

TARTU ÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Katrina Johanna Karro

ROHEINNOVATSIOONI SEOSSED MAJANDUSKASVUGA

EUROOPA LIIDU RIIKIDE NÄITEL

Bakalaureusetöö

Juhendaja: kaasprofessor Eve Parts, PhD

Tartu 2025

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

**Sisukord**

Sissejuhatus.....	4
1. Roheinnovatsiooni ja majanduskasvu teoreetiline käsitus.....	5
1.1. Roheinnovatsiooniga seotud mõisted.....	5
1.2. Roheinnovatsiooni ja majanduskasvu teoreetilised ja empiirilised seosed.....	9
2. Empiiriline uurimus roheinnovatsiooni ja majanduskasvu seostest Euroopa Liidu riikides	16
2.1. Uurimismetoodika tutvustus ja andmete esmane analüüs.....	16
2.2. Regressioonimudeli püstitamine ja saadud tulemuste analüüs .....	24
2.3. Järeldused roheinnovatsiooni ja majanduskasvu vaheliste seoste kohta.....	28
Kokkuvõte.....	30
Viidatud allikad.....	32
LISA A. Töö põhimõisted.....	35
LISA B. Varasemates uuringutes kasutatud muutujad .....	36
Summary .....	39

## Sissejuhatus

Euroopa Liidu riigid seisavad silmitsi ülesandega elavdada oma majandust viisil, mis väldib traditsiooniliste, suure keskkonnajalajäljega praktikate kasutamist. Globaalne soojenemine on põhjustatud inimtegevusest, eriti kasvuhoonegaaside heitmetest, mille tulemusel on maailma keskmine temperatuur tõusnud 2020. aastast 1,1 °C võrra võrreldes tööstuseelse ajaga. Heitkoguste kasv peegeldab jätkusuutmatuid arengumustreid, nagu intensiivne energia- ja maakasutus ning ebaefektiivsed tootmis- ja tarbimisharjumused eri ühiskonnarühmades ja regioonides. (IPCC, 2023) ELi strateegiline suund rohelise majanduse poole on muutumas liikmesriikide majandusstrateegiate keskseks osaks. Selle teejuhiseks on ELi rohepöörde strateegia ja kliimaeesmärgid, mille raamistikuks on liikmesriikide poolt allkirjastatud Euroopa roheline kokkulepe (*European Green Deal*). Euroopa rohelepe seab ambitsioonikad eesmärgid, sealhulgas süsinikuheite vähendamise, ringmajanduse edendamise, taastuvenergia kasutamise suurendamise ning uute, keskkonnasõbralike tehnoloogiate arendamise. (Euroopa Komisjon, i.a.b)

Riikide üheks võimaluseks, kuidas liikuda madala süsinikuga majanduse poole ja samaaegselt saavutada majanduskasv, on innovatsiooni prioriseerimine, eriti roheinnovatsiooni valdkonnas. Roheinnovatsioon viitab uute tehnoloogiliste lahenduste arendamisele, mis aitavad vähendada keskkonnamõjusid, nagu energiatõhususe suurendamine, saaste vältimine ja jäätmete ringlussevõtt. (OECD, 2011) On olemas mitmeid majanduslikke innovatsiooniteooriaid, nagu Schumpeteri innovatsiooniteooria (1911) ja Solow mudel (1956), mis viitavad sellele, et innovatsioon on majanduskasvu oluline mootor (Mankiw, 2010; Yuan & Zhang, 2024).

Uurimisprobleem on aktuaalne, kuna roheinnovatsiooni edendamine võib pakkuda pikaajalist lahendust riikide majanduse elavdamiseks viisil, mis on kooskõlas Euroopa Liidu rohepoliitikaga (Euroopa Komisjon, i.a.b). Riigid, mis ei suuda neid võimalusi kasutada, võivad jääda konkurentsist maha globaalsetes majanduse ja keskkonna valdkondades, kus roheinnovatsioon on keskne prioriteet. See võib viia mitte ainult keskkonnaseisundi halvenemiseni, vaid ka majandusliku stagnatsiooni ja töötuse kasvuni. (European Environment Agency, 2019)

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on teada saada, milline on roheinnovatsiooni võimalik seos majanduskasvuga. Eesmärgi saavutamiseks on püstitatud järgmised uurimisülesanded:

- Anda ülevaade roheinnovatsiooni kontseptsioonist ning sellega seotud mõistetest.

- Selgitada roheinnovatsiooni seoseid majanduskasvuga ning anda ülevaade varasematest uuringutest.
- Analüüsida roheinnovatsiooninäitajate erinevust Ida- ja Lääne-Euroopa riikides.
- Analüüsida Euroopa Liidu liikmesriikide roheinnovatsiooninäitajate seost majanduskasvuga.
- Analüüsida roheinnovatsiooninäitajate ja rohepoliitikataseme koosmõju.

Töö esimese peatüki raames keskendutakse roheinnovatsiooniga seotud olulisemate mõistete avamisele ja teoreetilise raamistiku tutvustamisele. Lisaks antakse ülevaade varasematest empiirilistest uuringutest ning käsitletakse roheinnovatsiooninäitajate ja majandusarengu vahelisi seoseid nii teoreetilise kui ka empiirilise kirjanduse põhjal.

Töö teises peatükis ehk empiirilises osas kasutatakse Euroopa Liidu liikmesriikide andmeid aastatest 2014-2022, et uurida seoseid roheinnovatsiooninäitajate ja majanduskasvu vahel. Andmete analüüsimiseks rakendab autor regressioonanalüüsi. Samuti käsitletakse teises peatükis tulemuste tõlgendamist ja neist tulenevaid järeldusi.

Märksõnad: roheinnovatsioon, majanduskasv, rohetehnoloogia, roheinvesteeringud.

## 1. Roheinnovatsiooni ja majanduskasvu teoreetiline käsitlus

### 1.1. Roheinnovatsiooniga seotud mõisted

Kasvav rahvaarv ja suurenev majandustegevus on suurendanud keskkonnale avalduvat survet, tuues esile vajaduse jätkusuutliku arengu (*Sustainable development*) järele.

**Jätkusuutlik areng** tähendab praeguse põlvkonna vajaduste rahuldamist viisil, mis võimaldab ka tulevastel põlvkondadel oma vajadusi rahuldada (Euroopa Komisjon, i.a.a) (vt ka Lisa A). Jätkusuutliku arengu kontseptsioon kerkis esile 1960-ndatel, mil hakati teadvustama keerukaid keskkonnaprobleeme (Adamowicz, 2022). Laiemalt sai mõiste tuntust 1987. aasta Brundtlandi komisjoni raportist „*Our Common Future*“. Seejärel toimus 1992. aastal Rio di Janeiros ÜRO keskkonna- ja arengukonverents, kus arutleti rahvusvahelise jätkusuutliku arengu üle. Konverentsi raames koostati „Agenda 21“, mis kutsus riike välja töötama uusi strateegiaid jätkusuutliku arengu saavutamiseks. (ÜRO, i.a.)

Jätkusuutliku arengu kontseptsioon andis tõuke **roheline majanduse** (*Green economy*) ideele. 2012. aastal, 20 aastat pärast Rio konverentsi, toimus kolmas jätkusuutliku arengu konverents „Rio +20“, mille keskseks teemaks oli roheline majandus. Konverentsil rõhutati, et jätkusuutlikkuse saavutamisel on võtmetähtsusega majanduse rohelisemaks muutmine. (UNEP, 2011) Rohelist majandust iseloomustab ressursitõhusus, vähene CO<sub>2</sub>-heide, sotsiaalne kaasatus ning kliimamuutuste ennetamine (Adamowicz, 2022; UNEP,

2011). Rohelise majanduse idee sai kõlapinda ka 2008. aasta majanduskriisi järgselt, kui ÜRO Keskkonnaprogramm (*United Nations Environment Programme*, UNEP) esitas *Global Green New Deal* (GGND) ettepaneku. GGND kaudu tehti ettepanek käivitada üleminek rohelisele majandusele, samaaegselt elavdades majandust ja suurendades töökohtade arvu, avaliku sektori investeeringute, poliitikate ja hinnakujundusreformide paketi. (Barbier, 2010) GGND oli üks üheksast algatusest, mis töötati välja finantskriisi mõjude leevendamiseks (UNEP, 2011). Majanduse roheliseks muutmist hakati nägema kui uut majanduskasvu mootorit, mis lõi aluse **rohekasvu** (*Green growth*) ideele.

Rohekasvu kontseptsiooni tutvustas 2011. aastal Majandusliku Koostöö ja Arengu Organisatsioon (*Organisation for Economic Co-operation and Development*, OECD) raportis „*Towards Green Growth*“ (OECD, 2011). Rohekasvu idee kohaselt on võimalik soodustada majanduskasvu ja -arengut, tagades samaaegselt keskkonna jätkusuutlikkuse. OECD rõhutab raportis, et rohelise kasvu saavutamine sõltub riigi poliitilisest ja institutsionaalsest raamistikust, arengutasemest, loodusressurssidest ning konkreetsetest keskkonnaprobleemidest. Kuna puudub universaalne lahendus rohelise kasvu strateegiate rakendamiseks, seisavad eri arengutasemega riigid silmitsi erinevate väljakutsete ja võimalustega. Samas tuleb igal juhul arvesse võtta laia valikut poliitikameetmeid, sealhulgas neid, mis ei ole otseselt „rohelised“, nagu näiteks majanduse üldine stabiilsus, hariduse ja teadusuuringute toetamine või taristu arendamine. Need meetmed võivad kaudselt soodustada rohelise kasvu eesmärkide saavutamist, luues pinnase innovatsiooniks ja jätkusuutlikuks arenguks. Raportis kaardistati üldised kanalid, mille kaudu saab leida uusi võimalusi kasvuks ning tegeleda majanduslike ja keskkonnaalaste väljakutsetega (OECD, 2011):

- Ressursside ja loodusvarade tõhusam kasutamine tähendab piiratud loodusressursside säästlikku rakendamist, mis aitab minimeerida keskkonnakahjusid ja edendada ringmajandust.
- Innovatsioon toob kaasa uusi tehnoloogilisi lahendusi, mis aitavad arendada madala süsinikuheitega majandust ning soodustada keskkonnasõbralikumaid ja energiatõhusamaid tööstusharusid.
- Uute roheliste turgude ja töövõimaluste loomine viitab sellele, kuidas rohetehnoloogiad ja taastuvenergia mitte ainult ei loo uusi tööhõivevõimalusi, vaid aitavad ka roheliste toodete turule jõudmist, edendades samal ajal keskkonnasõbralikumaid tarbimist ja vähendades negatiivseid keskkonnamõjusid.

- Läbipaistev keskkonnaküsimustega tegelemine aitab suurendada usaldust investorite seas, kuna selge aruandlus keskkonnamõtjude kohta vähendab riske ja soodustab rohelisi investeeringuid.
- Tasakaalukamad makromajanduslikud tingimused, nagu madalamad hinnakõikumised, loovad usaldusväärse keskkonna roheliste investeeringute jaoks, pakkudes stabiilsust pikaajaliste projektide elluviimiseks.

Antud bakalaureusetöö keskendub OECD poolt välja pakutud rohelise innovatsiooni (**roheinnovatsioon**, *Green innovation*) kanalile kui viisile, kuidas saavutada majanduskasv ilma loodust kahjustamata. Roheinnovatsiooni mõistetakse töös laiemalt kui tehnoloogiliste uuenduste kogumit, mis on seotud roheliste toodete või protsessidega, hõlmates näiteks energiatõhususe, saaste vältimise, jäätmete ringlussevõtu, roheliste toodete kujundamise või ettevõtete keskkonnajuhtimise valdkondi (OECD, 2011). Roheinnovatsioonil on mitmeid alamliike, mille hulka kuulub näiteks ökoinnovatsioon (*Eco innovation*). **Ökoinnovatsioon** tähendab uute toodete ja protsesside arendamist, mille eesmärgiks on klientidele ja ettevõtetele väärtuse loomine, samas kui keskkonnamõtjude vähendamine toimub samaaegselt. (Baneliené & Strazdas, 2023; Díaz-García et al., 2015) Antud töös käsitletakse mõisteid roheinnovatsioon ja ökoinnovatsioon sünonüümidenä, sest mõlemad on suunatud keskkonnamõtjude minimeerimisele, samal ajal edendades majanduskasvu.

Roheinnovatsioonil on mitmeid ajendeid. Neid ajendeid käsitletakse sageli motivatsioonide kaudu, mis seisnevad keskkonnamõtjude vähendamises ja majanduskasvu toetamises. Üheks ajendiks on teadus- ja arendustegevus, millel on erinevad suunad, kuid bakalaureusetöö kontekstis on keskse tähtsusega roheline tehnoloogia (**rohetehnoloogia**, *Green technology*) ehk keskkonnatehnoloogia. (Díaz-García et al., 2015) Rohetehnoloogia viitab tehnoloogiale, mis võimaldab saavutada suuremat toodangut oluliselt väiksema energiatarbimisega, keskendudes energiatõhususe ja keskkonnamõtjude vähendamisele. Näiteks võib see hõlmata innovatsiooni energiatootmises või –salvestamises, mis vähendab keskkonnakoormust ja toob kaasa suurema energiatõhususe. (Awan et al., 2024; OECD, 2011)

Ka poliiticate ja regulatsioonide loomine on roheinnovatsiooni ajend (Díaz-García et al., 2015). Esimestes rohekasvu puudutavates suunistes ja dokumentides toodi välja keskkonnapoliiticate loomine soovitusena. Leiti, et eri riikide olukord nõuab erinevat lähenemist, kuid üldine arusaam oli, et selged ja prognoositavad poliitikasignaalid investoritele ja tarbijatele toovad kasu (OECD, 2011). Tänapäevaks on pilt Euroopas aga

muutunud. Euroopa Liit on loonud Euroopa rohelepp (European Green Deal), mis seab raamistiku ja juhised ELi modernseks, ressursitõhusaks ja kliimaneutraalseks majanduseks kujundamiseks. Rohelepp kaks keskset alustala on eesmärk saavutada kasvuhoonegaaside netonullheide aastaks 2050 ning majanduskasvu lahutamine ressursside üleliigsest kasutamisest. Kuigi riigid saavad enda täiendavaid eesmärke seada, on keskkonda kahjustavate ettevõtete jaoks valikuvabadus enda tegevust roheliseks muuta kadumas, kuna see muutub nõudeks. (Euroopa Komisjon, i.a.b) Riigid on valinud aga erinevad strateegiad ning alustanud nendega erinevatel aegadel, mistõttu nende tegevuste analüüsimine võib anda teadmisi edasiseks.

Rohekasvu kontseptsioon haakub teoreetiliste käsitlustega, mis jaotavad selle saavutamise lähenemised kaheks: nõrk (*trade-off*) ja tugev (*win-win*) rohekasv. Tugev rohekasv eeldab, et looduskapitali säilitamine ja sissetulekute kasvu suurendamine on teineteist täiendavad. Näiteks on mõned autorid väitnud, et rangemate keskkonnapoliitike kehtestamine võib avada võimalusi, mis muidu ei tekiks, edendades tootlikkust sektorites, mis ei sõltu otseselt loodusressurssidest. Seda ideed tuntakse „Porteri hüpoteesina“. Porteri ja Linde (1995) järgi suurendavad rangemad keskkonnapoliitikad tootlikkust, mille taga on tehnilise tootlikkuse kasv, ning toetavad seeläbi majanduskasvu. Kuigi hüpotees on pakkunud huvi, on selle paikapidavuse kohta seni vähe statistilisi tõendeid ning paljud teadlased suhtuvad sellesse skeptiliselt. (Díaz-García et al., 2015; Smulders et al., 2014)

Nõrga rohekasvu puhul võib keskkond kasu saada, kuid seda majanduse arvelt. Neoklassikalise keskkonnaökonoomia vaatepunktide kohaselt tuleb teha kompromisse majanduse ja keskkonna vahel (Smulders et al., 2014). Seda mõtteviisi anti edasi ka OECD strateegia raportis (OECD, 2011). Samas võivad hästi kavandatud poliitikad ja tehnoloogiline innovatsioon neid vastuolusid leevendada ning võimaldada nii keskkonna- kui ka majanduseesmärkide samaaegset saavutamist (Smulders et al., 2014). Sterner ja Damon (2011) toovad välja, et kliimamuutuste kontekstis on innovatsiooni ja tehnoloogia arengu soodustamine keskse tähendusega, kuna üksnes regulatsioonidele toetumine võib piirata nii tootjate kui ka tarbijate tegutsemisvabadust. Seetõttu võib tehnoloogiline edasimineku olla võtmetähtsusega lahendus, mis loob olukorra, kus nii keskkond kui ka majandus saavad kasu.

Jätkusuutliku arengu kujunemine on loonud aluse rohelise majanduse ja rohekasvu käsitlustele, mille üheks keskseks suunaks on kujunenud roheinnovatsioon. Erinevused riikide strateegiates, ajastuses ja poliitikaraamistikutes näitavad, et rohekasv ei ole ühtne protsess, vaid sõltub konkreetsetest valikutest. Roheinnovatsioon on selles kontekstis üks olulisi mehhanisme, mille kaudu püüeldakse samaaegselt majanduskasvu ja keskkonnahoidu.

## 1.2. Roheinnovatsiooni ja majanduskasvu teoreetilised ja empiirilised seosed

Elmises alapeatükis selgitati, kuidas roheinnovatsioon on üks kanal, mille kaudu saab saavutada majanduskasvu ilma keskkonda kahjustamata. Autor kitsendab tööd just sellele kanalile. Antud alapeatükis vaadeldakse, kuidas roheinnovatsiooni on võimalik empiiriliselt mõõta ning millised seosed võivad ilmneda selle ja majandusarengu vahel. Analüüs tugineb erinevatele näitajatele, sealhulgas Ökoinnovatsiooniindeksile, keskkonnatehnoloogia patentide arvule, teadus- ja arendustegevuse kulutustele ning keskkonnatehnoloogia arenduste osakaalule.

Üheks innovatsiooninäitajaks on **innovatsiooniindeksid**, millega saab hinnata riigi innovatsiooni taset. Tuntumad neist on GII (*Global Innovation Index*), EIS (*European Innovation Scoreboard*) ja Ökoinnovatsiooniindeks (*Eco-Innovation Index*). GII-d arvutatakse ülemaailmselt ligi 130 majandusele ja EIS-i Euroopa Liidu liikmesriikidele. Mõlemad näitajad tuginevad mitmetele indikaatoritele ja kvantifitseerivad üleüldist innovatsiooni. (European Commission, 2024b; WIPO, 2024) Ökoinnovatsiooniindeksit arvutab Euroopa Komisjon ning selle abil viiakse läbi Euroopa Liidu liikmesriikide võrdlev hindamine ökoinnovatsiooni valdkonnas. (European Commission, 2024a)

Ökoinnovatsiooniindeks on üles ehitatud viiele põhikomponendile: sisendid, tegevused, väljundid, ressursitõhusus ja sotsiaalmajanduslikud tulemused. Need komponendid hõlmavad ökoinnovatsiooni kõikide võtmeaspektide hindamist, alates teadus- ja arendustegevuse sisendite kvaliteedist ja ulatusest, innovatsioonitegevuste rakendamisest, kuni keskkonnasõbralike toodete ja teenuste väljatöötamiseni. Ressursitõhususe näitaja analüüsib, kuidas innovatsioonide kasutuselevõtt võimaldab vähendada loodusvarade tarbimist, samas kui sotsiaalmajanduslikud tulemused mõõdavad ökoinnovatsioonide mõju tööturule, majanduskasvule ja ühiskonna heaolule tervikuna. (European Commission, 2024a)

Innovatsiooni ja majanduse seoseid selgitab Schumpeteri innovatsiooniteooria (1911), mille kohaselt on innovatsioonil positiivne mõju majanduskasvule. Teooria järgi toimub majandusareng läbi innovatsioonilainete, mis häirivad olemasolevaid sektoreid ja loovad uusi, produktiivsemaid majandusharusid, suurendades seeläbi ka SKT-d (Yuan & Zhang, 2024). Kui innovatsiooniindeksid peegeldavad riikide innovatsioonivõimekust, siis Schumpeteri teooria valguses eeldatakse positiivset seost innovatsiooniindeksite ja majanduse edukuse vahel.

Varasemad uuringud on leidnud positiivse seose innovatsiooniindeksite ja majanduskasvu vahel. Näiteks hindasid Banelienè ja Strazdas (2023) Euroopa Liidu riikide andmete põhjal regressioonimudelit, kasutades OLS-meetodit. Uuringus analüüsiti nii EIS-i

kui ka Ökoinnovatsiooniindeksit ning nende mõju SKT-le elaniku kohta. Hinnatud mudeli tulemusel leiti, et suurendades EIS-i ühe punkti võrra, suureneb SKT elaniku kohta 198 euro võrra aastas ja Ökoinnovatsiooniindeksit suurendades ühe punkti võrra, suureneb SKT elaniku kohta 146 euro võrra aastas. Samas leidsid autorid aga, et erineva innovatsiooni tasemega riikides võib mõju majandusele olla erinev. Riigid, kus rohetehnoloogiate innovatsioon on kõrgel tasemel ja nende levik ulatuslik, võivad innovatsiooniindeksid näidata positiivset mõju majanduskasvule. Samas riikides, kus rohetehnoloogiate innovatsioonitase ja nende levik on madal, võib see avaldada majanduskasvule vähemal määral positiivset mõju. (Baneliené & Strazdas, 2023)

Ka teised teadlased on hinnanud, milline on Ökoinnovatsiooniindeksi mõju SKT-le elaniku kohta. Mačiulytė-Šniukienė ja Sekhniashvili (2021) hindasid 2020. aasta ELi riikide andmetega juhusliku efektiga mudeli, millest selgus, et kui Ökoinnovatsiooniindeks suureneb 1% võrra, siis SKT elaniku kohta suureneb 0,069% võrra. Lisaks analüüsiti muutuja mõju keskkonnategevuse tulemuslikkusele, kasutades mudelit, mille sõltuvaks muutujaks oli Keskkonnatõhususe indeks (*Environmental Performance Index*). Autorid jõuavad järeldusele, et ökoinnovatsiooni areng ei mõjuta mitte ainult ELi liikmesriikide majanduskasvu, vaid avaldab positiivset mõju keskkonnategevuse tulemuslikkusele. (Mačiulytė-Šniukienė & Sekhniashvili, 2021)

Vāduva et al. (2017) uurisid Euroopa Liidu riikide näitel majandusarengu ja inimkapitali vahelist seost, käsitledes ökoinnovatsiooni kontrollmuutujana. Autorid hindasid kahte regressioonimudelit, kasutades OLS-meetodit, mille andmestikud pärinesid 2011. ja 2014. aastast. 2011. aasta mudeli tulemused näitasid, et Ökoinnovatsiooniindeksi 1% suurune kasv oli seotud SKT suurenemisega elaniku kohta 346 euro võrra aastas. 2014. aasta andmetel oli vastav näitaja 366 eurot. Uuringu järeldustes rõhutatakse innovatsiooni kesksel rollil majandusarengu edendamisel. (Vāduva et al., 2017)

Varasemates empiirilistes uuringutes on roheinnovatsiooni mõõtmiseks riigitasandil kasutatud ka kas **keskkonnatehnoloogia patentide arvu inimese kohta** või **keskkonnatehnoloogia arenduste osakaalu kõigist tehnoloogilistest arendustest**. Uurijad on toonud välja patendiandmete ja tehnoloogiliste arenduste andmete kasutamise eelistena andmete kergelt analüüsivuse, kvantitatiivset lähenemise, erapooletuse ja tulemustele orienteerituse. Uurides innovatsiooninäitajate ja majandusarengu seoseid, leiavad autorid, et muutujate vahel on positiivsed seosed. (Awan et al., 2024; Türedi, 2016; Wani et al., 2024). Lisaks on mõningates uurimistöodes lisatud mudelitesse muutujana ka rohepoliitika rangus.

Solow (1956) kirjeldas enda neoklassikalises kasvumudelis majanduskasvu seoseid tehnoloogilise arengu ja tootlikkuse vahel, kus tehnoloogiline areng on pikaajalise majanduskasvu peamine allikas. Teooria kohaselt aitab tehnoloogiline areng suurendada tootlikkust ja ületada kapitali ja tööjõu piiranguid, võimaldades majandusel jätkata kasvamist ka pärast teiste ressursside kasvupotentsiaali ammendumist. (Mankiw, 2010) Rakendades teooriat keskkonnatehnoloogiale peaks see tähendama, et uued tehnoloogilised lahendused mitte ainult ei paranda keskkonna seisundit, vaid võivad samal ajal toetada majanduskasvu. Lisaks teooriale on ka mitmed teadlased leidnud, et just keskkonnatehnoloogia muutusega on võimalik, kas säilitada või suurendada majanduskasvu, seejuures tõhustades loodusressursside kasutust (Awan et al., 2024; Smulders et al., 2014; Wani et al., 2024).

Wani et al. (2024) uurimus kasutas sõltuva muutujana korrigeeritud netosäästu, mis hõlmas tahkete osakeste heitmetest tulenevat kahju. Artiklis uuriti, millised on G7 riikide roheinnovatsiooninäitajate seosed mainitud muutujaga. 1995–2020. aasta andmete ja CS-ARDL mudeli hinnangul järeldatakse, et majandusarengu ja keskkonnatehnoloogia patentide arvu vahel on positiivne seos. Suurendades keskkonnatehnoloogiate patentide arvu 1% võrra, suureneb sõltuv muutuja 0,41%. Autorid järeldavad, et rohelise majanduskasvu edendamiseks peaksid G7 riigid rakendama poliitikaid, mis soodustavad keskkonnatehnoloogiate arengut. (Wani et al., 2024)

Awan et al. (2024) uurisid, milline on OECD ja kuue BRICS (Brasiilia, Venemaa, India, Indoneesia, Hiina ja Lõuna-Aafrika Vabariigi) riigi roheliste praktikate mõju nende SKT ja CO<sub>2</sub> suhtele. Vaatluse all olid investeeringud keskkonnatehnoloogiatesse, keskkonnatehnoloogia arenduste osakaalu kõigist tehnoloogilistest arendustest kui ka keskkonnapoliitika rangus. Analüüsiti 33 riiki, mille andmed pärinesid perioodist 1990-2019 ning lisandväärtuse loomiseks eristati kahte regiooni: OECD ja BRICS riigid. Fikseeritud efektiga mudeliga näitasid autorid, et kui riigid suurendavad oma keskkonnatehnoloogia arenduste osakaalu kõigist tehnoloogilistest arendustest, võidakse saavutada majanduskasv ja vähendada samaaegselt CO<sub>2</sub> heitkoguseid. Hinnates erinevate rohepoliitikate tasemete mõju SKT ja CO<sub>2</sub> suhtele, leiti, et riikides, kus on keskmise või kõrge rangusega keskkonnapoliitika, on roheinnovatsiooninäitajate mõju muutujate suhtele suuremal määral positiivne kui riikides, kus on madala rangusega keskkonnapoliitika. Keskkonnapoliitika ranguse hindamiseks kasutati keskkonnapoliitika ranguse indeksit (*Environmental Policy Stringency Index*). (Awan et al., 2024)

Türedi (2016) hindas 23 OECD riigi patentide arvu ja teadus- ning arendustegevuse rahastamise mõju SKT-le elaniku kohta. OLS hinnangul leitakse, et 1% patentide arvu

muutust suurendab SKT-d elaniku kohta 0,07%. Ka SKT elaniku kohta ja teadus- ning arendustegevus rahastamise vahel on autori hinnangul positiivne seos. Uuringus järeldatakse, et riigid, mis soovivad saavutada jätkusuutlikku ja kõrget majanduskasvu, peaksid eraldama rohkem ressursse teadus- ja arendustegevuseks ning looma tõhusa patendisüsteemi. (Türedi, 2016)

OECD pakkus 2011. aasta raportis roheinnovatsiooni mõõtmiseks välja **keskkonnaga seotud teadus- ja arendustegevuse** (*Research and Development, R&D*) **investeeringute mahu** või **osakaalu kõigist teadus- ja arendustegevuse investeeringutest** (OECD, 2011). Innovatsiooninäitajat on kasutatud ka mitmetes uuringutes, et hinnata keskkonnatehnoloogia investeeringute ja majanduse seoseid.

Teadus- ja arendustegevuse ning majanduskasvu seoseid kirjeldab Romeri endogeense kasvu teooria (1990), mille kohaselt on teadus- ja arendustegevusse investeerimine majanduskasvu üks peamisi allikaid, kuna teadusloome ja innovatsioon suurendavad tootlikkust ning võimaldavad pikaajaliselt sisemist, jätkusuutlikku SKT kasvu. (Yuan & Zhang, 2024) Teooria kohaselt peaksid seega investeeringud keskkonnatehnoloogiasse olema positiivse mõjuga majandusele.

Juba varasemalt viidatud Mačiulytė-Šniukienė ja Sekhniashvili (2021) ning Türedi (2016) kasutasid enda regressioonimudelid sõltumatu muutujana teadus- ja arendustegevuse kulutusi osakaaluna SKT-st, et hinnata muutuja seost SKT-ga elaniku kohta. Mõlemas teadustöös leiti, et muutujate vahel on positiivsed seosed. Mačiulytė-Šniukienė ja Sekhniashvili (2021) töös leiti, kui teadus- ja arendustegevuse kulutused suurenevad 1% võrra, siis suureneb SKT elaniku kohta 0,005% võrra aastas. Türedi (2016) leidis, et 1%-ne teadus- ja arendustegevuste kulutuste kasv suurendab SKT-d elaniku kohta aga 0,40%.

Awan et al. (2024) hindasid SKT ja CO<sub>2</sub> seost keskkonnaga seotud teadus- ja arendustegevuse osakaaluga kõigist teadus- ja arendustegevuse investeeringutest riigis. Leiti, et teadus- ja arendustegevuse investeeringud mõjutavad positiivselt ja statistiliselt olulisel määral SKT ja CO<sub>2</sub> suhet. Täpsemalt, suurendades riigi 1% võrra teadus- ja arendustegevuse osakaalu, suureneb SKT ja CO<sub>2</sub> suhe 0,026 euro võrra. (Awan et al., 2024)

Marin ja Šušić (2021) uurisid teadus- ja arendustegevuse investeeringute seoseid Bosnia ja Hertsegoviina majanduskasvuga ajavahemikus 2005–2019. OLS regressioonimudeli näitas, et iga täiendav 1 miljon eurot teadus- ja arendustegevuse investeeringuid tõi kaasa 116,53 miljoni euro suuruse kasvu SKT-le. Uuringu põhjal järeldasid autorid, et sellised investeeringud aitavad kaasa majanduskasvule, toetades samal ajal vajalikke struktuurireforme ning võimaldades riigil paremini kohaneda Euroopa Liidu

majandusruumiga. Eriti olulisteks peeti teadmiste- ja tehnoloogiapõhiste toodete arendamist ning kõrgtehnoloogilise ekspordi suurendamist, millel võib olla oluline roll jätkusuutliku majandusarengu saavutamisel. (Marin & Šušić, 2021)

Ahmed et al. (2024) uurisid teadus- ja arendustegevuse investeeringute seoseid majanduskasvuga, kasutades OLS-regressioonimudelit G7 riikide ja Pakistani andmetel ajavahemikust 1999–2023. Analüüsi tulemused näitasid, et iga teadus- ja arendustegevusse tehtud täiendav ühikuline investeering suurendab SKT-d 6818 dollari võrra, eeldusel et muud tegurid püsivad muutumatuna. Autorid järeldasid, et teadus- ja arendustegevuse kulutuste suurendamine oluliselt parandada SKT taset ja riigi üldist majanduslikku olukorda. Uuringu põhjal soovitati suurendada valitsuse eraldatavat rahastust teadus- ja arendustegevusele. (Ahmed et al., 2024)

Tabel 1

*Roheinnovatsiooni ja majanduse seoseid käsitlevate uuringute võrdlev kokkuvõte*

Autorid	Valim	Metoodika	Uuringu fookus	Põhitulemused
Banelienė & Strazdas (2023)	ELi riigid, 2020. aastal, N = 25	OLS	Innovatsiooni -indeksite seosed majanduskasvuga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SKT elaniku kohta ja innovatsiooniindeksite vaheline seos on positiivne;</li> <li>• kõrge roheinnovatsiooniga riikides on innovatsiooniindeksite mõju majandusele suurem kui madala roheinnovatsiooniga riikides.</li> </ul>
Mačiulytė-Šniukienė & Sekhniash (2021)	ELi riigid ja ÜK, aastatel 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, N = 140	juhusliku efektiga mudel	Öko-innovatsiooni -indeksi mõju majandusele ja keskkonnavalasele tulemuslikkusele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökoinnovatsiooniindeksi mõju SKT-le inimese kohta on positiivne;</li> <li>• Ökoinnovatsiooniindeksi mõju on positiivne ka keskkonnavalasele tulemuslikkusele.</li> </ul>
Văduva et al. (2017)	ELi riigid ja ÜK, aastatel 2011 ja 2014, N = 56	OLS	Majandusarengu ja inimkapitali vahelised seosed	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SKT elaniku kohta ja Ökoinnovatsiooniindeksi vaheline seos on positiivne.</li> </ul>

Wani et al. (2024)	G7 riigid, aastatel 1995-2020, N = 182	CS-ARDL mudel	Rohe- tehnoloogia ja -energia seosed majandus- arenguga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keskkonnatehnoloogia patentide arvu on positiivne seos majandusarenguga;</li> <li>• roheenergia kasutamine viib suurema majandusarenguni.</li> </ul>
Awan et al. (2024)	OECD ja 6 BRICS riiki, aastatel 2009-2019, N = 363	fikseeritud efektiga mudel	Roheinnovatsiooni- näitajate mõju SKT/CO2 seosele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keskkonnatehnoloogia arenduste ja SKT/CO2 vahel on statistiliselt oluline positiivne seos;</li> <li>• keskkonnatehnoloogia arenduste seos majandusega on suuremal määral positiivne, kui riigis on, kas keskmine või kõrge keskkonnapoliitika rangus;</li> <li>• teadus- ja arendustegevuse investeeringute ja SKT/CO2 vahel on positiivne seos.</li> </ul>
Türedi (2016)	23 OECD riiki, aastatel 1996-2011, N = 368	OLS	Majandus- kasvu ja patentide ning teadus- ja arendus- tegevuse seosed	<ul style="list-style-type: none"> <li>• patentide arvu ja SKT elaniku kohta vahel on positiivne seos;</li> <li>• suurem teadus- ja arendustegevuse rahastamine tõstab SKT-d elaniku kohta.</li> </ul>
Marin & Šušić (2021)	Bosnia ja Hertsego- viina, aastatel 2005-2019, N = 15	OLS	R&D investeeringu te seosed majandus- kasvuga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• teadus- ja arendusarendustegevuse investeeringute mõju SKT- le on positiivne.</li> </ul>
Ahmed et al. (2024)	G7 riigid ja Pakistan, aastatel 1999-2023, N = 200	OLS	Teadus- ja arendus- tegevuse investeeringu te seosed majandu- kasvuga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• iga täiendav teadus- ja arendustegevusse tehtud investeering suurendab SKT-d.</li> </ul>

Allikas: Autori koostatud

Tabelis 1 on esitatud ülevaade teadusartiklitest, milles on uuritud innovatsiooniaitajate ja majandusarengu vahelisi seoseid ning kokku võetud peamised uurimistulemused. Lisas B on toodud varasemates uuringutes kasutatud sõltuvad ja sõltumatud muutujad. Seoste hindamiseks on valdavalt rakendatud regressioonimudeleid,

sealhulgas OLS, fikseeritud ja juhuslike efektidega mudeleid, mitmemõõtmelist regressiooni ning CR-ARDL mudelit. Enamikus käsitletud uuringutes on kasutatud paneelandmeid, mis hõlmavad mitme riigi andmeid pikema ajaperioodi jooksul. Uurimused varieeruvad ulatuslike globaalsete võrdlevate analüüside ja regionaalsete käsitluste vahel, keskendudes näiteks G7 riikidele (Kanada, Prantsusmaa, Saksamaa, Itaalia, Jaapan, Ühendkuningriik ja Ameerika Ühendriigid). Autor ei tuvastanud varasemaid uurimusi, mis käsitleksid Ida- ja Lääne-Euroopa riikidevahelist võrdlust, mis suurendab huvi vastava uurimissuuna arendamiseks.

Roheinnovatsiooni ja majandusarengu seoste analüüsimiseks on autorid kasutanud mitmesuguseid sõltuvaid muutujaid. Traditsiooniliselt on SKT-d elaniku kohta peetud peamiseks materiaalse heaolu ja isegi laiemalt elukvaliteedi mõõdikuks, ning antud muutujat on kasutanud varasemates uuringutes Mačiulytė-Šniukienė ja Sekhniashvili (2021), Türedi (2016), Banelienė ja Strazdas (2022) kui ka Vāduva et al. (2017). OECD on soovitanud alternatiivina kasutada nõudlusel põhinevat CO<sub>2</sub> tootlikkust, mis võimaldab paremini hinnata majanduse keskkonnamõjusid. Mainitud muutujat on kasutanud näiteks Awan et al. (2024). Samal ajal on teadlased, nagu Wani et al. (2024), kasutanud sõltuva muutujana korrigeeritud netosäästu, hõlmates tahkete osakeste heitkogustest tulenevat kahju. Sõltuva muutuja valik on erinevates uuringutes kujunenud autorite uurimishuvidest ja -eesmärkidest.

Teoriast ja empiirilistest teadustöödest selgub, et roheinnovatsioon on oluline majanduskasvu ja kestliku arengu edendamise tegur. Roheinnovatsiooni mõju majandusele võib aga oleneda riigi majanduslikust arengutasemest või rohepoliitika rangusest. Kuna autor keskendub roheinnovatsiooni ja majandusarengu vahelisele seosele, kasutatakse sõltuva muutujana SKT-d elaniku kohta. Kuna töö ei käsitle kasvuhooonegaaside heitkoguseid ega suhet SKT ja CO<sub>2</sub> vahel sõltuva muutujana, ei käsitleta rohekasvu selle kõige laiemas tähenduses. Töö panustab arutelusse, kuid võrd ja millisel viisil erinevad roheinnovatsiooninäitajad võivad toetada majandusarengut, mis on oluline aspekt rohekasvu toimemehhanismide paremaks mõistmiseks.

Lähtuvalt uurimistöö teoreetilisest käsitlusest ja varasemate empiiriliste uuringute tulemustest püstitab autor kolm hüpoteesi, mille kehtivust töö empiirilises osas uurida:

- Mida suurem on roheinnovatsiooninäitaja, seda suurem on mõju majanduskasvule.
- Ida- ja Lääne-Euroopas on roheinnovatsiooninäitajate mõju majanduskasvule erinev.
- Roheinnovatsiooninäitajal ja rohepoliitika tasemel on koosmõju majanduskasvule.

## 2. Empiiriline uurimus roheinnovatsiooni ja majanduskasvu seostest Euroopa Liidu riikides

### 2.1. Uurimismetoodika tutvustus ja andmete esmane analüüs

Bakalaureusetöös analüüsitakse SKT ja roheinnovatsiooninäitajate vahelisi seoseid regressioonanalüüsi abil. Regressioonanalüüsi peetakse sobivaks meetodiks, kuna seda on rakendanud ka varasemate empiiriliste uuringute autorid, nagu Awan et al. (2024), Banelienė ja Strazdas (2023), Mačiulytė-Šniukienė ja Sekhniashvili (2021), Türedi (2016) ning Vāduva et al. (2017). Autor kasutab paneelandmeid, kuna varasemates uuringutes on seoste uurimiseks enim kasutatud just sellist andmestikku, mis kajastab mitme riigi andmeid erinevatel ajahetkedel.

Töös kasutatakse fikseeritud efektiga mudelit, mis on tavaline meetod makro-paneelandmete modelleerimiseks. Antud töös on objektideks Euroopa Liidu liikmesriigid. Fikseeritud efektiga mudelis on igal objektil spetsiifiline efekt. Selles mudelis on vabaliige erinev iga objekti jaoks. Mudel on antud uurimistöös sobilik, kuna eesmärk on mudelit rakendada vaid Euroopa Liidu riikide kohta ega laiendada mudelit teistele riikidele. (Vörk, 2003) Fikseeritud efektiga mudeli üldkuju on järgmine:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_j x_{jit} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

kus  $Y_{it}$  – sõltuv muutuja

$\beta_j$  – mudeli parameeter

$x_{jit}$  – sõltumatu muutuja

$\alpha_i$  – vabaliige  $i$ -nda objekti jaoks

$\varepsilon_{it}$  - vealiige

$i$  – objekt, riik

$t$  – ajahetk

$j$  – sõltumatute muutujate arv

Paneelandmete modelleerimiseks on võimalik kasutada ka tavalist OLS-i (*Ordinary Least Square*) või juhusliku efektiga mudelit. Kontrollimaks, kas fikseeritud efektiga mudel on kõige sobivam, hindab autor ka tavalise regressioonimudeli ja juhusliku efektiga mudeli ning seejärel kasutab spetsifikatsioonide teste. Valiku OLS-i ja fikseeritud efektiga mudeli vahel saab langetada F-testiga. Valik OLS-i ja juhusliku efektiga mudeli vahel tehakse Breuschi-Pagani LM testiga. Fikseeritud efektiga ja juhusliku efektiga mudeli otsus tehakse Hausmani spetsifikatsiooni testiga. (Vörk, 2003)

Pärast mudeli hindamist kontrollitakse, kas mudelis esineb multikollineaarsust, heteroskedastiivsust või autokorrelatsiooni. Mudeli diagnostika tehakse testidega, mis käivad eelnevas etapis välja valitud kõige sobivama mudeli kohta. Autor kasutab kõikide hindamiste ja testide tegemisel olulisuse nivood 0,05. Andmeanalüüs viiakse läbi kasutades statistikatarkvara Stata.

### **Andmete valik ja nende tutvustus**

Mudelis kasutatavad paneelandmed on saadud Eurostati, Euroopa Komisjoni, OECD ja World Banki andmebaasidest. Uuritavateks aastateks valiti periood 2014-2022. Perioodi valik tulenes sellest, et uuritava valimi kohta oleksid enamus andmeid kättesaadavad. Laiapõhjalisemalt on mitmete innovatsiooninäitajatega seotud andmeid hakatud koguma aastast 2014.

Bakalaureusetöös on vaatluse all 27 Euroopa Liidu liikmesriiki 9 aasta lõikes, mistõttu on valimimaht 243. Mudeli väljundiks on SKT elaniku kohta eurodes. SKT elaniku kohta on tavapärane näitaja riigi majanduse kohta, mis võimaldab võrrelda erineva suurusega riikide majanduslikku käekäiku. Sama sõltuvat muutujat on kasutanud ka (Banelienė & Strazdas (2023), Mačiulytė-Šniukienė ja Sekhniashvili (2021), Türedi (2016) ning Vāduva et al. (2017). Vastavad andmed on saadud Eurostati andmebaasist.

Tuginedes varasematele uurimustele (vt ka lisa B), kasutab autor 8 sõltumatut muutujat, mis on välja toodud tabelis 2. Kuna bakalaureusetöö keskendub innovatsiooni ja majanduskasvu seoste uurimisele, on esialgselt valitud neli innovatsiooninäitajat. Mudelis kasutatakse Ökoinnovatsiooniindeksit, mida on rakendatud ka Banelienė ja Strazdase (2023), Mačiulytė-Šniukienė ja Sekhniashvili (2021) ning Vāduva et al. (2017) uuringutes. Teiseks kasutatakse keskkonnatehnoloogiate patentide arvu elaniku kohta, mida on kasutanud Türedi (2016) ja Wani et al. (2024). Kolmandaks kaasatakse keskkonnatehnoloogiate arenduste osakaal kohalikus tehnoloogiaarenduses, mis on kasutusel ka Awan et al. (2024) töös. Neljandaks kasutatakse investeringuid keskkonnatehnoloogiatesse osakaaluna valitsuse teadus- ja arendustegevuse kogukuludes, sest see näitab otseselt roheinnovatsioonile suunatud rahastust. Erinevalt kogu riigi investeringutest peegeldab see näitaja just keskkonnatehnoloogia arendamist, mis on töö fookuse seisukohalt asjakohasem. Antud muutujat on kasutanud ka Awan et al. (2024). Varasemate uurimuste põhjal eeldatakse, et kõigil nimetatud innovatsiooninäitajatel on positiivne seos majandusarengu näitajaga.

Tabel 2

*Sõltumatud muutujad valdkondade järgi*

Valdkond	Näitaja	Lühend	Allikas	Eeldatav seos
Innovatsiooni näitajad	Ökoinnovatsiooniindeks	INN	Euroopa komisjon	+
	Keskonnaga seotud tehnoloogiate patendid (patentide arv inimese kohta)	PAT	OECD	+
	Keskonnaga seotud tehnoloogiate arendused (% kohalikest tehnoloogilistest arendusest)	TEH	OECD	+
	Investeeringud keskkonnatehnoloogiatesse (% valitsuse poolt teadus- ja arendustegevusele eraldatud vahenditest)	INV	OECD	+
Poliitiline näitaja	Rohemaksud (keskkonnamaksude % kogu maksutulust)	MAK	Eurostat	+
Inimkapitali näitaja	Kõrgharidus (kõrgharidusega elanikkonna %)	HAR	Eurostat	+
Majandusnäitaja	Kapitali kogumahutus (% SKT-st)	GCF	World Bank	+
	Kaubandus (% SKT-st)	KAU	World Bank	+

Allikas: Autori koostatud

Eesmärgiga luua täielik mudel, mis kajastab kõiki olulisi tegureid, mis võivad mõjutada majandusarengu dünaamikat, lisatakse mudelisse veel sõltuvaid muutujaid (vt tabel 2). Sõltumatu muutujana kasutatakse lisaks rohemaksude määra, mida autor rakendab rohepoliitika ranguse mõõdiku näitajana. Eeldatakse, et riikides, kus rohemaksuäär on kõrgem, on rohepoliitika rangus samuti suurem. Rohepoliitika ranguse on mudelisse lisanud ka Awan et al. (2024). Lisaks kaasatakse mudelisse kaubanduse määr, mis näitab kaupade ja teenuste eksportimise ja importimise summa osakaalu sisemajanduse kogutoodangus. Seda muutujat on kasutanud näiteks Mačiulytė-Šniukienė ja Sekhniashvili (2021) ning Awan et al. (2024). Samuti lisatakse mudelisse kõrghariduse määr, kuna see on tihedalt seotud inimkapitali arengu ja majanduskasvuga. Solow mudeli eeskujul on mudelisse kaasatud ka koguinvesteeringu näitaja.

Autor lisab mudelisse edasiarendusena kaks koosmõju, mis on vajalikud püstitatud hüpoteeside testimiseks. Esimene on Ökoinnovatsiooniindeksi ja fiktiivse muutuja Lääne-Euroopa (LääneR) koosmõju. Fiktiivne muutuja LääneR määrab, kas riik kuulub Lääne- või Ida-Euroopasse, kus 1 tähistab Lääne-Euroopat ja 0 Ida-Euroopat. Koosmõju lisatakse mudelisse, kuna varasematest empiirilistest uuringutest, näiteks Banelienè & Strazdas (2023) selgub, et innovatsiooninäitajate mõju võib olla regiooniti erinev. Selle koosmõju abil saab hinnata Ökoinnovatsiooniindeksi seost SKT-ga elaniku kohta vastavalt piirkonnale Euroopas. Teine koosmõju on patentide arvu ja rohemaksude määra vaheline. Varasemad uuringud, näiteks Awan et al. (2024) on näidanud, et riikides, kus on erinev rohepoliitika tase, võib innovatsiooninäitajate mõju majandusele varieeruda. Selle hüpoteesi testimiseks kasutatakse kahe muutuja koosmõju, et analüüsida, kuidas rohemaksude tase ja keskkonnatehnoloogia patentide arv mõjutavad majandusarengu dünaamikat.

### Andmete esmane analüüs

Andmete esmasest analüüsis annab autor ülevaate kirjeldavast statistikast Euroopa liidu liikmesriikide lõikes aastatel 2014-2022 (vt tabel 3). Uuritavateks karakteristikuteks on miinimum, maksimum, keskmine, mediaan, standardhälve ja variatsioonikordaja.

Tabel 3

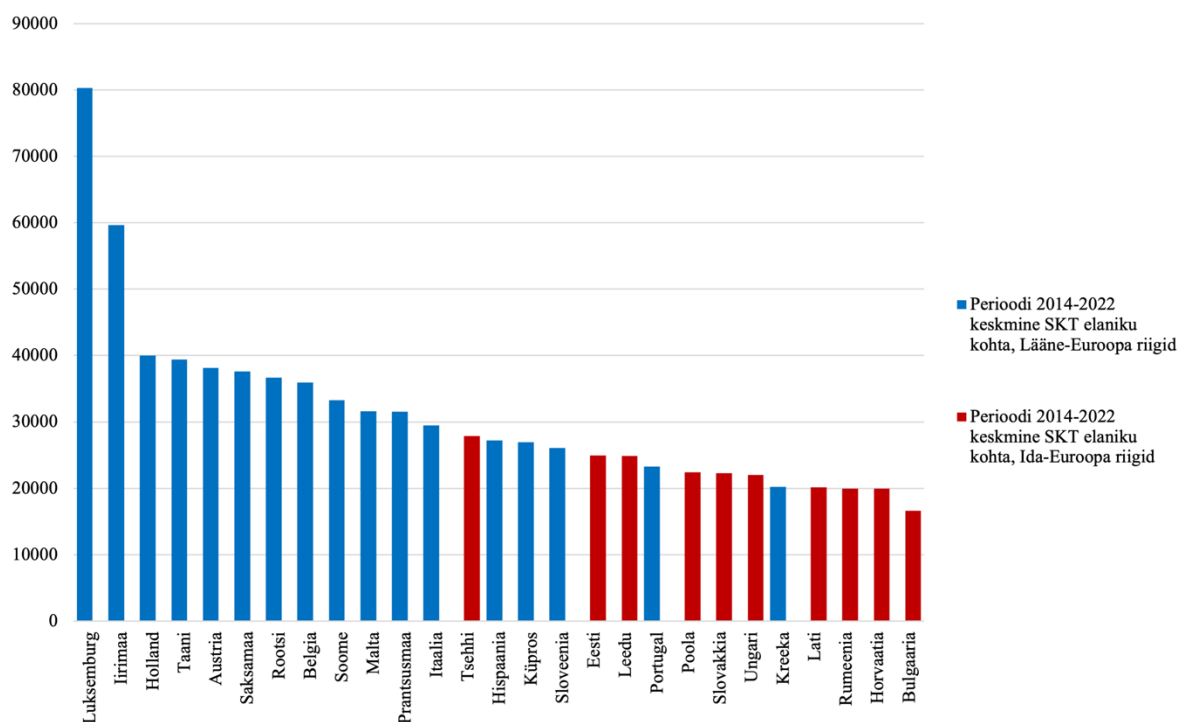
#### *Kirjeldav statistika*

Näitaja	Miinimum	Maksimum	Keskmine	Mediaan	Std. hälve	Variatsiooni-kordaja (%)
SKT	12895	89580,8	31054,05	28121,9	13750,31	44,28
INN	28,1	178,6	99,35	94,55	34,72	34,95
PAT	0,29	83,39	15,83	6,33	18,87	119,20
TEH	1,46	45,21	12,33	12,16	4,81	39,01
INV	0,05	19,75	5,50	3,87	4,68	85,09
MAK	3,15	15,32	7,45	7,2	2,15	28,86
HAR	14,2	46,1	29,52	30	7,41	25,10
GCF	11,89	53,71	22,40	22,17	4,45	19,87
KAU	53,94	393,14	133,38	125,21	65,36	49,00

Allikas: Eurostat, Euroopa Komisjon, OECD, World Bank; autori koostatud programmis

Stata, N = 243

Perioodi kõige väiksem SKT inimese kohta oli Bulgaarias 2014. aastal (12895) ja kõige suurem Luksemburgis 2022. aastal (89580,8). Kõigi liikmesriikide lõikes oli perioodi keskmine SKT inimese kohta 31054,05 eurot. Muutuja mediaan on natuke väiksem kui keskmine, mis viitab, et üksikute riikide keskmised võivad olla palju kõrgemad kui enamus riikide omad. Joonisel 1 on näha riikide keskmine SKT inimese kohta ja selgub, et Luksemburg ning Iirimaa toovad muutuja keskmist kõrgemale. Muutuja variatsioonikordaja on üsna kõrge (44,28%), seega on valimis riigid, mille majanduslikud arengutasemed on erinevad. Joonisel on punasega märgitud Lääne-Euroopa ja sinisega Ida-Euroopa riigid ning joonistub välja, et Ida-Euroopa riikide SKT inimese kohta on madalam kui Lääne-Euroopas. Kuna keskmised on erinevad, siis toetab see ideed riike geograafiliselt grupeerida ja vaatluse all olevate innovatsiooninäitajate mõju eraldi uurida.

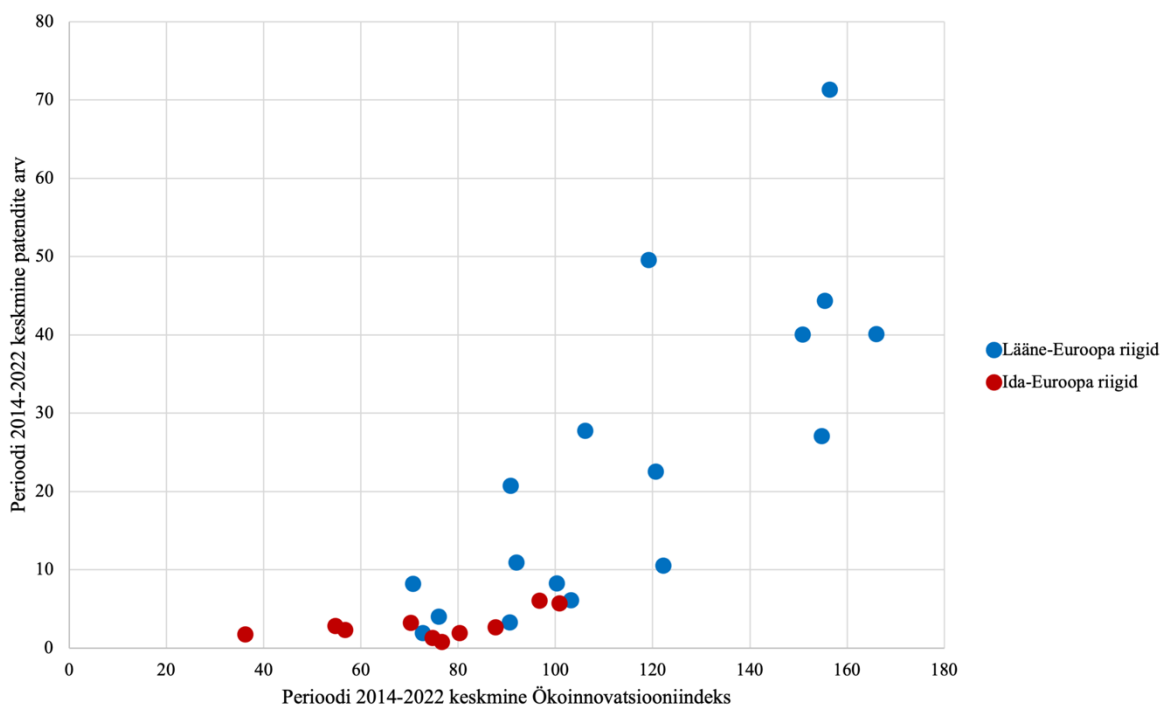


Joonis 1. Keskmine SKT elaniku kohta aastatel 2014-2022

Allikas: Eurostat; autori koostatud programmis Excel

Kõige suurem Ökoinnovatsiooniindeks (INN) oli Soomes 2022. aastal ja kõige väiksem Bulgaarias 2017. aastal. Muutuja keskmine ja mediaan on sarnased (vastavalt 99,35 ja 94,55) ning variatsioonikordaja (34,95%) viitab, et Ökoinnovatsiooniindeksite tasemed pole riigiti suurel määral erinevad. Samas keskkonnatehnoloogiate patentide arv inimese kohta (PAT) varieerub riigiti laiaulatuslikult, muutuja variatsioonikordaja on 119,2%. Suur

hajuvus viitab sellele, et riikide innovatsiooninäitajate tasemed on erinevad. Suurima patentide arvuga riik oli 2020. aastal Taani (83,39) ja kõige väiksemaga 2018. aastal Küpros (0,29). Joonisel 2 on näidatud ootuspärane tulemus, et riikides, kus on kõrge Ökoinnovatsiooniindeks on ka kõrge patentide arv inimese kohta. Jooniselt on näha ka Ökoinnovatsiooniindeksi puhul Ida- ja Lääne-Euroopa riikide vaheline erinevus.



Joonis 2. Keskmine Ökoinnovatsiooniindeks ja keskkonnapatentide arv aastatel 2014-2022

Allikas: Euroopa Komisjon ja OECD; autori koostatud programmis Excel

Keskonnaga seotud tehnoloogiate arenduste osakaal kohalikest tehnoloogilistest arendusest (TEH) keskmise aastatel 2014-2022 oli 12,33% ja mediaan 12,16%. Muutuva variatsioonikordaja on madalamapoolne (39,01). Kõige suurema osakaaluga keskkonnatehnoloogia arendustega riik oli 2016. aastal Malta (45,21%) ja kõige väiksema osakaaluga 2018. aastal Küpros (1,46%).

Enim prioriseeriti teadus- ja arendustegevuse eelarvest keskkonnatehnoloogiate rahastamist (INV) 2014. aastal Küprosel (19,75%), vähe aga Leedus 2018. ja 2019. aastal (0,05%). Investeeringute taseme keskmine on 5,50% ja mediaan 3,87%. Investeeringute määra puhul on märkimisväärne kõrge variatsioonikordaja (85,09%), mis tähendab, et ELi keskkonnatehnoloogiate rahastamise strateegiad varieeruvad üsna palju.

Rohemaksude määra (MAK) keskmine on 7,45% ja mediaan 7,2%. Rohemaksu määr oli suurim 2022. aastal Bulgaarias (15,32%) ning kõige väiksem Luksemburgis aastal 2022, ulatudes vaid 3,15%-ni. Muutuva variatsioonikordaja oli 28,86%, mis viitab, et liikmesriikide rohepoliitika ei varieeru liialt.

Kõrghariduse (HAR) variatsioonikordaja on 25,10%, mis viitab sellele, et kõrghariduse määrade erinevus Euroopa riikides on mõõdukas. Kõige kõrgem määr (46,1%) esines 2022. aastal Iirimaal, samas kui madalaim määr (14,2%) oli Rumeenias 2014. aastal. Euroopa riikide keskmine kõrghariduse määr oli 29,52%. Selle põhjal võib järeldada, et kõrghariduse määrade vaheline erinevus riikide vahel ei ole äärmuslik ning viitab tasakaalustatud ja mõõdukale varieeruvusele.

Kapitali kogumahutuse (GCF) ja kaubanduse (KAU) määra variatsioonikordaja on vastavalt 19,87% ja 49,00%. Kõrge kaubanduse määra variatsioonikordaja viitab taaskord, et Euroopa Liidu liikmesriikide majanduslikud arengutasemed on erinevad. Kõige kõrgem kapitali kogumahutuse määr oli 2019. aastal Iirimaal ja kaubanduse määr Luksemburgis 2021. aastal. Madalaim kapitali kogumahutuse määr aga Kreekas 2017. aastal ja kaubanduse määr Itaalias 2020. aastal. Kapitali kogumahutuse keskmine määr ELi liikmesriikides aastatel 2014-2022 oli 22,40% ja kaubanduse määr 133,38%.

Esialgne andmeanalüüs näitas, et mitmete muutujate jaotused olid suure varieeruvusega ning ei vastanud normaaljaotusele. Seetõttu otsustas autor andmete kuju muuta ja logaritmid muutujad, et neid regressioonimudelisse kasutada. Pärast logaritmitamist lähenesid andmed normaaljaotusele ning sõltuva ja sõltumatute muutujate vahelised seosed muutusid lineaarsemaks.

### **Korrelatsioonanalüüs**

Uuritavate muutujate vaheliste seoste olemasolu, tugevuse, suuna ja statistilise olulisuse uurimiseks kasutatakse korrelatsioonanalüüsi. Kuna kõik käsitletavad tunnused on arvulised, siis on kasutatakse seosekordajana Pearson'i korrelatsioonikordajat.

Tabel 4

*Korrelatsioonimaatriks Pearson'i korrelatsioonikordajate ja p-väärtustega*

	SKT	INN	PAT	TEH	INV	MAK	HAR	GCF	KAU
SKT	1	0,599* 0,000	0,438* 0,000	0,003 0,971	-0,028 0,744	-0,520* 0,000	0,577* 0,000	0,165* 0,010	0,648* 0,000
INN		1	0,750* 0,000	0,187* 0,006	0,072 0,299	-0,511* 0,000	0,428* 0,000	0,129* 0,045	-0,007 0,913
PAT			1	0,443* 0,000	-0,053 0,242	-0,345* 0,000	0,298* 0,000	0,066 0,308	-0,089 0,167
TEH				1	0,005 0,949	-0,113 0,098	0,006 0,931	-0,010 0,879	-0,067 0,328
INV					1	-0,182* 0,009	0,125 0,073	0,007 0,926	-0,246* 0,000
MAK						1	-0,333* 0,000	-0,261* 0,000	-0,179* 0,006
HAR							1	0,165* 0,010	0,362* 0,000
GCF								1	0,166* 0,010
KAU									1

\* Statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,05.

Allikas: Eurostat, Euroopa Komisjon, OECD, World Bank; autori koostatud programmis Stata

Korrelatsioonimaatriksist (tabel 4) on näha, et muutujad INN, PAT, HAR, GCF ja KAU on positiivselt seotud sõltuva muutujaga ehk SKT-ga. Enamus paaride puhul jääb korrelatsioonikordaja vahemikku 0,3 kuni 0,7, mis märgib mõõdukalt seost. Muutuja GCF ja SKT vahel on nõrk seos ( $r = 0,165$ ). Muutuja MAK on SKT-ga seotud negatiivselt ja muutujate vaheline seos on mõõdukalt tugev.

Olulisuse nivool 0,05 puudub muutujate TEH ja SKT vahel statistiliselt oluline lineaarne seos. TEH on tugevamalt seotud muutujatega INN ( $r = 0,187$ ) ja PAT ( $r = 0,443$ ). Positiivsed seosekordajad näitavad, et riikides, kus on suurem osakaal keskkonnaga seotud tehnoloogia arendusi on ka kõrgem Ökoinnovatsiooniindeks ja suurem keskkonnaga seotud tehnoloogiate patentide arv. Statistiliselt oluline seos puudub ka muutujate SKT ja INV vahel. INV on statistiliselt olulisel määral negatiivselt seotud muutujatega MAK ( $r = -0,182$ ) ja

KAU ( $r = -0,246$ ). Negatiivne korrelatsioon näitab, et riikides, kus eraldatakse rohkem vahendeid investeeringuteks keskkonnatehnoloogiasse on madalam rohemaksude ja kaubanduse määr.

Kõige tugevamalt on statistiliselt olulisel määral sõltuva muutujaga seotud KAU ehk riikides, kus on kõrgem majanduse avatus on ka suurem SKT elaniku kohta ( $r = 0,648$ ). Vaatluse all olevatest innovatsiooninäitajatest on SKT muutujatega INN ja PAT tugevalt seotud (vastavalt  $r = 0,599$  ja  $r = 0,438$ ), millest järeldub, et riikides, kus on kõrgem Ökoinnovatsiooniindeks või keskkonnatehnoloogiate patentide arv, on ka kõrgem SKT elaniku kohta. Statistiliselt oluline seos on veel HAR ja SKT vahel. Seosekordaja näitab, et riikides, kus on kõrgem kõrghariduse määr on kõrgem SKT elaniku kohta ( $r = 0,577$ ). Lisaks on positiivne statistiliselt oluline seos ka GCF ja SKT vahel ( $r = 0,165$ ). Ainus negatiivne statistiliselt oluline seos on SKT ja MAK vahel. Negatiivne seos tähendab, et mida kõrgem on rohemaksude määr seda madalam on SKT ( $r = -0,520$ ).

Korrelatsioonanalüüsi tulemusel otsustas autor muutujaid, millel polnud sõltuva muutujaga statistiliselt olulist seost ehk TEH ja INV, mudelisse mitte lisada. Korrelatsioonimaatriksi tulemuste alusel võib mudelis esineda multikollineaarsust, kuna muutujad INN ja PAT ning GCF ja MAK on omavahel tugevamini seotud, kui need on seotud sõltuva muutujaga ehk SKT-ga elaniku kohta.

## 2.2. Regressioonimudeli püstitamine ja saadud tulemuste analüüs

Esimesena kasutab autor regressioonimudeli hindamiseks OLSi ehk tavalist vähimruutude meetodit. OLS hinnangute tulemuste alusel koostati järgnev esialgne mudel:

$$\ln SKT_{it} = 6,558 + 0,322 \ln INN_{it} + 0,056 (\ln INN_{it} * LääneR) + 0,142 \ln PAT_{it} - 0,146 \ln MAK_{it} - 0,060 (\ln PAT_{it} * \ln MAK_{it}) + 0,039 \ln HAR_{it} + 0,115 \ln GCF_{it} + 0,381 \ln KAU_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

kus  $i$  – riik,  $i = 1 \dots 27$

$t$  – ajaperiood,  $t = 1 \dots 9$

Järgnevalt koostatakse fikseeritud efektiga mudel, kus vabaliige on erinev iga riigi jaoks. Fikseeritud efektiga esialgse mudeli kuju:

$$\ln SKT_{it} = \alpha_i + 0,333 \ln INN_{it} - 0,344 (\ln INN_{it} * LääneR) - 0,088 \ln PAT_{it} - 0,054 \ln MAK_{it} - 0,047 (\ln PAT_{it} * \ln MAK_{it}) + 0,731 \ln HAR_{it} + 0,047 GCF_{it} + 0,318 \ln KAU_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

kus  $i$  – riik,  $i = 1 \dots 27$

$t$  – ajaperiood,  $t = 1 \dots 9$

Kolmandaks mudeliks on juhusliku efektiga mudel, lubatakse objektile iseloomulikult efektil olla juhuslik. Juhusliku efektiga esialgne mudeli kuju:

$$\ln SKT_{it} = 5,88 + 0,298 \ln INN_{it} + 0,044 (\ln INN_{it} * LääneR) - 0,077 \ln PAT_{it} - 0,078 \ln MAK_{it} - 0,041 (\ln PAT_{it} * \ln MAK_{it}) + 0,474 \ln HAR_{it} + 0,046 \ln GCF_{it} + 0,277 \ln KAU_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

kus  $i$  – riik,  $i = 1 \dots 27$

$t$  – ajaperiood,  $t = 1 \dots 9$

Otsustamiseks ühise konstandi, fikseeritud efektiga või juhusliku efektiga mudelite vahel, viib autor läbi kolm spetsifikatsioonide testi. Esimesena kasutatakse F-statistikut, et teha valik ühise vabaliikme ja fikseeritud efektiga mudeli vahel. Testitakse, kas kõikide objektide vabaliikmed võivad olla võrdsed. Kõikide objektide vabaliikmete võrdsus on F-testi nullhüpoteesiks. Kuna testi p-väärtus tuleb väga väike ( $p = 0,000$ ), siis lükatakse ümber nullhüpotees ja kasutama peaks fikseeritud efektiga mudelit. Teisena testitakse, kas sobivam on ühise vabaliikmega või juhusliku efektiga mudel. Selleks kasutatakse Breusch-Pagan LM testi, millega testitakse, kas objektide vahel on olulist dispersiooni. Testi null hüpoteesiks on, et objektide vaheline dispersioon võrdub nulliga. Testi p-väärtus tuleb väga väike ( $p = 0,000$ ), mistõttu võetakse vastu alternatiivne hüpotees ja sobilikum on juhusliku efektiga mudel. Viimasena tehakse otsus fikseeritud ja juhusliku efektiga mudeli vahel, milleks kasutatakse Hausmani spetsifikatsiooni testi. Hausmani testi null hüpoteesiks on individuaalsete efektide mitte-korreleeritus teiste muutujatega, mis tähendab, et sobilik oleks kasutada juhusliku efektiga mudelit. Kuna testi p-väärtus tuleb väga väike ( $p = 0,000$ ), siis jätkatakse edasises analüüsis fikseeritud efektiga mudeliga.

Tabelis 5 on fikseeritud efektiga esialgse mudeli tulemused. Tulemuste põhjal saab järeldada, et mudel on statistiliselt oluline, sest mudeli olulisustõenäosus ( $p = 0,000$ ) on väiksem valitud olulisusnivoost. Determinatsioonikordaja ( $R^2 = 0,712$ ) näitab, et mudeli

sõltumatud muutujad kirjeldavad 71,2% sõltuva tunnuse ehk SKT elaniku kohta varieeruvusest.

Hinnates mudeli parameetrite statistilist olulisust, saab väita, et olulisusnivool 0,05 sõltub SKT elaniku kohta statistiliselt olulisel määral muutujatest INN, HAR ja KAU ehk Ökoinnovatsiooniindeksist, kõrghariduse ja kaubanduse tasemest ning INN ja LääneR koosmõjust. Statistiliselt olulist seost sõltuva muutujaga ei esine ei kapitali kogumahutusel (GCF), keskkonnatehnoloogiate patentide arvul (PAT), rohemaksude määral (MAK) ega ka kahe viimase koosmõjul ( $p > 0,05$ ).

Tabel 5

*Esialgne fikseeritud efektiga mudel*

Muutuja	Parameeter	t-statistik	Standard-viga	p-väärtus
lnINN	0,333*	4,15	0,080	0,000
lnINN * LääneR	-0,344*	-3,46	0,099	0,001
lnPAT	0,088	1,63	0,054	0,105
lnMAK	-0,054	-0,94	0,058	0,349
lnPAT*lnMAK	-0,047	-1,89	0,025	0,060
lnHAR	0,731*	8,18	0,089	0,000
lnGCF	0,047	0,88	0,053	0,379
lnKAU	0,318*	3,95	0,080	0,000
_cons	5,771*	14,39	0,401	0,000
N = 241				
$R^2 = 0,712$				

\* Statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,05.

*Märkus:* sõltuv muutuja on logaritmitud SKT elaniku kohta

Allikas: Eurostat, Euroopa Komisjon, OECD, World Bank; autori koostatud programmis Stata

### **Mudeli diagnostika**

Esialgse fikseeritud efektiga mudeli korrektsuse kontrollimiseks viiakse läbi mõningad testid. Korrelatsioonanalüüsist ilmnes, et mudelis võib esineda multikollineaarsust. Multikollineaarsuse korral on hinnangud nihketa, kuid mitte parimad ja seetõttu ei saa neid kasutada hüpoteeside testimisel. Kontrollimiseks viis autor läbi VIFi testi. Kui  $VIF < 5$ , siis

udelisel multikollineaarsust ei esine. VIF testi tulemus tuli 16,52, mis on suurem kui 5, mistõttu autor leiab, et udelisel võib esineda multikollineaarsust.

Heteroskedastiivsuse kontrollimiseks kasutas autor Wald'i testi. Kuna testi p-väärtus ( $p = 0,000$ ) on väiksem kui valitud olulisuse nivoo, siis võib väita, et udelisel esineb heteroskedastiivsus. Järgnevalt kontrolli autokorrelatsiooni olemasolu, milleks kasutati Woolridge'i testi. Kuna testi p-väärtus väga väike ( $p = 0,000$ ), siis on alust arvata, et udelisel esineb autokorrelatsioon.

Kuna udeli diagnostikast selgub, et udelisel esineb nii heteroskedastiivsus kui ka autokorrelatsioon, otsustab autor kasutada Driscoll ja Kraay standardvigade hinnangut, et fikseeritud efektiga udelit hinnata. Hindamismeetodit on kasutanud ka Awan et al. (Awan et al., 2024).

### Lõplik udel

Lõplik fikseeritud efektiga udel, kus kõik sõltumatud muutujad on statistiliselt olulised ning võetakse arvesse heteroskedastiivsust ja autokorrelatsiooni on järgmine:

$$\ln SKT_{it} = \alpha_i + 0,307 \ln INN_{it} - 0,273 (\ln INN_{it} * LääneR) + 0,830 \ln HAR_{it} + 0,392 \ln KAU_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

kus  $SKT_{it}$  –  $i$ -nda riigi SKT inimese kohta aasta  $t$  jooksul

$INN_{it}$  –  $i$ -nda riigi Ökoinnovatsiooniindeks aasta  $t$  kohta

$LääneR$  – fiktiivne muutuja = 1, kui tegu on Lääne-Euroopa riigiga

$HAR_{it}$  –  $i$ -nda riigi kõrgharidusega elanikkonna osakaal aasta  $t$  kohta

$KAU_{it}$  –  $i$ -nda riigi kaubanduse määr aasta  $t$  kohta

$i$  – riik,  $i = 1 \dots 27$

$t$  – ajaperiood,  $t = 1 \dots 9$

Tabelis 6 on fikseeritud efektiga udeli lõplikud tulemused. Regressioonanalüüsi tulemuste põhjal selgub, et udeli kirjeldusvõime võrreldes algse udeliga natuke langes. Determinatsioonikordaja on  $R^2 = 0,697$  ehk 69,7% SKT inimese kohta variatiivsusest on seletatav udeli muutujatega. Udel on statistiliselt oluline, sest valitud olulisuse nivoo (0,05) on suurem udeli olulisuse tõenäosusest ( $p = 0,000$ ). SKT elaniku kohta on statistiliselt olulisel määral seotud Ökoinnovatsiooniindeksiga, kõrghariduse ja kaubanduse määraga.

Tabel 6

*Lõplik fikseeritud efektiga mudel*

Muutuja	Parameeter	t-statistik	Standard-viga	p-väärtus
lnINN	0,307*	3,31	0,093	0,000
lnINN * LääneR	-0,273*	-5,92	0,046	0,011
lnHAR	0,830*	12,06	0,069	0,000
lnKAU	0,392*	8,57	0,046	0,000
_cons	5,029*	14,00	0,359	0,000
N = 242				
R <sup>2</sup> = 0,697				

\* Statistiliselt oluline olulisuse nivool 0,05.

*Märkus:* sõltuv muutuja on logaritmitud SKT elaniku kohta

Allikas: Eurostat, Euroopa Komisjon, OECD, World Bank; autori koostatud programmis Stata

Kõigi statistiliselt oluliste sõltumatute muutujate ja sõltuva muutuja vahel on positiivne seos. Kuna mudeli sõltuv ja sõltumatud muutujad on logaritmitud, siis mudeli parameetrid näitavad, mitu % muutub sõltuv muutuja, kui sõltumatu muutuja muutub ühe % võrra ning teiste muutujate väärtused jäävad samaks. Regressioonanalüüsi tulemusena on oodata, et kui Ida-Euroopa riikides suureneb Ökoinnovatsiooniindeks 1% võrra, siis suureneb SKT elaniku kohta 0,307% võrra. Kuna mudelis on lisatud koosmõju muutuja Ökoinnovatsiooni ja Lääne-Euroopa fiktiivse tunnuse vahel, tuleb Lääne-Euroopa riikide mõju hindamisel arvestada mõlema parameetri summaga. Lääne-Euroopa puhul on ökoinnovatsiooni mõju SKT-le seega  $0,307 - 0,273 = 0,034\%$  võrra. Kui kõrgharidusega inimeste osakaal riigis suureneb 1% võrra, siis SKT elaniku kohta on 0,830% kõrgem. Kaubanduse määra suurenemine 1% võrra suurendab SKT-d elaniku kohta 0,392 protsendipunkti võrra. Vabaliiget autor ei tõlgenda, sest see ei oma sisulist tähendust.

### 2.3. Järeldused roheinnovatsiooni ja majanduskasvu vaheliste seoste kohta

Bakalaureusetöö empiirilises osas tehtud analüüsides leiab autor vastused töö alguses püstitatud hüpoteesidele. Analüüsi tulemused on seotud teoreetiliste lähtekohtadega ja aitavad mõista roheinnovatsiooni mõju majandusarengule. Samuti tuuakse välja võimalikud kitsendused ja tulevased uurimisvõimalused.

Esimene hüpotees, mille kohaselt on roheinnovatsioon positiivselt seotud majandusarenguga, leiab regressioonimudeli põhjal kinnitust. Mudelist selgub, et

Ökoinnovatsiooniindeksil on statistiliselt oluline positiivne mõju SKT-le elaniku kohta. See tulemus on kooskõlas Schumpeteri innovatsiooniteooriaga, mille kohaselt on innovatsioon üks majanduskasvu mootoritest. Samuti toetavad leitud seosed varasemaid empiirilisi uuringuid, nagu Banelienė ja Strazdas (2023), Mačiulytė-Šniukienė ja Sekhniashvili (2021) ning Văduva et al. (2017), mis on kasutanud sama indeksi põhjal mõõdetud innovatsiooni ja leidnud sarnase mõju. Kuigi teoreetilises osas ja varasemates uuringutes peetakse ka patentide arvu, tehnoloogiliste uuenduste arvu ja teadusinvesteeringute osakaalu võimalikeks kasvu mõjutajateks, ei olnud need muutujad käesolevas mudelis statistiliselt olulised.

Teine hüpotees, mille kohaselt on roheinnovatsiooninäitajate mõju majandusarengule regiooniti erinev, leiab kinnitust regressioonimudeli tulemuste põhjal. Mudelis kasutati koosmõju Ökoinnovatsiooniindeksi ja piirkondliku tunnuse vahel, mis eristab Lääne- ja Ida-Euroopa riike. Tulemused näitavad, et Ida-Euroopa riikides on roheinnovatsiooni mõju SKT-le elaniku kohta suurem kui Lääne-Euroopa riikides: Ökoinnovatsiooniindeksi 1% suurune kasv on Ida-Euroopas seotud 0,307% suuruse SKT kasvuga, samal ajal kui Lääne-Euroopas on vastav kasv vaid 0,034%. Banelienė ja Strazdas (2023) järeldasid, et roheinnovatsiooni mõju majanduskasvule võib sõltuda riikide innovatsioonitasemest. Nende uurimistöö näitas, et riikides, kus rohetechnoloogiate innovatsioonitase ja nende levik on veel piiratud, võib mõju olla tugevam, samas kui kõrgema arenguastmega riikides avaldub mõju tagasihoidlikumalt.

Varasemad uuringud on samuti leidnud positiivse seose roheinnovatsiooni ja majandusarengu vahel, kuigi mõõtmismeetodid erinevad. Näiteks on leitud, et Ökoinnovatsiooniindeksi suurenemine ühe punkti võrra tõstab SKT-d elaniku kohta 146 euro võrra aastas, või et 1% suurune kasv Ökoinnovatsioonis toob kaasa 0,069% suuruse kasvu SKT-s. 2011. aasta mudeli tulemused viitasid 346-eurosele kasvule SKT-s elaniku kohta 1% ökoinnovatsiooni kasvu korral. Käesolevas analüüsis leitud mõju suurusjärk ühtib eelkõige teise uuringu protsentuaalse hinnanguga, ent Ida-Euroopa riikide puhul osutub see mõnevõrra suuremaks.

Kui lähtuda eeldusest, et roheinnovatsioon soodustab keskkonna jätkusuutlikkust, võib öelda, et roheinnovatsiooni suurem positiivne mõju SKT-le just Ida-Euroopa riikides viitab tugevamale panusele nn rohekasvu. See tähendab, et madalama majandustasemega riikides võib roheinnovatsioon olla nii keskkonna kui ka majandusarengu seisukohalt väärtuslik investeerimissuund.

Kolmas hüpotees ei leia kinnitust. Roheinnovatsiooninäitaja ja rohepoliitika taseme koosmõju majandusele ei ole statistiliselt oluline. See tulemus on vastuolus varasemate empiiriliste uuringutega, näiteks Awan et al. (2021), kes leidsid, et rohepoliitika taseme

erinevus mõjutab seda, mil määral roheinnovatsioon mõjutab majandusarengu taset. Samuti ei toeta tulemus Porteri hüpoteesi, mille kohaselt hästi kujundatud keskkonnaregulatsioonid võivad ergutada innovatsiooni ja parandada konkurentsivõimet. Käesoleva analüüsi põhjal ei saa väita, et rangem rohepoliitika võimendaks roheinnovatsiooni positiivset mõju SKT-le elaniku kohta.

Seega peab autor majandusarengu edendamise seisukohalt oluliseks, et riigid arendaksid meetmeid, mis suurendaksid roheinnovatsiooniga tegelemist, eriti madalama SKT-ga riikides nagu Ida-Euroopa riigid. Tulemused viitavad, et roheinnovatsiooni mõju majandusele on suurem just sellistes riikides, kus arenguruum on suurem. Samuti toob analüüs välja, et vaid rohepoliitika karmistamine ei pruugi suurendada roheinnovatsiooni mõju majandusele, mis viitab vajadusele süsteemsete ja mitmekesiste meetmete järele. Eelkõige peaksid madalama majandustasemega riigid keskenduma sellele, kuidas luua soodne innovatsioonikeskkond, mis toetaks teadus- ja arendustegevust, rohetehnoloogiate rakendamist ja turu valmidust. Täiendavad meetmed, mis ühendavad rohepoliitika ja innovatsioonistrateegiad, võivad soodustada positiivset majandusarengut.

Tööd saaks edasi arendada, lisades analüüsi keskkonnaaspektid, et hinnata roheinnovatsiooni mõju mitte ainult majandusele, vaid ka keskkonnale. See võimaldaks luua laiemat pilti rohekasvu mõjudest ja võimaldaks hinnata, kas tegu on tõesti rohekasvuga või võib-olla hoopis rohepesuga, mis ei too kaasa tegelikku positiivset keskkonnamõju. Lisaks oleks soovitatav laiendada ajaperioodi, kuna enne 2014. aastat on Ökoinnovatsiooniindeksi ja teiste roheinnovatsiooninäitajate andmed puudulikud, mistõttu ei saanud hinnata pikaajalisi trende. Samuti võiks uurida teisi koosmõjusid, et saada põhjalikum arusaam roheinnovatsiooni ja majandusarengu vahelistest seostest ning mõista, kuidas erinevad tegurid võivad selle seose tugevust mõjutada.

### **Kokkuvõte**

Töös on käsitletud majandusarengu ja innovatsiooni vahelist seost, kus keskendutakse sellele, kuidas roheinnovatsioon on kui üks majanduskasvu ja jätkusuutlikkuse mootoreid. Roheinnovatsioon, mis keskendub keskkonnasõbralike tehnoloogiate ja lahenduste arendamisele, on üks olulisi kanaleid, mille kaudu majandused võivad kasvada ilma loodusressursse ja keskkonda kahjustamata. Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli uurida, milline on roheinnovatsiooni seos majanduskasvuga Euroopa Liidu liikmesriikides.

Innovatsiooni ja majanduse vaheline seost on uuritud nii majandusteooriate kui ka empiiriliste uuringute kaudu. Need on näidanud, et innovatsiooni edendamine on oluline tegur majanduskasvu ja tootlikkuse kasvu saavutamisel. Teooriad, nagu Schumpeteri

innovatsiooniteooria, toovad esile tehnoloogia arendamise ja uute lahenduste rakendamise tähtsuse majanduse arengus. Käesolevas bakalaureusetöös ei käsitleta rohekasvu kui laiapõhjalist kontseptsiooni, vaid uuritakse, kuidas erinevad roheinnovatsiooninäitajad võivad toetada majandusarengut, pakkudes väärtuslikku panust arutelule, kuidas roheinnovatsioon saab olla osa majanduse jätkusuutlikkuse strateegiast.

Töö põhineb empiirilisel analüüsil, kus uuriti 27 Euroopa Liidu liikmesriigi andmeid ajavahemikus 2014–2022. Analüüsiks kasutati fikseeritud efektiga mudelit, kus sõltuva muutujana kasutati SKT-d elaniku kohta ning sõltumatuteks muutujateks erinevaid roheinnovatsiooninäitajad, nagu Ökoinnovatsiooniindeks, patentide arv, keskkonnatehnoloogia arendused ja teadus- ning arendustegevuse investeringud. Vajalikud andmed saadi Eurostati, OECD, World Banki ja Euroopa Komisjoni andmebaasidest. Tulemuste põhjal võib väita, et kõrgema innovatsiooninäitajaga riikides on SKT elaniku kohta kõrgem, eelkõige Ökoinnovatsiooniindeksi puhul. Samuti ilmnes, et riikides, kus SKT elaniku kohta on madalam, on innovatsiooninäitajate mõju sõltuvale muutujale suurem kui kõrgema SKT-ga elaniku kohta riikides. Tulemused viitavad sellele, et madalama arengutasemega riikides, nagu Ida-Euroopa riigid, on suurem potentsiaal roheinnovatsiooni rakendamiseks majanduse arenguks. Siiski tuleb märkida, et analüüsi põhjal ei leitud statistiliselt olulist seost roheinnovatsiooninäitajate ja rohepoliitika taseme koosmõjust majanduse arengule.

Töö tulemused kinnitavad, et roheinnovatsioon on oluline tegur majanduskasvu soodustamisel, eriti madalama arengutasemega riikides. Analüüsist järeldub, et majandusarengu edendamiseks peaksid riigid senisest enam keskenduma innovatsioonistrateegiatele ja rohetehnoloogiate arendamisele, et kasutada nende potentsiaali majanduskasvu kiirendamiseks.

Töö autor näeb edasisi arengusuundi, kus analüüsi võiks laiendada pikema ajaperioodi peale, et paremini mõista roheinnovatsiooni seost majanduskasvuga pikaajalisest vaatenurgast. Samuti on oluline uurida tegurite mõju keskkonnale, et hinnata, kas tegemist on tõepoolest rohekasvuga, mis pakub lahendusi keskkonnaprobleemidele või kas see on pigem tavapärase majanduskasvu, millel puudub oluline positiivne mõju keskkonnale.

**Viidatud allikad**

1. Adamowicz, M. (2022). A GREEN CONCEPT OF ECONOMIC GROWTH AND DEVELOPMENT. *Economic & Regional Studies/Studia Ekonomiczne i Regionalne*, 15(2), 158–180. <https://doi.org/10.2478/ers-2022-0011>
2. Ahmed, S., Meraj, M., Khan, A. A., & Ali, A. (2024). Impact of Research and Development Expenditures on Economic Growth: Evidence from Industrial Development in Pakistan and A Comparison from Developed Countries. *Pakistan Journal of Humanities and Social Sciences*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.52131/pjhss.2024.v12i2.2376>
3. Awan, A., Hussain, K., Zafar, M., Butt, M. J., & Yaghmour, S. (2024). Impact of nations' green behavior on green growth by considering the moderating role of environmental policy stringency. *Management of Environmental Quality: An International Journal*. <https://doi.org/10.1108/MEQ-05-2024-0200>
4. Banelienė, R., & Strazdas, R. (2023). Green Innovation for Competitiveness: Impact on GDP Growth in the European Union. *Contemporary Economics*, 17(1), 92–108. <https://doi.org/10.5709/ce.1897-9254.501>
5. Barbier, E. (2010). Rethinking the Economic Recovery: A Global New Green Deal. *Cambridge University Press*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511844607>
6. Díaz-García, C., González-Moreno, Ángela, & Saez-Martínez, F. J. (2015). Eco-innovation: Insights from a literature review. *Innovation*, 17(1), 6–23. <https://doi.org/10.1080/14479338.2015.1011060>
7. Euroopa Komisjon. (i.a.a). *Sustainable development*. Kasutatud 20.12.2024, [https://policy.trade.ec.europa.eu/development-and-sustainability/sustainable-development\\_en](https://policy.trade.ec.europa.eu/development-and-sustainability/sustainable-development_en)
8. Euroopa Komisjon. (i.a.b). *The European Green Deal*. Kasutataud 20.12.2024, [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
9. European Commission. (2024a). *EU eco-innovation index 2024*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/4878812>
10. European Commission. (2024b). *European Innovation Scoreboard 2024*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/779689>
11. European Environment Agency. (2019). *Sustainability transitions: Policy and practice*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/641030>

12. IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (First). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).  
<https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
13. Mačiulytė-Šniukienė, A., & Sekhniashvili, D. (2021). The eco-innovation impact on economic and environmental performance of EU Member States. *Business, Management and Economics Engineering*, 19(02), 212–228.  
<https://doi.org/10.3846/bmee.2021.14497>
14. Mankiw, N. G. (2010). *Macroeconomics* (7. ed). Worth.
15. Marin, S., & Šušić, M. (2021). INVESTMENT IN RESEARCH AND DEVELOPMENT AND THEIR IMPACT ON ECONOMIC GROWTH (GDP GROWTH) OF BOSNIA AND HERZEGOVINA. *Journal of Process Management and New Technologies*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.5937/jouproman9-30184>
16. Nugroho. (2025). BRIDGING INNOVATION AND EMISSIONS REDUCTION: HOW ENERGY PUBLIC R&D INVESTMENTS SHAPE DECARBONIZATION ACROSS ECONOMIC DIVIDES. *Eduvest: Journal Of Universal Studies*, 5(2), 2081–2099. <https://doi.org/10.59188/eduvest.v5i2.50858>
17. OECD. (2011). *Towards Green Growth*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264111318-en>
18. Porter, M. E., & Linde, C. V. D. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118.  
<https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>
19. Smulders, S., Toman, M., & Withagen, C. (2014). Growth theory and ‘green growth’. *Oxford Review of Economic Policy*, 30(3), 423–446.  
<https://doi.org/10.1093/oxrep/gru027>
20. Sterner, T., & Damon, M. (2011). Green growth in the post-Copenhagen climate. *Energy Policy*, 39(11), 7165–7173. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.08.036>
21. Türedi, A. P. D. S. (2016). The Relationship between R&D Expenditures, Patent Applications and Growth: A Dynamic Panel Causality Analysis for OECD Countries. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(1), Article 1.
22. UNEP. (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication—A Synthesis for Policy Makers*. [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy)

23. Văduva, F., Gherghina, R., & Duca, I. (2017). *Orientation of Public Policy by Highlighting the Relationship between Economic Development, Education and Eco-Innovation in EU Countries*.
24. Võrk, A. (2003). *Staatilised paneelandmete mudelid*.
25. Wani, M. J. G., Loganathan, N., & Esmail, H. A. H. (2024). Impact of green technology and energy on green economic growth: Role of FDI and globalization in G7 economies. *Future Business Journal*, 10(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s43093-024-00329-1>
26. WIPO. (2024). *Global Innovation Index 2024: Unlocking the Promise of Social Entrepreneurship*. World Intellectual Property Organization,. <https://doi.org/10.34667/TIND.50062>
27. ÜRO. (i.a.). *United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, 3-14 June 1992*. Kasutatud 20.12.2024, <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>
28. Yuan, F., & Zhang, P. (2024). Are natural resources, sustainable growth and entrepreneurship matter endogenous growth theory? The strategic role of technical progress. *Resources Policy*, 96, 105189. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105189>

## LISA A

## Töö põhimõisted

Mõiste	Mõiste inglise keeles	Definitsioon
Jätkusuutlik areng	<i>Sustainable development</i>	Areng, mis rahuldab praeguste vajaduste rahuldamise vajadust, kahjustamata tulevaste põlvkondade võimalusi.
Roheline majandus	<i>Green economy</i>	Majandusmudel, mis keskendub keskkonnasõbralikele ja jätkusuutlikkusele suunatud tegevustele ja investeeringutele.
Rohekasv	<i>Green growth</i>	Majanduskasv, mis on kooskõlas keskkonna säästmise ja loodusvarade vastutustundliku kasutamisega.
Roheinnovatsioon	<i>Green innovation</i>	Uute ideede, tehnoloogiate ja teenuste väljatöötamine, mis aitavad keskkonnavalaste eesmärkide saavutamist.
Ökoinnovatsioon	<i>Eco innovation</i>	Uute ideede, tehnoloogiate ja teenuste väljatöötamine, mille fookuses on keskkonnamõjude oluline vähendamine.
Rohetehnoloogia	<i>Green technology</i>	Uute tehnoloogiate arendamine, mis aitavad keskkonda kaitsta ja ressursse säästa, näiteks taastuvenergia.

Allikas: autori koostatud

## LISA B

## Varasemates uuringutes kasutatud muutujad

keskkonnaga seotud tehnoloogiate arendused (% kogu kohalikust	kaubanduse poliitiline stabiilsus ja vägivalla puudumine indeks	SKT	koalis käimise määr	kooolitus e määr	inflat-sioon	töötuse määr	tööstuse lisandväärtus
X			X	X			
X	X						
X		X			X	X	
		X					X



Autorid	SKT elaniku kohta	EIS	Öko- innov- atsiooni- indeks
Banelienė & Strazdas (2023)	X	X	X
Mačiulytė- Šniukienė & Sekhniashvili (2021)	X		X
(Vāduva et al., 2017)	X		X
Wani et al. (2024)			
Awan et al. (2024)			
Türedi (2016)	X		
Marin & Šušić (2021)			
Nugroho (2025)			

Allikas: Autori koostatud

## Summary

### THE RELATIONSHIP BETWEEN GREEN INNOVATION AND ECONOMIC GROWTH IN EUROPEAN UNION COUNTRIES

Katrina Johanna Karro

This thesis explores how green innovation contributes to economic development within the European Union, drawing from the theoretical lens of green growth. Rather than pursuing growth at the expense of the environment, green growth theory emphasizes innovations that enable economies to expand while minimizing ecological harm. A particular focus is placed on green innovation, which encompasses sustainable technologies, environmentally focused patents, and research efforts aligned with low-impact development.

The study employs panel data covering 27 EU member states from 2014 to 2022. Using a fixed effects regression model, it examines how various green innovation indicators, such as the Eco-Innovation Index, green patent counts, investment in R&D, and technological advancements in environmental sectors, correlate with GDP per capita. The dataset was compiled from Eurostat, OECD, World Bank, and European Commission's databases.

The empirical results suggest a positive association between green innovation and economic performance. Countries that score higher on innovation indicators, particularly in eco-innovation, tend to exhibit stronger economic output per capita. Moreover, the analysis reveals that this relationship is more pronounced in countries with lower initial income levels, implying that innovation may serve as a more powerful growth lever in less developed EU economies. However, the interaction between innovation and the stringency of environmental policy did not yield statistically significant results, suggesting that innovation alone may drive economic outcomes irrespective of regulatory context.

These findings reinforce the idea that green innovation can serve as an engine, boosting economic productivity. For countries seeking inclusive and sustainable growth, greater emphasis on research, technological development, and innovation policy appears warranted. Future research could deepen this work by incorporating environmental outcome variables or exploring longer time horizons to better assess causality and long-term dynamics.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Katrina Johanna Karro

annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose  
Roheinnovatsiooni seosed majanduskasvuga Euroopa Liidu riikide näitel,

mille juhendaja on Eve Parts,

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

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

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

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

*Katrina Johanna Karro*  
11.05.2025