82	48,56	248000000	
5	2012	9,49	0,28	4,12	60,27	469740	
6	2012	570,16	2,27	7,32	83,00	27720000	
7	2012	79,70	0,42	7,17	42,30	23940973	
8	2012	9633,90	27,06	19,56	55,05	1110000000	
9	2012	79,73	0,12	8,97	48,98	49066359	
10	2012	110,90	14,53	14,73	73,43	13521900	
11	2012	39,84	3,28	8,07	92,26	7292756	
12	2012	17,94	10,90	10,54	78,39	1999750	
13	2012	51,22	3,98	6,91	89,88	9320000	
14	2012	365,84	4,07	6,25	81,44	62260000	

15	2012	814,14	4,51	7,84	82,35	92400000	
16	2012	91,42	1,65	5,08	55,07	13360280	
17	2012	46,83	17,45	16,27	70,58	11579425	
18	2012	3,49	0,17	4,09	96,21	352114	
19	2012	1979,05	1,98	5,31	12,58	865000000	
20	2012	526,38	4,06	7,08	14,52	282000000	
21	2012	38,18	5,54	7,92	76,92	5013676	
22	2012	74,78	11,70	8,86	70,80	9225000	
23	2012	392,63	1,86	5,18	55,83	97188624	
24	2012	1305,89	9,15	10,24	79,50	141000000	
25	2012	583,63	17,16	9,79	84,07	53624427	
26	2012	7,52	6,14	5,96	73,12	2630873	
27	2012	14,14	2,27	4,08	67,23	4997265	
28	2012	10,85	2,78	3,63	91,95	761314	
29	2012	496,30	16,86	16,51	39,75	101000000	
30	2012	165,88	10,53	12,49	92,86	19717000	
31	2012	35,99	1,13	7,67	81,64	4922000	
32	2012	45,02	0,79	7,08	94,65	5797502	
33	2012	325,52	7,04	8,20	62,31	54086209	
34	2012	49,91	3,44	5,02	60,34	11917565	
35	2012	1679,39	0,31	7,50	63,80	208000000	
36	2012	49,95	28,40	23,41	72,00	8067600	
37	2012	35,98	16,66	12,82	76,71	6094466	
38	2012	15,81	1,79	3,57	68,35	2241160	
39	2012	278,65	1,27	4,62	69,81	50665099	
40	2012	46,32	7,19	9,97	93,18	11848449	
41	2012	42,25	1,05	3,65	85,20	10561075	
42	2012	270,17	16,04	11,82	26,46	85012000	
43	2012	353,67	1,73	4,18	45,13	67680547	
44	2012	487,63	4,24	7,30	87,48	305000000	
45	2012	5371,78	9,03	12,81	74,70	78329355	
1	2013	398,05	0,92	8,86	83,45	24940000	
2	2013	68,16	4,21	5,24	80,62	13272000	
3	2013	101,58	1,74	2,75	82,17	12315217	
4	2013	495,05	0,48	8,64	51,04	271000000	
5	2013	7,63	0,13	4,87	64,50	468814	
6	2013	577,35	2,09	7,30	85,80	28360000	
7	2013	81,69	0,50	7,91	45,80	23661339	
8	2013	9796,53	27,42	20,55	58,00	1230000000	
9	2013	91,84	0,15	9,95	51,70	50295114	
10	2013	106,38	13,11	13,72	74,11	13719300	
11	2013	41,73	3,23	7,35	94,63	7031152	

12	2013	19,70	11,61	10,60	80,00	1927423	
13	2013	51,76	2,31	5,77	91,51	7411200	
14	2013	366,85	3,96	6,29	81,92	63324000	
15	2013	831,57	4,33	7,36	84,17	100000000	
16	2013	81,72	1,36	3,92	59,87	12518645	
17	2013	43,78	14,77	15,00	72,64	11590326	
18	2013	3,48	0,10	4,79	96,55	356264	
19	2013	1994,10	1,59	5,78	15,10	886000000	
20	2013	411,19	3,62	7,09	14,94	313000000	
21	2013	37,17	5,69	8,08	78,25	4880792	
22	2013	64,97	11,84	8,76	70,25	9500000	
23	2013	364,09	1,75	4,81	58,46	96863107	
24	2013	1315,08	8,64	10,89	88,22	148000000	
25	2013	591,54	19,14	10,44	84,77	54680840	
26	2013	7,39	7,67	7,02	75,23	2558000	
27	2013	13,11	2,43	3,77	68,45	4565976	
28	2013	10,30	2,00	3,61	93,78	788371	
29	2013	490,13	16,27	17,11	43,46	107000000	
30	2013	165,76	10,33	12,56	93,96	19467000	
31	2013	35,31	0,98	7,55	82,78	4766000	
32	2013	44,95	0,80	6,91	95,05	5692052	
33	2013	321,27	6,74	8,54	62,85	56972803	
34	2013	48,11	2,72	4,70	62,10	11990993	
35	2013	1618,43	0,42	6,84	67,97	218000000	
36	2013	56,07	29,94	24,87	80,90	8438100	
37	2013	35,57	17,55	14,23	77,88	6208412	
38	2013	15,18	1,67	3,28	72,68	2283573	
39	2013	251,97	1,07	4,54	71,64	50158689	
40	2013	44,74	6,73	9,67	94,78	12014368	
41	2013	43,18	0,95	3,50	86,34	11048637	
42	2013	284,04	15,59	11,30	28,94	93849000	
43	2013	345,22	1,45	4,57	46,25	69661108	
44	2013	477,75	3,82	7,86	89,84	311000000	
45	2013	5522,91	8,88	12,96	71,40	78673978	
1	2014	393,29	1,08	9,18	84,00	25060000	
2	2014	64,47	4,28	5,25	81,00	12952605	
3	2014	95,91	1,75	2,88	85,00	12734724	
4	2014	523,89	0,39	8,79	54,55	281000000	
5	2014	8,93	0,18	4,92	68,77	452054	
6	2014	577,36	1,93	6,88	87,12	28789000	
7	2014	77,42	0,54	7,07	47,90	23680718	
8	2014	9820,36	25,94	19,71	61,11	1290000000	

9	2014	85,72	0,18	10,17	52,57	55330272	
10	2014	104,01	13,42	14,11	74,23	13913100	
11	2014	37,54	3,59	7,22	95,99	7160233	
12	2014	18,90	12,80	11,50	84,24	1897551	
13	2014	47,66	2,62	6,24	86,53	7602600	
14	2014	335,42	3,86	6,21	83,75	65425000	
15	2014	792,79	4,52	7,74	86,19	99530000	
16	2014	78,65	2,41	4,17	63,21	12144598	
17	2014	43,93	11,92	12,38	75,65	11726491	
18	2014	3,46	0,15	5,12	98,16	370047	
19	2014	2199,40	0,97	6,31	21,00	944000000	
20	2014	366,84	3,47	7,00	17,14	326000000	
21	2014	36,67	5,56	8,21	83,49	4912620	
22	2014	61,83	11,19	9,00	75,02	9500000	
23	2014	348,55	1,67	4,81	55,64	89914609	
24	2014	1264,88	8,37	11,26	89,11	158000000	
25	2014	586,55	19,79	11,42	87,56	57290356	
26	2014	7,19	9,80	8,95	75,83	2384000	
27	2014	12,87	2,94	3,97	72,13	4267592	
28	2014	9,83	2,00	4,07	94,67	802400	
29	2014	481,13	16,04	16,34	44,39	105000000	
30	2014	158,83	10,82	12,90	91,67	19562000	
31	2014	35,62	0,88	6,91	85,50	5100000	
32	2014	44,89	0,88	6,86	96,30	5737961	
33	2014	308,80	7,74	8,88	66,60	56905306	
34	2014	47,98	2,29	4,68	64,59	11895627	
35	2014	1617,68	0,80	7,88	70,52	221000000	
36	2014	56,60	29,95	24,48	79,03	8103800	
37	2014	33,64	17,63	14,50	79,98	6378095	
38	2014	13,52	1,88	3,75	71,59	2326386	
39	2014	254,52	1,13	4,60	76,19	50806251	
40	2014	43,18	6,91	9,89	92,52	12312533	
41	2014	39,23	1,02	4,08	87,40	11150000	
42	2014	277,98	16,03	12,62	34,89	97096000	
43	2014	361,68	1,52	5,09	51,04	71888416	
44	2014	438,87	4,16	7,82	91,61	356000000	
45	2014	5572,11	8,97	12,86	73,00	78460684	
1	2015	402,54	1,40	9,99	84,56	25770000	
2	2015	66,73	4,12	5,41	83,94	13470623	
3	2015	99,75	2,08	2,96	85,05	12774090	
4	2015	495,21	0,45	8,41	58,33	258000000	
5	2015	6,95	0,19	4,48	71,20	463384	

6	2015	576,76	2,14	7,12	90,00	29765000	
7	2015	81,63	0,48	8,66	50,30	23206353	
8	2015	9716,47	26,56	23,35	76,63	1290000000	
9	2015	93,08	0,24	9,33	55,90	57327470	
10	2015	104,79	13,54	15,63	75,67	12454575	
11	2015	35,20	3,66	7,68	96,33	7079249	
12	2015	15,89	11,91	11,21	88,41	1903545	
13	2015	44,12	2,46	6,89	86,42	7396200	
14	2015	341,11	4,02	6,67	78,01	66681000	
15	2015	795,94	4,65	8,44	87,59	96360000	
16	2015	74,96	3,07	4,89	66,84	12566649	
17	2015	46,68	11,62	12,58	72,83	9900582	
18	2015	3,53	0,18	5,37	98,20	383919	
19	2015	2298,17	0,89	8,56	17,00	1000000000	
20	2015	507,01	3,52	7,63	21,98	339000000	
21	2015	38,43	6,00	8,99	83,49	4902009	
22	2015	64,95	14,33	11,46	77,35	10570000	
23	2015	355,78	1,90	5,19	58,14	87691238	
24	2015	1224,54	8,52	12,79	91,06	161000000	
25	2015	595,39	21,72	14,67	89,90	58935081	
26	2015	7,28	11,52	10,18	79,20	2590000	
27	2015	13,13	3,95	4,25	71,38	4184053	
28	2015	9,33	2,29	5,10	96,38	806800	
29	2015	481,97	16,19	16,45	57,43	108000000	
30	2015	166,45	11,31	13,71	91,72	20809054	
31	2015	35,84	1,08	7,84	88,22	5600000	
32	2015	45,30	1,08	6,62	96,81	5714890	
33	2015	312,37	8,12	9,79	68,00	54537230	
34	2015	52,18	2,45	4,93	68,63	11714693	
35	2015	1622,50	0,81	9,14	70,10	227000000	
36	2015	61,40	33,46	28,01	79,01	8233100	
37	2015	34,47	16,65	15,01	77,63	6675553	
38	2015	13,61	2,02	4,05	73,10	2353926	
39	2015	271,10	1,26	4,98	78,69	51067770	
40	2015	43,06	6,95	10,17	90,61	12638827	
41	2015	38,73	1,06	4,14	87,48	11243210	
42	2015	281,27	16,61	13,87	39,32	103000000	
43	2015	381,33	1,47	5,67	53,74	73639261	
44	2015	422,41	4,10	8,29	92,00	382000000	
45	2015	5422,97	9,44	13,78	74,55	79250793	
1	2016	413,16	1,31	10,00	86,54	26551000	
2	2016	67,31	3,79	5,40	84,32	11079460	

3	2016	98,42	2,01	3,00	86,52	12550821	
4	2016	454,19	0,39	8,44	60,87	244000000	
5	2016	7,54	0,80	4,42	90,00	523453	
6	2016	564,07	2,12	7,07	91,16	30752000	
7	2016	84,14	0,57	9,21	53,20	23302603	
8	2016	9704,48	26,50	23,76	83,56	1360000000	
9	2016	96,83	0,28	9,21	58,14	58684924	
10	2016	106,60	12,72	14,24	76,48	12485045	
11	2016	37,02	3,67	7,72	96,97	6985035	
12	2016	17,48	12,53	11,53	87,24	1897921	
13	2016	47,24	2,69	7,29	87,70	7220100	
14	2016	342,96	3,98	6,67	79,27	67571000	
15	2016	801,65	4,66	8,43	84,17	103000000	
16	2016	71,37	3,49	4,67	69,09	12538927	
17	2016	47,43	11,38	12,36	79,26	9952001	
18	2016	3,49	0,15	5,47	98,24	401613	
19	2016	2371,75	0,95	9,33	22,00	1130000000	
20	2016	560,68	3,37	7,97	25,45	386000000	
21	2016	39,89	8,92	8,11	85,01	4875116	
22	2016	63,89	11,73	10,88	79,65	10570000	
23	2016	353,49	1,86	5,11	61,32	85955905	
24	2016	1206,17	8,31	13,01	93,18	167000000	
25	2016	617,96	22,27	15,70	92,84	61295538	
26	2016	7,23	10,50	10,05	79,84	2650273	
27	2016	13,12	3,86	4,41	74,38	4204692	
28	2016	9,08	2,49	5,51	98,14	764000	
29	2016	485,42	16,14	16,51	59,54	112000000	
30	2016	166,39	11,34	13,68	90,41	20890000	
31	2016	34,26	1,03	7,52	88,47	6100000	
32	2016	44,46	1,11	6,88	97,30	5729569	
33	2016	323,05	7,14	9,24	73,30	53001776	
34	2016	50,38	3,32	5,51	70,42	11572085	
35	2016	1617,65	0,55	8,86	73,09	229000000	
36	2016	37,50	32,80	28,10	84,45	8460700	
37	2016	34,89	16,52	14,32	80,48	6989902	
38	2016	14,41	1,81	3,91	75,50	2385757	
39	2016	260,29	1,38	5,07	80,56	51521507	
40	2016	42,58	6,78	9,83	89,65	12543188	
41	2016	39,19	1,06	3,69	89,13	11242105	
42	2016	280,37	15,79	14,00	47,50	120000000	
43	2016	401,24	1,35	6,74	58,35	75061699	
44	2016	399,84	4,50	7,63	94,78	396000000	

45	2016	5306,66	9,66	14,06	85,54	78931386	
1	2017	417,04	1,11	9,55	86,55	27463000	
2	2017	69,98	3,48	5,23	87,94	10859000	
3	2017	97,56	1,91	2,90	87,68	11357286	
4	2017	463,84	0,36	10,11	67,47	218000000	
5	2017	7,60	0,18	3,29	94,87	544732	
6	2017	571,14	1,95	7,25	91,00	31693000	
7	2017	83,44	0,36	8,58	54,30	23013147	
8	2017	9838,75	27,07	22,72	82,33	1470000000	
9	2017	93,15	0,25	9,62	62,26	62220014	
10	2017	105,61	13,33	15,33	78,72	12636359	
11	2017	34,79	3,87	7,56	97,10	7132926	
12	2017	18,65	9,28	9,41	88,10	1904425	
13	2017	44,70	2,69	7,07	87,47	7160000	
14	2017	346,53	3,93	6,51	80,50	69018000	
15	2017	797,97	4,96	8,78	84,40	110000000	
16	2017	74,84	2,78	4,34	70,55	12937106	
17	2017	49,65	11,18	12,56	76,75	9945037	
18	2017	3,61	0,17	5,51	98,26	410662	
19	2017	2456,95	0,86	9,72	34,45	1170000000	
20	2017	584,08	2,99	7,28	32,29	435000000	
21	2017	38,73	7,87	7,50	84,11	4898872	
22	2017	64,69	10,77	8,94	81,58	10540000	
23	2017	348,99	1,90	4,99	63,08	83871543	
24	2017	1188,12	8,35	13,01	84,59	173000000	
25	2017	640,59	24,74	15,02	95,07	63658688	
26	2017	7,24	9,34	9,34	80,11	2464122	
27	2017	13,41	4,08	4,37	77,62	4361329	
28	2017	9,24	2,36	5,76	97,36	794000	
29	2017	492,77	16,11	15,11	63,85	114000000	
30	2017	164,48	10,98	13,99	93,20	20532000	
31	2017	36,02	1,02	7,57	90,81	6400000	
32	2017	43,70	1,08	6,50	96,36	5719665	
33	2017	336,59	6,92	9,06	75,99	50458854	
34	2017	54,66	3,23	5,68	73,79	11764106	
35	2017	1647,04	0,58	9,21	76,01	227000000	
36	2017	40,58	32,02	27,88	84,45	8381900	
37	2017	36,03	16,35	14,98	81,63	7117753	
38	2017	14,26	1,83	3,86	78,89	2443172	
39	2017	274,43	1,49	4,86	84,60	52506928	
40	2017	42,05	6,07	9,24	95,51	12519313	
41	2017	38,17	1,10	3,91	89,69	11088598	

42	2017	285,15			52,89	122000000
43	2017	425,33	1,25	6,17	64,68	77800170
44	2017	387,39	4,25	7,77	94,62	400000000
45	2017	5270,75	9,49	14,27	87,27	79098617

Lihthtsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks1

Mina Elizaveta Petrova

1. annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihthtsentsi) enda loodud teose

Teadus-ja arendustegevuse, digitaalsete tehnoloogiate ja majanduskasvu mõjud co2 emmissionidele ,

mille juhendaja on Artjom Saia,

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 lihthtsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

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

1Lihthtsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.