

TARTU ÜLIKOOL

Sotsiaalteaduste valdkond

Johan Skytte poliitikauuringute instituut

Maige Muidre

**BIOKÜTUSE KASUTUSELEVÕTU TÄHENDUS EESTI
LENNUNDUSSEKTORILE**

Magistritöö

Juhendaja: Maie Kiisel, PhD

Konsultant: Uku Varblane, MSc

Tartu 2025

AUTORSUSE DEKLARATSIOON

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

Töö sõnade arv: 19944

Maige Muidre

ANNOTATSIOON

Lennundusel on märkimisväärne keskkonnamõju. Euroopa Liit seab aina enam rõhku kliimasoojenemise vastu võitlemiseks, seda igas võimalikus sektoris. Lennunduse kestlikumaks muutmiseks loodi määrus (EL) 2023/2405, mis jõustus 2025. a jaanuaris. Määrus kohustab Euroopa Liidu liikmesriike tagama, et 2050. a peab lennujaamades kasutatava kütuse keskmine biokütuse sisaldus olema vähemalt 70%. Biokütuse saamine on 2025. a kevade seisuga keeruline ja biokütus on oma pika tootmisprotsessi tõttu kallim kui tavapärase lennukikütus. Kuigi Euroopa Komisjon on avaldanud lootust, et biokütuse kättesaadavuse probleem muutub ajas aina vähem aktuaalsemaks on skeptikud toonud välja, et määruses ei ole arvestatud lennureisijate arvu suurenemist. Minu töö eesmärk on selgitada lennundussektori biokütuse kasutuselevõtu võimalikku tähendust Euroopale, keskendudes süvitsi Eesti näitele. Oma töös keskendun biokütuse kasutuselevõtu meetmetele, mis tulenevad määrusest (EL) 2023/2405. Eelnevad kogemused lennundussektoris, kus muutused on tingitud välisest survest, aitavad paremini mõista võimalusi, kuidas muutustega toime tulla. Lisaks biokütuse kasutuselevõtule toimub praegu mitmeid teisi muutusi, mis lennundussektorit mõjutavad. Töö empiirilises osas uurisin, kuidas mõjutasid Euroopa lennundust COVID-19 tingitud varuosade puudus ja tehnikute koolituse puudujäägid ning Venemaa-Ukraina sõjast tingitud tavapäraste lennukikütuste hinnatõus. Biokütuse kasutuselevõtu puhul on võimalik paralleelsele tõmmata COVID-19 ja Venemaa-Ukraina sõjaga, kuna korraga toimuvad erisuunalised muutused, mis tekitavad äkilisi raputusi. Töö eesmärgi saavutamiseks kasutasin dokumendianalüüsi ja ekspertintervjuusid. Määruse (EL) 2023/2405 mõju uurimisel lennundussektorile tuli seletada lahti biokütuse kasutuselevõtu tähendus Euroopa lennundussektorile, biokütuse kasutuselevõtu vajadus ja tuli tutvuda Euroopa ekspertide hinnangutega. Peale dokumendianalüüsi viisin läbi intervjuud Eesti lennundusekspertidega, kes on osalenud lennunduse rohepöörde töötubades või osalenud rahvusvahelistel lennunduse rohepöörde aruteludel. Magistritöö tulemusena esitasin avalikule sektorile kolm soovitusi, kuidas Eesti lennundussektori biokütuse kasutuselevõttu edendada. Soovitused olid järgmised:

Panustada biokütuse tootmisesse - seada Eesti lennundussektori eesmärgiks oma vajaduste katmiseks biokütust ise toota ja tulevikus seda ka eksportida. Minu magistritöö raames ei anta soovitusi Eesti biokütuse tootmise kohta, kuna kasutatud metoodika ei võimalda teha järeldusi

ega anda soovitusi biokütuse tootmistehnoloogiate osas. Eestis on juba tehtud esimesed sammud kohaliku biokütuse tootmise arendamise suunas - 2024. a oktoobris käivitati koostöös Lätiga projekt, mille eesmärk on uurida kestlike lennukikütuste tootmise võimalusi nii Eestis kui ka Lätis.

Toetada kestlike lennufirmasid ja selle kaudu jätta lendamine kättesaadavaks - Kui lennufirmal on võimalus suurenenud kulusid täielikult oma piletihindadesse üle kanda, katavad kõik need kulud reisijad, kes pileteid ostavad (Koopmans & Lieshout, 2025). Avaliku sektori toetus kestlikele lennufirmadele, mis kasutavad biokütust, aitab hoida piletihindad kestlikel lennufirmadel madalamad.

Alustada regulatiivsetest muudatustest teavitamist lennundussektoris varem - Kuigi käesoleva muudatuse teavitamise osas enam midagi muuta ei saa, on tulevikus soovitatav, et avalik sektor alustaks lennundust puudutavatest regulatiivsetest muudatustest teavitamist neli kuni viis aastat enne nende jõustumist. See annaks Eesti lennundussektorile piisava aja muudatustega kohanemiseks.

Märksõnad: biokütus, tavapärase lennukikütus, kestlik lennundus, kliimaneutraalsus, rohepööre

ABSTRACT

The Use of Sustainable Aviation Fuel in European Commercial Aviation: Focusing on Estonia

Aviation has a significant environmental impact. The European Union is increasingly focusing on combating climate change in every possible sector. The regulation (EU) 2023/2405, known also as ReFuelEU Aviation regulation was created to make aviation more sustainable. The regulation (EU) 2023/2405 came into force in 2025, requiring EU member states to ensure that at least 2% of the fuel used at airports is sustainable aviation fuel. According to this regulation, by 2050, 70% of the fuel used at airports must be sustainable aviation fuel. Obtaining sustainable aviation fuel is challenging as of spring 2025, and sustainable aviation fuel is more expensive than conventional aviation fuel due to its long production process. Although the European Commission has expressed hope that the issue of sustainable aviation fuel availability will become less relevant over time, skeptics have pointed out that the regulation does not consider the increase in the number of air travelers.

The aim of my work is to explain the potential significance of the green transition in the aviation sector for Europe, focusing on the case of Estonia. My work focuses on green transition activities that are influenced by the European Commission's Regulation (EU) 2023/2405. To achieve the goal of the thesis, I used document analysis and expert interviews. In document analysis, I examine the impact on European aviation sector caused by spare parts shortages and technician training gaps resulting from COVID-19, as well as the rising cost of conventional aviation fuels due to the Russia-Ukraine war. After that, I study the published aviation-specific literature on the use of sustainable aviation fuel in the aviation sector. When studying the impact of the use of sustainable aviation fuel in the aviation sector, the significance of the green transition for the European aviation sector and the need for the introduction of sustainable aviation fuel had to be explained, and the assessments of various European experts had to be examined. In addition to the case study, I conducted interviews with Estonian aviation experts who have participated in aviation green transition workshops or international aviation green transition discussions. As a result of the master's thesis, three strategic recommendations were proposed for the public sector to advance the use of sustainable aviation fuel in the Estonian aviation sector. These recommendations are as follows:

Facilitate and invest in the production of biofuels to encourage the adoption of cleaner energy sources within the industry.

Support sustainable airlines to enhance environmental responsibility while ensuring the accessibility of air travel.

Implement clear and timely communication regarding upcoming changes to ensure transparency and stakeholder preparedness.

SISUKORD

| | |
|---|----|
| Mõisted ja selgitused..... | 8 |
| Sissejuhatus..... | 10 |
| 1 Empiirilised eeldused..... | 13 |
| 1.1 Juhtumi kirjeldus..... | 13 |
| 1.2 Ettevõtete kohanemisstrateegiad muutuste tingimustes lennundussektori näitel | 19 |
| 1.2.1 COVID-19 muutustega kohanemine..... | 22 |
| 1.2.2 Venemaa-Ukraina sõja muutustega kohanemine..... | 24 |
| 1.3 Õppetunnid varasematest lennunduskriisidest..... | 26 |
| 2 Uurimisküsimused ja meetodika..... | 28 |
| 3 Biokütuse kasutamine lennundussektoris | 34 |
| 3.1 Biokütuse tootmise väljavaated | 34 |
| 3.2 Euroopa ekspertide hinnangud biokütuse võimalustest ja väljakutsetest | 36 |
| 3.3 Eesti ekspertide hinnangud biokütuse võimalustest ja väljakutsetest..... | 40 |
| 4 Ettepanekud Eesti lennunduspoliitikale..... | 47 |
| Kokkuvõte..... | 54 |
| Kasutatud kirjandus | 58 |
| Lisad..... | 73 |
| Lisa 1. Kinnitus informeeritud nõusolekust intervjuul osaleda | 73 |
| Lisa 2. Intervjuu küsimused..... | 74 |
| Lisa 3. Euroopas kasutatavate biokütuste liigid..... | 76 |
| Lisa 4. Biokütuse alternatiivid | 78 |

MÕISTED JA SELGITUSED

Biokütus (SAF - inglise keeles: sustainable aviation fuel)- kestlik lennukikütus, mis on toodetud orgaanilistest materjalidest nagu taimeõlid, vetikad või kasutatud toiduõli.

EASA - inglise keeles: The European Authority for Aviation safety- Euroopa Liidu Lennundusohutusamet.

ECAC - inglise keeles: The European Civil Aviation Conference- Euroopa tsiviillennunduse organisatsioon.

EL - Euroopa Liit

Eurocontrol - EUROCONTROL on Euroopa tsiviil-sõjaline organisatsioon, mis on pühendunud Euroopa lennunduse toetamisele (Eurocontrol).

Euroopa Roheline Kokkulepe - Euroopa Liidu kliima-, energia-, transpordi- ja maksupoliitikat muudetakse selliselt, et 2030. a oleks võimalik vähendada kasvuhooonegaaside netoheidet 1990. aasta tasemega võrreldes vähemalt 55% (Euroopa Ülemkogu; Euroopa Liidu Nõukogu, 2024).

Kestlik lennundus - Lennundus, mis kasutab kestlike energiaallikaid.

Kestlikud lennukütused - lennukikütused, mis on kas: sünteetilised lennukikütused; lennukite biokütused või ringlusse võetud süsinikupõhised lennukikütused (ReFuelEU Aviation, 2024).

Kliimaneutraalsus - „Kliimaneutraalsus tähendab, et inimtegevusest, näiteks fossiilkütuste põletamisest tulenevast süsinikdioksiidi (CO₂) heitest tulenevat kasvuhooonegaaside heidet atmosfääris oluliselt vähendatakse, et tagada, et see ei mõjutaks kliimasüsteemi (Euroopa Ülemkogu, Euroopa Liidu Nõukogu, 2024).

Koroonapandeemia (COVID-19)- Wuhani linnast Hiinas 2019. a detsembris alguse saanud viirus, mis põhjustas mõne kuuga ülemaailmse pandeemia (Terviseamet, 2020).

Kütuse elutsükkel - kütuse tootmise protsessi etapid, alustades tooraine kasvatamisest ja selle töötlemisest, kasutamisest kuni jäätmete lagunemiseni.

Lennuhäbi - Rootsis algatatud liikumine, mille eesmärk on kutsuda inimesi eelistama alternatiivseid transpordiliike lendamise asemel.

Määrus (EL) 2023/2405 - tuntud ka kui ReFuelEU Aviation, Euroopa Komisjoni määrus, kus on sätestatud, et alates 2025. a peavad tarnijad tagama, et 2% EL lennujaamades kättesaadavaks tehtud kütusest oleks biokütus (tuntud ka lühendina SAF), tõustes 2050.a 70%.

Pariisi kokkulepe - „rahvusvaheline leping, mis seab allakirjutanutele õiguslikult siduva kohustuse astuda samme võitlemaks kliimamuutuste vastu (Euroopa Liidu Ülemkogu; Euroopa Liidu Nõukogu, 2024)“.

Rohepööre - majanduslik strateegia, mis võimaldaks muuta majanduse, ühiskonna ja keskkonna jätkusuutlikuks (Jõgioja, 2023).

Rahvusvaheline Lennutranspordi Ühendus (IATA - inglise keeles: International Air Transport Association) - maailma lennufirmade kaubandusühendus, mis esindab umbes 340 lennufirmat ja üle 80% ülemaailmsest lennuliiklusest. IATA paljusid lennundustegevuse valdkondi ja aitab kujundada tööstuspoliitikat kriitilistes lennundusküsimustes (IATA).

Rahvusvahelise Puhta Transpordi Nõukogu (ICCT) - Ameerika rahvusvaheline mittetulunduslik avaliku poliitika mõttekoda ja uurimisinstituut, mis pakub keskkonnaregulaatoritele tehnilisi, teaduslikke ja poliitilisi analüüse keskkonna-, energia- ja transpordipoliitikaga seotud küsimustes (Rahvusvaheline puhta transpordi nõukogu).

Rahvusvaheline Tsiviillennunduse Organisatsioon (ICAO - inglise keeles: International Civil Aviation Organization) - Organisatsioon, mis aitab 193 riigil teha koostööd ja jagada omavahel lennundust puudutavat informatsiooni. 7. detsembril 1944.a Chicagos asutatud organisatsioon, mis on asutatud rahvusvahelise tsiviillennunduse konventsiooni alusel (ICAO).

Tavapärased lennukikütused - fossiilsetest taastumatutest süsivesinikkütustest valmistatud lennukikütused;

Tulu reisijakilomeetrilt (RPK - inglise keeles: revenue passenger kilometers) - on mõõdik, mida lennunduses kasutatakse, et hinnata, kui palju tulu toob üks reisija, kes läbib ühe kilomeetri (ICAO, 2010).

Venemaa-Ukraina sõda - Ukraina ja Venemaa vaheline täiemahuline sõda, mis 24.veebruaril 2022. a kui Venemaa alustas ulatuslikku sõjalist rünnakut Ukraina vastu (Riigikantselei, 2023).

Väliskeskkonna tegurid - välised tegurid, mis mõjutavad kogu sektorit tervikuna ja mille algpõhjus ei tulene otseselt ettevõtte tavapärasest püüdest oma turupositsiooni ümber kujundada.

Õhusõiduki käitaja - Isik, kes on eelmisel aruandeperioodil teostanud vähemalt 500 liidu lennujaamadest väljuvat reisijatele mõeldud ärilise lennutranspordi lendu või vähemalt 52 liidu lennujaamadest väljuvat ärilise lennutranspordi lastilendu, või kui seda isikut ei ole võimalik kindlaks teha, siis asjaomase õhusõiduki omanik (ReFuelEU Aviation, 2024).

SISSEJUHATUS

2024. a uuringute tulemusena on maailma heitkogused võrreldes 1950. a tõusnud üle 45% (Turkum, 2024). Lennundusel on selles märkimisväärne mõju. 2024. a tehtud uuringu järgi tekitab lennundus 2,5% inimtekkelisest maailma süsinikdioksiidi heitest (Ritchie, 2024). Kuigi lennunduse osakaal inimtekkeliste süsinikdioksiidi heitmete kogumahust on vaid 2,5%, soojendab lennundus kliimat ligikaudu kolme kordselt, kui ainult süsinikdioksiidi heitkoguste põhjal võiks eeldada (Lee, et al., 2021). Ainult 1% maailma elanikkonnast põhjustab 50% lennunduse süsinikdioksiidi heitmetest (Gössling & Humpe, 2020). Kuid lennuliikluse tihedus on peale koroonapandeemiat taas kasvutrendis (Sun, Wandelt, & Zhang, 2023). 81% lennundussektori süsinikdioksiidi heitest tuleb reisijateveost ja 19% kaubaveost (Ritchie, 2024). Seetõttu keskendun lõputöös reisijateveole. Reisijateveo heitkogustest 60% tuleb rahvusvahelistest lennuliinidest ja 40% siseriiklikest lennuliinidest (Ritchie, 2020). Seetõttu käsitlen töös muudatusi, mis puudutavad rahvusvahelisi lennuliine. Eurocontrol'i uuringu kohaselt põhjustavad üle poole Euroopa lennunduse süsinikdioksiidi heitest pikamaalennud, mis ületavad 3 000 kilomeetrit ja moodustavad vaid 10% kõigist Euroopa lendudest (Lecca, 2024).

Lennunduse kestlikumaks muutmiseks võtab Euroopa Liit (edaspidi kasutatud lühendit EL) ette ennetavaid meetmeid, et vähendada lennunduse süsinikdioksiidi heidet. 2019. a loodi Euroopa Roheline Kokkulepe, mille tulemusena lepitati kokku, et EL-i kliima-, energia-, transpordi- ja maksupoliitikat muudetakse selliselt, et 2030. a oleks võimalik vähendada kasvuhoonegaaside netoheidet 1990. a tasemega võrreldes vähemalt 55% (Mäesepp, 2024). Lähtudes EL-i keskkonnapoliitikast, tuleb keskkonnaküsimuste lahendamisse panustada ka lennundussektoril. Euroopa püüab säilitada oma ülemaailmset juhtpositsiooni lennundustööstuses ja olla 2050. a lennunduses kliimanetraalne (Krein, 2023). Euroopa Roheline Kokkulepe on 2019. a algatatud poliitikaalgatuste pakett, mis aitab EL-il minna üle kestlikumale majandusele, mille lõppeesmärk on kliimanetraalsuse saavutamine 2050. a. Euroopa Rohelise Kokkuleppe eesmärk on muuta EL 2050. a maailma esimeseks kliimanetraalseks piirkonnaks (Euroopa roheline kokkulepe, 2024). Kokkuleppe tulemusena loodi määrus (EL) 2023/2405, kus on sätestatud, et alates 2025. a peavad tarnijad tagama, et lennujaamades kasutatava kütuse keskmine biokütuse sisaldus on vähemalt 2%, tõustes 2050. a 70% (ReFuelEU Aviation, 2024).

Mitmed lennunduseksperdid on Euroopa Rohelise Kokkuleppe osas skeptilised. Lennunduseksperptide sõnul toob biokütuse kasutuselevõtt kaasa lennupiletite hinnatõusu, kuna praegu kasutusel olevad tavapärased lennukikütused, ehk fossiilkütused on odavamad ja kättesaadavamad kui biokütus (Lecca, 2024). Skeptikud toovad välja, et edasimineki biokütuse arengus on ebapiisav, et saavutada 2050. a süsinikuneutraalsus ja lennundussektor kasvab liiga kiiresti, mis võib takistada kliimaeesmärkide saavutamist (Harrison-Byrne, Zistler, & Moussy, 2024; Berestecki & Dardenne, 2025). Minu töö eesmärk on selgitada lennundussektori biokütuse kasutuselevõtu võimalikku tähendust Euroopale, keskendudes süvitsi Eesti näitele. Käesolevas töös soovin teada saada, kuidas mõjutab määrus (EL) 2023/2405 Euroopa lennundussektorit ja millised on määruse rakendamise väljakutsed ning täiendavad mõjud Eesti lennundussektorile. Biokütuse kasutuselevõtt pole ainuke, mis lennundussektorit mõjutab - tavaliselt iga reform toimub kindlas kontekstis, mis tingib täiendavad mõjud, mis on igas riigis või ettevõtte puhul unikaalsed. Magistritöö valimisel (2024. a septembris) ei olnud mulle teadaolevalt sarnaseid uuringuid Eestis varem tehtud. Küll alustas Eesti koos Lätiga 2024. a oktoobris kestlike lennukikütuste tootmisvõimaluste uurimist. Projekt lõpeb 2025. a novembris. Projekti tulemusena koostatakse põhjalik, riigipõhine ülevaade kütuste tootmisvõimalustest ja tehnoloogiast (Torjus, 2024).

Töö eesmärgi saavutamiseks püstitasin kolm uurimisküsimust:

1. Milliseid muutusi toob Euroopa tasandil endaga kaasa biokütuse kasutuselevõtt?
2. Milliseid tagajärgi võib biokütuse kasutuselevõtt tuua kaasa Eesti lennundussektorile?
3. Kuidas arendada Eesti lennundussektorit, tuginedes biokütuse kasutuselevõtust saadud kogemustele?

Kasutasin kvalitatiivset uurimismeetodit, kuna magistritöö uuris arvamusi kompleksse muutuse kohta. Töö eesmärgi saavutamiseks kasutasin dokumendianalüüsi ja ekspertintervjuusid. Dokumendianalüüsi jaoks materjale otsides pidasin oluliseks, et kasutatud allikad oleksid usaldusväärsed - eelistasin teaduslikke väljaandeid, kuid kasutasin ka ajakirjanduslikke allikaid, konverentsi ettekandeid, intervjuusid, jpm, mille puhul hindasin kriitiliselt nende usaldusväärsust, sh päritolu ja faktilist täpsust. Esmalt kaardistasin dokumendid, mida soovisin dokumendianalüüsi jaoks kasutada. Seejärel analüüsisin tekstides esitatud seisukohti, otsides sarnasusi ja erinevusi erinevates allikates esineva teabe vahel. Töös kasutasin ekspertintervjuusid. Ekspertintervjuude puhul annavad intervjuueeritavad tööle väärtuse ekspertidena mingis kindlas valdkonnas (Laherand, 2008). Minu magistritöös

annavad intervjueeritavad tööle väärtuse lennunduse rohepöörde ekspertidena. Intervjueeritavad on kaasatud magistritöösse kui teatud rühma esindajad. Peale intervjuude läbiviimist transkribeerisin intervjuud, kasutades Tallinna Tehnikaülikooli küberneetika Instituudi foneetika- ja kõnetehnoloogia laboris väljatöötatud tehnoloogiat ja mudeleid. Peale intervjuude transkribeerimist viisin läbi transkribeeritud intervjuude kvalitatiivse sisuanalüüsi.

Töötades ise Transpordiametis lennundusteenistuses vaneminspektorina tundsin, et biokütuse kasutuselevõtu kohane informatsioon ei ole Eestis avalikult kättesaadav. Kuigi osalen tööalaselt järelevalveprotsessides, ei tööta ükski minu magistritöös intervjueeritud isikutest ettevõtetes, mille üle mul on järelevalvepädevus. Seetõttu ei mõjutanud minu hinnangul minu ametipositsioon intervjueeritavate vastuseid ega uurimistulemusi. Magistritöö annab põhjaliku ülevaate biokütuse mõjust Eesti lennundussektorile 2025. a kevade seisuga. Kuna Eestis puudub praegu terviklik ülevaade biokütuse kasutamise kohta, on minu magistritöö oluline ka informatiivse väärtuse poolest. Magistritöö raames esitasin kolm parandusettepanekut, mis on suunatud Eesti avalikule sektorile. Nende ettepanekute eesmärk on edendada Eesti lennundussektorit.

Magistritöö koosneb neljast peatükist. Esimeses peatükis annan ülevaate lennundussektori kohanemisest erinevate väliskeskkonna teguritega ja analüüsin ettevõtete kohanemisstrateegiaid. Lisaks analüüsin esimeses peatükis varasematest väliskeskkonna teguritest saadud õppetunde. Teises peatükis selgitan uurimisküsimusi ja valitud meetodikat ning kirjeldan dokumendianalüüsi ja intervjuude läbiviimist. Kolmandas peatükis uurin biokütuse kasutamist lennundussektoris, käsitledes nii tootmise väljavaateid kui ka Euroopa ja Eesti ekspertide hinnanguid biokütuse kasutusvõimalustele ning sellega seotud väljakutsetele. Neljandas peatükis toon välja ettepanekud Eesti lennunduspoliitika kujundamiseks lähtuvalt uurimistulemustest.

1 EMPIIRILISED EELDUSED

Magistritöö pakub teoreetilise raamistikuna sügavuti analüüsi, mis aitab mõista nii lennundussektori kui ka biokütuse kasutuselevõtu mõju nii keskkonnale kui ka Euroopa lennundussektori tehnoloogilisele ja majanduslikule arengule. Biokütuse kasutuselevõtt ei ole ainus tegur - iga reform toimub spetsiifilises kontekstis, mis tekitab igas riigis ja ettevõttes unikaalseid täiendavaid mõjusid. Selles peatükis annan ülevaate biokütuse kasutuselevõtt Euroopa lennundussektoris. Kõigepealt selgitan biokütuse kasutuselevõtu regulatiivseid muudatusi, tuues välja, millest muudatused tulenevad ja kuidas biokütusele üleminek mõjutab lennunduse dekarboniseerimist ning millised on biokütuse kasutuselevõtu väljakutsed. Seejärel selgitan, miks muudatus on vajalik, kuidas muudatus haakub Euroopa rohepöörde laiemate eesmärkidega ja milliseid positiivseid tulemusi kestlikkuse seisukohast võib biokütuse kasutuselevõtt kaasa tuua. Analüüsin ettevõtete kohanemisstrateegiad muutuste tingimustes, keskendudes lennundussektorile. Seejärel selgitan kuidas väliskeskkonna tegurid mõjutavad ettevõtete majanduslikku stabiilsust ja kuidas ettevõtted nendega kohanevad ning millised ettevõtted on väliskeskkonna tegurite suhtes haavatavamad. Lisaks analüüsin, kuidas viimaste aastate väliskeskkonna tegurid, on mõjutanud lennundussektori toimimist ja kui haavatav on lennundussektor mitme järjestikku toimunud väliskeskkonna teguri esinemise tagajärjel.

1.1 Juhtumi kirjeldus

Fossiilsed kütused nagu kivisüsi, nafta ja gaas on suurimad kliimamuutuste põhjustajad. Need tekitavad üle 75% kasvuhoonegaasidest ja peaaegu 90% süsinikdioksiidi heitest. Kasvuhoonegaasid katavad Maa ja hoiavad kinni päikesesoojuse, mis põhjustab globaalse soojenemise. Maa soojenemine muutub aja jooksul järjest intensiivsemaks. Soojemad temperatuurid muudavad ilmastikuolusid ja rikuvad looduse tasakaalu, mis on ohtlik inimestele ja teistele eluvormidele Maal (European Commission, 2015). Kliimamuutused mõjutavad kõiki maailma piirkondi. Polaarjää sulab ja merevee tase tõuseb. Mõnes piirkonnas muutuvad äärmuslikud ilmastikunähtused ja sademed üha tavalisemaks, samas kui teistes piirkondades on äärmuslikumad kuumalained ja põud (European Commission, 2016). 2024. a uuringute tulemusena on maailma heitkogused võrreldes 1950. a tõusnud üle 45% (Turkum, 2024). Maa temperatuur on alates 1850. a tõusnud keskmiselt 0,06° C järgi kümne aasta kohta (Lindsey & Dahlman, 2024). Lennundusel on kliimasoojenemises märkimisväärne roll. 2024. a tehtud uuringu kohaselt moodustab lennundus 2,5% inimtekkeliste süsinikdioksiidi heitkoguste ülemaailmsest kogumahust (Ritchie, 2024).

Kuigi 2,5% inimtekkeliste süsinikdioksiidi heitkoguste ülemaailmsest kogumahust ei pruugi tunduda esmapilgul palju, ei peegelda see näitaja kogu lennundussektori tegelikku keskkonnamõju. Lennundus soojendab kliimat ligikaudu kolme kordselt, kui ainult süsinikdioksiidi heitkoguste põhjal võiks eeldada (Lee, et al., 2021). Lendamisel eralduvad gaasid ja saasteained, nagu süsinikdioksiid, lämmastikoksiid, tahm ja sulfaat, muudavad atmosfääri koostist, hoides kinni rohkem soojust ning aidates kaasa seeläbi kliimamuutusele (Lee, et al., 2021). Samuti on lennuliikluse tihedus peale koroonapandeemiat taas kasvutrendis (Sun, Wandelt, & Zhang, 2023). Kasvutrendi taga on odavlennufirmade hinnapoliitika, mis teeb reisimise kättesaadavaks üha enamatele inimestele ja globaliseerumine, mille tulemusel reisitakse üha sagedamini tööalastel eesmärkidel (Jarošová & Pajdlhauser, 2022, lk 216-221). 2018. a uuringute kohaselt lendab 11% maailma elanikkonnast vähemalt korra aastas ja ainult 1% maailma elanikkonnast põhjustab 50% lennunduse süsinikdioksiidi heitmetest (Gössling & Humpe, 2020). Edasi-tagasi lend Londonist San Franciscosse tekitab inimese kohta umbes 5,5 tonni süsinikdioksiidi-ekvivalenti, mis on üle kahe korra suurem kui pereauto aastane heitkoguste hulk. Lennukite poolt tekitatud heitkogused kasvavad kiiresti: 2013-2018. a suurenesid need 32%. Kuigi kütusesäästlikkuse parandamine aitab järk-järgult vähendada heitmeid reisija kohta, ei suuda see tasakaalustada kiiret reisijate arvu kasvu, mis prognooside järgi kahekordistub järgmise 20 aasta jooksul (Timperley, 2020). Rahvusvaheline Lennutranspordi Assotsiatsiooni andmetel on lennureisijate arv kasvanud 1998. a 1,4 miljardilt 2017. a ligikaudu 4,1 miljardile. Kuna lennureiside nõudlus jätkab tõusu, kasvab ka teadlikkus lendamise võimalikest keskkonnamõjudest (Ragbir, Rice, Winter, & Choy, 2021).

55 riigi valitsused leppisid 2015. a kokku piirata ülemaailmset soojenemist ja tegeleda selle mõjuga, selle jaoks loodi Pariisi kliimakokkulepe, mis jõustus 4. novembril 2016. a. Kõik EL riigid ratifitseerisid kokkuleppe. 2020. a lõpus lubas EL vähendada EL heitkoguseid 2030. a vähemalt 55% võrreldes 1990. a tasemega, et saavutada 2050. a kliimanetraalsus (Pariisi kliimakokkulepe, 2024). Pariisi kliimakokkuleppe eesmärk on hoida globaalne soojenemine maksimaalselt +1,5 °C, võrreldes industriaalühiskonna eelse tasemega (Euroopa Ülemkogu; Euroopa Liidu Nõukogu, 2024). ELi panusena Pariisi kokkuleppesse loodi 2019. a Euroopa Roheline Kokkulepe, mille tulemusena lepidi kokku, et EL-i kliima-, energia-, transpordi- ja maksupoliitikat muudetakse selliselt, et 2030. a oleks võimalik vähendada kasvuhoonegaaside netoheidet 1990. a tasemega võrreldes vähemalt 55% (Mäesepp, 2024). Selle tulemusena loodi määrus (EL) 2023/2405, mida tuntakse ka nime all *ReFuelEU Aviation*, kus on sätestatud, et alates 2025. a peavad tarnijad tagama, et lennujaamades kasutatava kütuse keskmine biokütuse

sisaldus on vähemalt 2%, tõustes 2030. a 6%, 2035. a 20%, 2040. a 34%, 2045. a 42% ja 2050. a 70% (IATA, 2024).

Euroopa püüab säilitada oma ülemaailmset juhtpositsiooni lennundustööstuses (Krein, 2023). Lisaks biokütuse kasutuselevõtule on määruses sätestatud, et õhusõiduki kütuse liigse tarbimise vältimiseks, olgu see biokütus või tavapärane lennukikütus, peab õhusõiduki käitaja tagama, et ühe kalendriaasta jooksul tangitud lennukikütuse kogus vastab vähemalt 90% tegelikust kütusevajadusest, mis on määratud lennufirma liinilendude reaalseks käitamiseks (ReFuelEU Aviation, 2024). Mida raskem on lennuk, seda rohkem kütust lennuk kulutab. Seetõttu tähendab väiksem tangitud kütuse kogus tavaliselt ka väiksemat kütusekulu (Burzlauff, 2017). Määrus (EL) 2023/2405 kehtib Euroopast väljuvatele lendudele kui ka Euroopas baseeruvatele lennufirmadele (ReFuelEU Aviation, 2024). Kujundlikult öeldes kui Turkish Airline (Türgi lennufirma) lendab Helsingi – Istanbul - Denpasar võib Turkish Airline lennata Istanbuli - Denpasar liini biokütusega, kuid kui Finnair (Soome lennufirma) lendab Helsinki - Denpasar liinil, peab ta kasutama biokütust. Õhusõiduki käitajad võivad biokütuse kasutamisest erandi saamiseks taotleda luba pädevatelt asutustelt, kui marsruut on lühem kui 850 km, või kui tegemist on liinidega, mis ühendavad saartel asuvaid lennujaamu, kus puudub raudtee- või maanteeühendus. Erandit saab taotleda ka liinidele, mis väljuvad EL-i lennujaamast ja mille vahemaa on alla 1 200 km (IATA, 2024).

Lennunduseksperdid on Euroopa Rohelise Kokkuleppe suhtes skeptilised. Lennukite biokütusele kehtivad rangemad füüsilised ja keemilised nõuded kui tavapärasele lennukikütusele, kuna see peab vastama lennukimootori omadustele ning töökeskkonnale. Enne kasutamist tuleb biokütust testida, et tagada selle vastavus kõigile nõuetele, sealhulgas kütuse lenduvus, korrosioonivõime, põlemisomadused, termiline stabiilsus, lisandid ja saasteained. Biokütuse keeruka tootmise ja kontrollimise tõttu on biokütuse hind neli kuni viis korda kallim kui tavapärase lennukikütuse hind. Selle põhjuseks on vähene tootmismah, tooraine kättesaadavus ja logistilised kulud (Tyner, 2020). Lennunduseksperptide hinnangul peab lennunduse täielikuks dekarboniseerimiseks biokütuse turg kasvama tuhandeid kordi suuremaks kui see on 2024. a (DeLuca, 2024). Eesti olukord on veelgi keerulisem võrreldes muu Euroopaga, kuna puuduvad kohalikud tootmisvõimalused ja Eesti asub logistiliselt Euroopa äärealal. Olenevalt tavapärase lennukikütuse maailmaturu hinnast tõstab 2% biokütuse lisamine 2025. a Eestis kütuse koguhinda umbes 6% (Mäesepp, 2024).

Eestis on järelevalve Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruses (EL) 2023/2405 sätestatud kütusetarnija aruandluse nõuetele vastavuse üle keskkonnaameti pädevuses (Mäesepp, 2024).

Transpordiameti pädevuses on järelevalve Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruses (EL) 2023/2405 sätestatud lennuki käitaja kestlike lennukikutuste kasutamise ja aruandluse ning lennuvälja käitaja kestlike lennukikutuse kättesaadavuse tagamise kohustuse täitmise üle. Kui lennufirmad, kellele langeb kohustus kasutada biokütust, seda kohustust ei täida, karistatakse neid rahatrahviga, mis on kaks korda suurem kui tavapärase lennukikutuse ja kestliku lennukikutuse tonni keskmise hinna vahe, korrutatuna tarnimata/kasutamata jäänud kütuse kogusega (Mäesepp, 2024). Eestis on kohustatud osapool lennujaamadest Tallinna Lennujaam (Mäesepp, 2024). Ettevõtteid, kellele biokütuse kasutamine ja aruandlus on kohustuslik, on kokku neli (viis koos 2024. a lõpus pankroti avalduse esitanud *Nordic Aviation Groupiga*), nendeks on *Airest*, *Diamond Sky*, *NyxAir* ja *Smartlynx* (European Commission, 2025). Kütusetarnijaid Eestis on üks, kelleks on Orlen Eesti (Mäesepp, 2024).

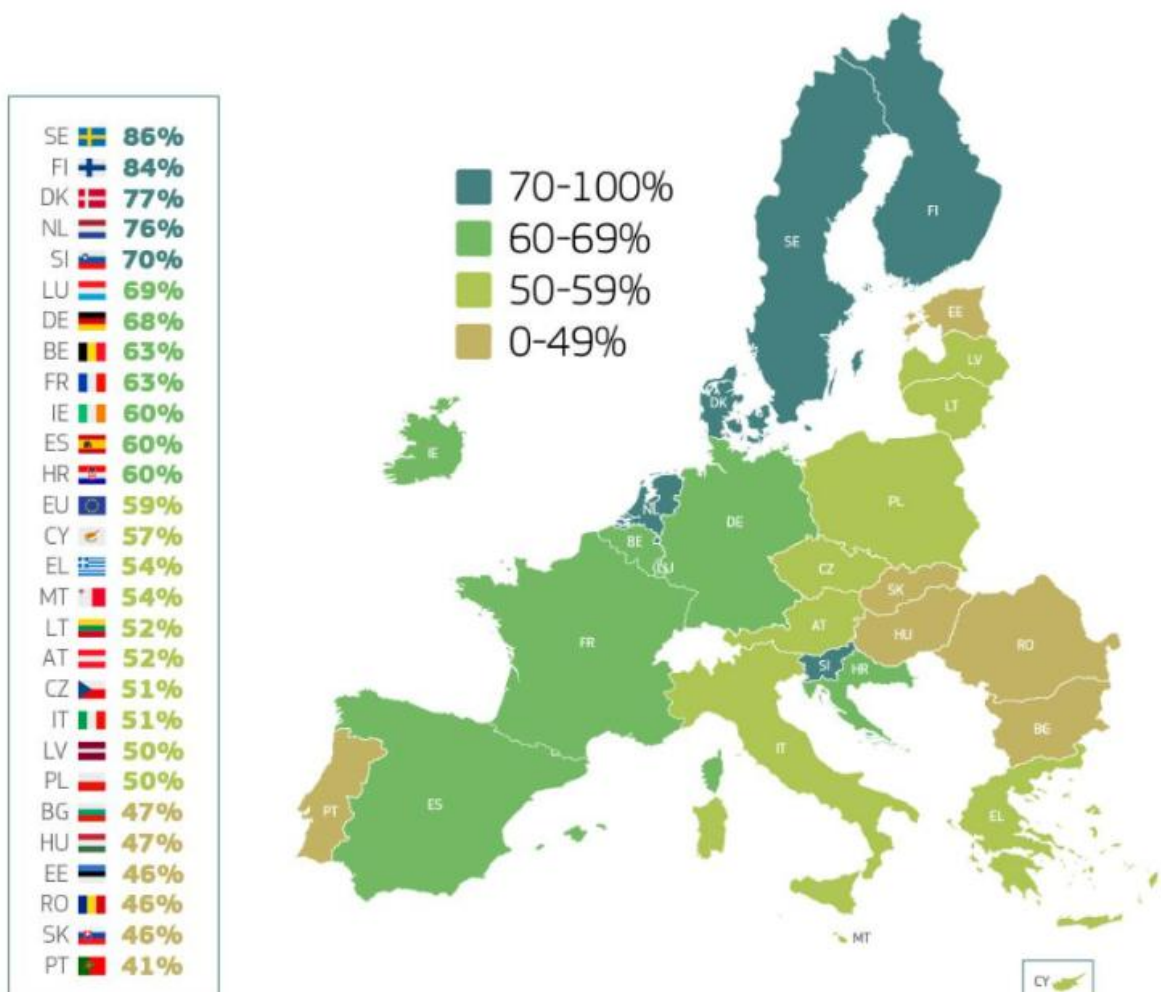
Lennureisijate suhtumine kestlikku lennundusse

Lennunduses biokütusele üleminekut küll kritiseeritakse, kuid rohepöörde näol on tegemist millegagi, mis on hädavajalik inimeste kvaliteetse elukeskkonna säilitamiseks. Fossiilsed kütused tekitavad üle 75% kasvuhoonegaasidest ja peaaegu 90% süsinikdioksiid heitest (European Commission, 2015). Biokütuse kasutuselevõtt suudab keskmiselt vähendada süsinikdioksiidi heitkoguseid 80% võrreldes tavapärase lennukikutusega. Biokütuse mõju seisneb biokütuse elutsüklis. Elutsüklikuks nimetatakse kütuse tootmise protsessi etappe, alustades tooraine kasvatamisest ja selle töötlemisest, kasutamisest, kuni jäätmete lagunemiseni. Põlemisel tekitab biokütus samaväärselt süsinikdioksiid heiteid kui tavapärased lennukikutused. Erinevalt tavapärastest lennukikutustest, mis põhinevad fossiilkütustel ja vabastavad atmosfääri süsinikku, kasutab biokütus süsinikku, mis on osa tänapäevasest süsinikuringest ja pärineb erinevatest lähteainetest. See tähendab, et lennu käigus vabanev süsinikdioksiid imendub taas biomassi, mida kasutatakse biokütuse tootmisel (Airbus, 2025).

Kliimaaktivistid võitlevad tugevalt lendamise vastu, üheks selliseks näiteks on 2024. a toimunud Münchени intsident, kus kliimaaktivistid end Saksamaa ühe suurima lennujaama Münchени lennujaama rajale kinni liimisid, et takistada lennukitel õhku tõusmast. Sarnaseid meelevaldusi on tehtud ka teistes Euroopa lennujaamadest, näiteks Saksamaal Köln-Bonnis ja Rootsis Malmös (Harper, 2024). 2019. a esimesel poolel langes Rootsis lennureisijate arv 4%, mida seostatakse Rootsis aset leidnud lennuhäbi liikumisega (Martín, 2020). Lennuhäbi, ehk rootsi keeles *flygskam* on häbitunne lendamise suhtes, mis tekib lennunduse kliimamõju tõttu (Gössling, Humpe, & Bausch, 2020). Lennuhäbi on liikumine, kus rohepöörde aktivist Greta Thunberg kutsus inimesi eelistama alternatiivseid transpordiliike lendamise asemel

(Wormbs & Söderberg, 2023). Lennuhäbi liikumisest võtsid osa mitmed rootslased, näiteks 2017. a teatas Rootsi laulja Staffan Lindberg oma otsusest lendamisest loobuda, sarnase otsuse tegid ka laskesuusataja Björn Ferry ja ooperilaulja Malena Ernman (Timperley, 2019). Peale seda kui Euroopas hakkasid inimesed lendamisele eelistama teisi transpordivahendeid hakkasid 2019. a Euroopa Ülemkogus liikmed pidama arutelu, kui palju nad peaksid toetama lennukiga reisimist ja otsima lahendusi, kuidas muuta Euroopa lennundussektor keskkonnasõbralikumaks. Tavapärase lennukikütus oli 2019. a ELis maksustamata, erinevalt Ameerika Ühendriikidest, kus tavapärase lennukikütus oli tol hetkel maksustatud (Birnbaum, 2019).

72% eurooplastest on valmis keskkonnasõbralikeks peetavate toodete ja teenuste eest rohkem maksuma (Morone, et al., 2021). Eurooplased on nõus lisatasu maksuma toodete ja teenuste eest, mida on lihtsam parandada, ringlusse võtta või mis on jätkusuutlikult toodetud (European Commission, 2025). Kõige suurem protsent inimesi, kes on nõus maksuma jätkusuutlike toodete ja teenuste eest suuremat hinda on Rootsis, peale mida järgnevad Soome, Taani ja Holland. Riike, kus alla viiekümne protsendi inimestest on valmist jätkusuutlike toodete ja teenuste eest rohkem maksuma on kokku kuus, nendeks on Portugal, Slovakkia, Rumeenia, Eesti, Ungari ja Bulgaaria (European Commission, 2025). Euroopa liikmesriigi elanike protsent, kes on nõus maksuma lisatasu jätkusuutlikute toodete ja teenuste eest on välja toodud Joonis 1. Riigi elanike valmidus maksta lisatasu jätkusuutlikute toodete ja teenuste eest on seotud riigi elanike maksevõimekusega. Riikides, kus on suurem inflatsioon, on tarbijatel vähem rahalisi vahendeid ja nad on vähem valmis maksuma lisatasu jätkusuutlikkuse eest, kuna inimeste prioriteet on esmavajaduste täitmisel (Loughlin, 2023). Riikides, kus inflatsioon on kõrge, suureneb sageli hinnatundlikkus, kuna tarbijad ja ettevõtted muutuvad kulutuste- ning hinnakujundusotsuste osas ettevaatlikumaks (Attinasi & Balatti, 2021). 2024. a olid suurima inflatsiooniga riigid Euroopas Rumeenia (7%), Horvaatia (5%) ja Eesti (4%). Euroopa keskmisest (3%) inflatsioonist kõrgemal olid ka Slovakkia, Ungari ja Bulgaaria (Eurostat, 2024). 2024. a oli kõrge inflatsioon viies riigis kuuest, kus üle poole rahvastikust ei olnud valmis maksuma lisatasu jätkusuutlikute teenuste ning toodete eest.



Joonis 1 Inimeste protsent, kes on valmis maksma kõrgemat hinda jätkusuutlikute toodete ja teenuste eest (European Commission, 2025).

2020. a *Technology in Society* avaldatud uuringu tulemused näitavad, et lennureisijad on valmis maksma kõrgemat piletihinda, kui nad on veendunud, et lisatasu tagab neile keskkonnasõbraliku lendamise ja tegemist ei ole rohepesuga (Rice, Ragbir, Rice, & Barcia, 2020). Rohepesu on turundusstrateegia, mille korral esitleb ettevõtte ennast keskkonnasõbralikuna, kuid reaalsuses ei ole võimalik välja selgitada kui keskkonnasõbralik ettevõtte on (Gibbens, 2022). Uuringus esitati 1192 osalejale hüpoteetiline stsenaarium kommertslennukiga lendamise kohta, mille eesmärk oli vähendada kasvuhoonegaase 10-50% (10% sammuga). Seejärel küsiti osalejatelt nende valmisolekut maksta piletihinda täiendavalt 5%, 10% või 15% võrra iga alandusastme eest. Kasvuhoonegaaside suuremas hulgas vähendamine suurendas ka valmisolekut maksta täiendavat piletihinda. Inimesed olid valmis maksma rohkem kasvuhoonegaaside vähenemisele pikamaalendude puhul. Lisaks olid naised

meestega võrreldes üldiselt rohkem valmis maksma kestliku lendamise eest (Rice, Ragbir, Rice, & Barcia, 2020).

Lennureisimise tuleviku suundumused peegelduvad üha selgemalt tarbijate hoiakutes ja ootustes. Uuringute põhjal on reisijad valmis valima keskkonnasõbralikumad võimalused, isegi kui see tähendab suuremat piletikulu. Lennuhäbi liikumine on näidanud, kuidas sotsiaalne surve ja kliimateadlikkus võivad suunata inimesi muutma oma tarbimisharjumusi, eelistades lennundusele alternatiivseid transpordiviise. Lennuhäbi liikumise populaarsust on toetanud mitmed Rootsi kuulsused, kelle mõju ulatub tavainimeste valikuteni, kuna tihti mõjutavad kuulsuste eeskujud tarbijakäitumist ja tugevdavad inimeste kuulumistunnet kindlatesse sotsiaalsetesse gruppidesse. Materiaalsete valikute kaudu tunnevad inimesed end rohkem seotuna trendidega, mis toetab ka nende eneseidentiteeti (Liu, 2023). Seega annavad nii teadusuuringud kui ka lennuhäbi liikumine aimu, et lennunduse kestlikkuse edendamiseks on suur potentsiaal ühiskondliku teadlikkuse ja väärtuste suunamisel.

1.2 Ettevõtete kohanemisstrateegiad muutuste tingimustes lennundussektori näitel

Määrusega (EL) 2023/2405 kaasnevad muudatused toovad ettevõtetele väljakutseid, millega tuleb kohaneda. Biokütuse kasutusele võtmine lennundussektoris ei kujuta endast kriisi, kuid iga muudatus toob kaasa majanduslikke mõjusid. Majanduse ebastabiilsus tekib kogunõudluse ja kogupakkumise muutuste tõttu, mis põhjustavad perioodilisi tõuse ja langusi (Eamets, Kaasa, Kaldaru, Parts, & Trasberg, 2005). Kuna biokütuse kasutusele võtmine lennundussektoris on uudne ja määrus (EL) 2023/2405 jõustus 2025. a jaanuaris, on biokütuse kasutuselevõtu otseseid mõjusid lennundussektorile keeruline hinnata. On võimalik analüüsida sarnaseid kogemusi, sh lennundussektorile mõju avaldavaid väliskeskonna tegureid, mis toovad kaasa muutusi sektoris tervikuna ja mille alge ei tulene otseselt tavapärasest püüdest enda positsiooni turul ümber mängida. Välised tegurid võivad majanduse tasakaalu tugevalt mõjutada, tuues kaasa ootamatuid muutusi, mis mõjutavad majanduslikku heaolu, näiteks võib selline mõju suurendada tööpuudust ja kiirendada hinnatõusu (Eamets, Kaasa, Kaldaru, Parts, & Trasberg, 2005).

Majandust mõjutavad mitmed välised tegurid, mida ei saa otseselt majanduslike meetmetega muuta. Nende hulka kuuluvad näiteks inimeste ja ettevõtete ootused tuleviku suhtes - kui tulevik paistab lootusrikas, suureneb investeerimine ja tarbimine, ning vastupidi (Eamets, Kaasa, Kaldaru, Parts, & Trasberg, 2005). Ettevõtted ei tegutse üksnes ratsionaalselt

turuloogika järgi, nad peavad säilitama legitiimsuse ja vastama regulatiivsele, normatiivsele ning sotsiaalsele survele (Oliver, 1991). Regulatiivsete muudatuste kontekstis võivad mõned uuendusmeelsed ettevõtted võtta innovatsiooniliidri rolli, investeerides varakult uutesse lahendustesse, samal ajal kui suurem osa ettevõtetest eelistab oodata, kuni tehnoloogiad on küpsemad ja regulatiivne raamistik selgem (Rogers, Singhal, & Quinlan, 2019, lk 418-434). Kuigi teoorias eeldatakse, et ootused põhinevad ratsionaalsel arvestusel, on need sageli subjektiivsed, sest kogu vajalikku informatsiooni ei ole alati võimalik hankida. Väliste tegurite hulka kuuluvad ka teiste riikide tegevusest sõltuvad mõjurid, mis pole koduriigi poolt mingil viisil kontrollitavad, näiteks välismaine majanduspoliitika (Eamets, Kaasa, Kaldaru, Parts, & Trasberg, 2005). Ettevõtted võivad regulatsioonidele reageerida erinevalt. Neid kas kritiseerides ja püüdes muutusi edasi lükata, kohandudes, näiteks järk-järgult biokütuseid kasutusele võttes, või proovida regulatsioone manipuleerida - osaledes aktiivselt poliitikakujundamises, et suunata regulatsioone endale soodsas suunas (Oliver, 1991).

Lennundussektor on pidevas muutumises ja sektor peab igapäevaselt kohanema erinevate väljakutsetega (Kummer, Wakolbinger, Novoszel, & Geske, 2022, lk 287-301). Lennundussektor õpib varasematest kogemustest nii üldiste muutuste kui ka konkreetsete muudatuste puhul ning kohandab oma tegevusi kiiresti, et tagada ohutu lennundus (Nemeth & Hollnagel, 2022, lk 85-95). Sarnaseid näiteid saab võtta ajaloost, näiteks 9/11 lennuõnnetus, mil džihadistid kaaperdasid neli lennukit, millest kolm lendasid vastu hooneid ja üks vastu maad. Terroriakt tappis 2997 inimest ja on ajalukku läinud, kui suurimate hukkunute arvuga terroriakt (Huiskes, 2021). Peale 9/11 terroriakti karmistati lennundussektoris olulisel määral julgestusnõudeid, näiteks keelati lennukitesse nügade toomine, kehtestati rangemad reeglid lennule registreerimisel (peab läbima põhjaliku julgestuskontrolli) ja tugevdati kokpiti uksi (Goldschein, 2011).

Biokütuse kasutuselevõtt toob lennundussektorile kaasa tehnoloogilise muutuse. Uued tehnoloogiad võivad muuta seniseid turu- ja ärimudeleid (Schumpeter, 1976, lk 78-84). Biokütuse laiem kasutuselevõtt võib kujutada endast lennundussektori „loovat hävingut“, kus tavapärase lennukikütuse põhised mudelid asendatakse uute kestlikumate lahendustega. Loov häving tähendab protsessi, kus vanad tehnoloogiad, ärimudelid või tööstusstruktuurid lagunevad, et teha teed uutele ja parematele lahendustele (Schumpeter, 1976, lk 78-84). Lennundussektor valmistub peamiselt lühiajaliste välitingimuste muutuste ja sisemiste korralduslike muudatuste jaoks, samas kui pikaajalisi muutusi tihtipeale alahinnatakse. Kuigi pikaajalised muutused on tekitanud suuri probleeme lennundussektoris lühiajalises vaates, on

lennundussektor suutnud pikaajalistest muutustest taastuda tänu paindlikkusele, kiirele kohanemisele ja varasemate muutuste kogemuste kasutamisele (Kummer, Wakolbinger, Novoszel, & Geske, 2022, lk 287-301). Aja jooksul on lennundus muutunud keerukamaks, nii tehnoloogia kui ka majanduslike tingimuste poolest, kuid sektor on alati leidnud viise, kuidas toimida tõhusalt ja ohutult, isegi keerulistes olukordades (Nemeth & Hollnagel, 2022, lk 85-95).

Biokütuse kasutamine lennundussektoris kujutab endast kollektiivset kogemust, mille tagajärjed sunnivad lennufirmasid kohandama oma tegevust viisil, mis tagab nende konkurentsivõime säilimise. Väliskeskonna tegurid omavad olulist mõju ettevõtete pakutavatele võimalustele. Samas varieerub nende mõju olemus tööstusharude ja turgude lõikes märkimisväärselt (Morgan, Anokhin, Ofstein, & Friske, 2020). Väliste mõjude tagajärjel tekkinud muutused on ootamatud või ettearvamatud sündmused, mis toimuvad väljaspool tööstusharu või riiki, kuid millel võib olla dramaatiline mõju majandusharudele, turgudele või riikide konkurentsivõimele (Jacquart, Santoni, Schudy, Sieweke, & Withers, 2024). Majanduse välised muutused avaldavad negatiivset mõju lennufirmade riskiprofiilidele ja kasumlikkusele (Nizam, Hashim, Bahrudin, & Arifin, 2021). Kuna biokütuse kasutusele võtmine lennundussektoris on tingitud kliimamuutustest, on tegemist nähtusega, mis mõjutab Euroopa lennufirmasid ühtemoodi ja millega tuleb lennufirmadel kohaneda. Kliimaga seotud muutustel on majandustsüklis märkimisväärne makromajanduslik mõju. Füüsilised riskid, näiteks looduskatastroofid, võivad vähendada turu nõudlust, samas kui keskkonnapoliitika ja roheline innovatsioon võivad piirata pakkumist ning selle läbi haavata ettevõtete konkurentsivõimet (Ciccarelli & Marotta, 2024).

Ettevõtte suurus on oluline tegur, mis mõjutab ettevõtte ellujäämisvõimalusi väliskeskonnast tulenevate muutuste ajal. Kuigi välised muutused mõjutavad mingil moel kõiki ettevõtteid, võivad need olla väikeettevõtetele palju kahjulikumad kui suurematele ettevõtetele, ehk ettevõtte suurus on üks keskseid eristavaid tegureid, mis eristab ettevõtete kogemusi, haavatavust ja vastupanuvõimet muutustele (Miklian & Hoelscher, 2021). Väikeettevõtted on väliste muutuste suhtes kõige haavatavamad, kuna nende finantsiline olukord on sageli tasakaalu piiril ja neil puuduvad märkimisväärsed säästud, mis võimaldaksid neil raskete aegade toime tulla (Miklian & Hoelscher, 2021). Suurematel ettevõtetel on tavaliselt parem juurdepääs kapitalile ja nad tegutsevad tihtipeale mitmes sektoris või turul (Kitching, Blackburn, Smallbone, & Dixon, 2009). Väikeettevõtetel on seevastu üldiselt vähem ressursse ja nad on vähem võimelised oma väliskeskonda mõjutama (Lai, Blackburn, & Johnstone,

2016). Kasumlikkust kasutatakse vastupidavuse suurendamiseks - lennufirmadel on märkimisväärsed fikseeritud kulud, ehk mida tulusamad lennufirmad on, seda rohkem raha saavad nad kriisiolukorras enda ülalpidamiseks kõrvale panna (Cook, Mayer, & Doy, 2023). Dereguleerimine, lennundussektori nõudluse muutused, odavlennufirmade populaarsuse kasv ja kütusehindade tõus on suurendanud konkurentsi lennufirmade vahel (Schosser & Wittmer, 2015). See on teinud väikestel lennufirmadel konkurentsisis püsimise ja turuolukorra muutustega kui ka regulatiivsete muudatustega kohanemise üha keerulisemaks.

Kuna biokütuse kasutuselevõtu probleem skeptikute sõnul on, et biokütust ei suudeta toota mahus, mis tagaks määruse (EL) 2023/2405 sätestatud eesmärgid. Kasutan oma töös biokütuse kasutuselevõtuga sarnaste olukordadena koroonapandeemiat, mille tulemusena tekkisid puudujäägid lennukite varuosades ja koolitatud tööjõust ning Ukraina ja Venemaa sõda. Ukraina ja Venemaa sõjas ei keskendu ma lennupiirangute mõjule lennufirmadele, vaid Venemaa - vastaste sanktsioonide tagajärgedele, mis mõjutasid tavapärase lennukikütuse hindu (IATA, 2022). Lennukikütuse hinnad tõusid järsult alates Venemaa-Ukraina sõja algusest. Ühe kuuga tõusis lennukikütuse hind 39% ja aastavõrdluses tõusis lennukikütuse hind 121% (IATA, 2022). Kuigi koroonapandeemia ja Ukraina-Venemaa sõda on kriisid, samas kui biokütuse kasutuselevõtmist lennunduses ei saa kriisiks pidada, võimaldavad nende kahe kriisi sarnased mõjud lennundussektorile analüüsida biokütuse kasutuselevõtuga seotud väljakutseid ja kohandumist nõudvaid tegureid, sest nad aitavad üles leida lennunduse haavatavad kohad. Lisaks aitab kriiside käsitlemine analüüsida Euroopa lennundussektori olukorda biokütuse kasutuselevõtu eel. Koroonapandeemia ja Venemaa-Ukraina sõja kriisi käsitlemine annab aimu, kas Euroopa lennundussektor on kriisidest taastunud ja võimaldab analüüsida, kas biokütuse kasutuselevõtt toimus sektori stabiilsel ajal või mitte.

1.2.1 COVID-19 muutustega kohanemine

2019. a detsembris hakkas Hiina linnas Wuhanis levima uus kopsupõletiku sarnaste sümptomitega haigus, mis kandis koroonaviiruse nime. Mõne päeva jooksul kujunes see haigus ülemaailmseks ohuks, ehk pandeemiaks, olles nakatanud üle 15 miljoni inimese üle kogu maailma (Agarwal, et al., 2020). Koroonapandeemia (edaspidi kasutatud lühendit COVID-19) ajal otsustas enamik riike vähendada oma lennujaamade läbilaskevõimet, mille tõttu olid lennufirmad sunnitud piirama lendude arvu, ainult väike osa lennufirmade lennukiparkide lennukitest lendas, enamik lennukeid seisis maa peal (Cook, Mayer, & Doy, 2023). COVID-19 tõttu kahanes Euroopas lendude arv 2020. a 55,2% ja selle tulemusel toimus 2020. a 6,1

miljonit lendu vähem kui 2019. a (Euroopa Komisjon, 2021). COVID-19 negatiivseid mõjusid lennundussektorile on näha tänapäevani. Lennundusspetsialistide sõnul on lennundussektor taastunud ebaühtlaselt (Sun, Wandelt, & Zhang, 2023). 2021. a kaotas ligi 7-13% inimest lennundussektorist töö (Belhadi, et al.) Mõnes lennundussektori valdkonnas, näiteks tehnikute seas, esineb endiselt tööjõupuudus (Calder, 2022). Koroonapandeemia ajal said lennukitehnikud vähest praktikat, mis halvendas lennukitehnikute oskusi ja teadmisi, mille tõttu vähenes pädevate lennukitehnikute arv (EASA, 2021). Mitmed kogunud lennundustehnikud, kes kaotasid pandeemia ajal töö ei soovinud pärast COVID-19 lõppu tagasi lennundusse naasta, kuna COVID-19 näitas, kui ebakindel lennundussektor võib olla. See tõi kaasa kvalifitseeritud lennukitehnikute puuduse (France24, 2024). COVID-19 mõjutas negatiivselt lennundusspetsialistide heaolu, lennukite pikaajalist hoiustamist ja rahaliste vahendite vähenemist, mis omakorda mõjutas ohutust, sealhulgas tarnijate ja operatiiv- ning tehnilise personali kaotust (EASA, 2021).

COVID-19 mõjutas negatiivselt lennukite- ja nende varuosade tootjaid. Kuna lennundus taastus pärast pandeemiat oodatust kiiremini, ei suuda mitmed lennukitootjad osade ja kvalifitseeritud tööjõu puuduse tõttu piisavalt kiiresti uusi lennukid ning varuosasid toota. See mõjutab omakorda negatiivselt kogu lennundussektorit (France24, 2024). Lisaks varem mainitud kvalifitseeritud tehnikute puudusele on varuosade ja lennukite tootmisel suureks probleemiks materjalide puudus. Puudujääke esineb näiteks roostevabas terases, alumiiniumis ja titaanis, mida kasutatakse lennukite varuosade, sealhulgas lennukimootorite, tootmisel (United States Government Accountability Office, 2024). 2015. a loodud Eesti rahvuslik lennufirma *Nordic Aviation Group* esitas 2024. a sügisel pankroti avalduse. 2015-2023 *Nordic Aviation Groupi* juhatusse kuulunud Jan Palmeri sõnul oli *Nordic Aviation Groupi* 2023. a halva majandusliku seisuga üheks põhjuseks lennukite varuosade puudus. Jan Palmer sõnas, et kui lennukite mootorid ja propellerid said viga välgutabamuse tõttu, siis enne COVID-19 oli võimalik saada propellerilabasid enam-vähem üleöö. Kuid peale COVID-19 võttis uue mootori ja propellerilabade saamine aega kaks kuud. Mis omakorda tähendas, et lennuk seisis kaks kuud kahjumlikult lennujaamas (Eilat, 2023).

Tallinna lennujaama 2024. a andmete järgi teenindas kõige suurema hulga saabuvasid ja lahkuvasid lende lennufirma *airBaltic* 27%, teisel kohal oli *Ryanair* 18%, kolmandal Lufthansa 10 ja neljandal *Finnair* 9% (Tallinna Lennujaam, 2025). Tallinna lennujaamast kõige rohkem reisijaid teenindanud lennufirma *AirBaltic* teatas 2025. a algul, et on sunnitud tühistama 4 670 lendu kõigist oma baasidest 2025. a suvehooajaks. Tühistamised on tingitud ootamatutest

viivitustest ja pikenenud mootorihooldusest, mida teostab nende tarnija Pratt & Whitney. Mootoritootja suutmatust täita oma õigeaegseid hoolduskohustusi on mõjutanud *AirBalticu* Airbus A220-300 lennukipargi operatiivvõimekust, sundides lennufirmat muutma oma suvegraafikut. 2025. a suvel lõppevad Tallinnast lennud Dubrovnikusse ja väheneb ka väljumiste arv Kopenhaagenisse (Lõvi, 2025). Tallinna lennujaama 2024. a andmete järgi 10% lahkuvaid ja saabuvaid reisijaid teenindanud lennufirma Lufthansa ei saanud 2023. a kevadel lennata kolmandikuga oma Airbus A220 lennukipargist tarneprobleemide tõttu. Lufthansa tegevjuhi Carsten Spohri sõnul mõjutavad tarneprobleemid lennundussektori taastumist COVID-19, rohkem kui reisijate nõudlus (IANS, 2023).

1.2.2 Venemaa-Ukraina sõja muutustega kohanemine

2022. a alanud Venemaa-Ukraina sõda on tugevasti mõjutanud EL-i, eriti EL-i välispoliitikat, intensiivistades EL liikmesriikide omavahelist koostööd (Maurer, Whitman, & Wright, 2023). EL on erinevatel tasemetel võtnud Venemaa-Ukraina sõja suhtes ühtse hoiaku - agressorriik Venemaa-Ukraina sõjas on Venemaa. Poolehoid Ukrainale paistab Euroopas välja nii EL tasandil kui ka EL liikmesriigi elanike seas (enamuse EL elanikest on Ukraina toetamise poolt) (Thomson, Mader, Münchow, Reifler, & Schoen, 2023). EL on toetanud Ukrainat sõjas mitu moodi, näiteks luues Venemaa vastaseid sanktsioone, toetades Ukrainat rahaliselt, pakkudes Ukraina põgenikele varjupaika, jne (Maurer, Whitman, & Wright, 2023). Venemaa lennureisijad moodustasid 4,5% kogu maailma RPK-st (inglise keeles: *revenue passenger kilometers*). Venemaa vastased sanktsioonid mõjutasid nii lennukite liisimist, varuosade kättesaadavust, lennukite hooldust kui ka lennuki personali ja lennukitehnikute treeninguid (IATA, 2022).

Lennukikütuse hinnad tõusid järsult alates Venemaa-Ukraina sõja algusest. Ühe kuuga tõusis lennukikütuse hind 39% ja aastavõrdluses tõusis lennukikütuse hind 121% (IATA, 2022). *AirBaltic*, mis teenindas 2024. a 26% Eestisse saabuvatest ja lahkuvatest lendudest teatas 2022.a märtsis, et pärast Venemaa sissetungi Ukrainasse on lennufirma *AirBaltic* lendude broneeringute arv vähenenud 30% (Tallinna Lennujaam, 2025). *AirBalticu* tegevdirektor Martins Gauss ütles Läti televisioonile tehtud intervjuus, et Venemaale ja Ukrainasse suunduvate lendude peatamine mõjutab oluliselt lennufirma *AirBalticu* tegevust. „Venemaa ja Ukraina kogutulu moodustas 9% meie tänavusest kogutulust. Pikemas perspektiivis on see muidugi oluline turg, sest asume Venemaa piiril ja paljud reisijad sõitsid sealt läände. Sellel on ettevõttele oluline mõju.“ sõnas Gauss Läti televisioonile antud intervjuus (Gauss, 2022).

Ryanair, mis teenindas 2024. a 18% Eestist lahkuvatest ja saabuvatest lendudest, omas 2022.a Ukrainas suurimat turuosa istekohtade arvu järgi, mis oli 17% (ch-aviation, 2022). Enne Venemaa ja Ukraina sõda oli *Ryanair* suurim lennufirma, mis lendas Ukrainasse ning teenindas nelja sealset lennujaama. 2022. a prognoositi, et *Ryanairi* lendudel reisib Ukrainast saabuvatel ja lahkuvatel lendudel kokku kaks miljonit inimest. Kuid Venemaa täiemahuline invasioon Ukrainasse sundis lennufirmat oma plaane muutma, peatades kõik lennud Ukrainasse ja sealt välja. *Ryanairi* tegevjuht Michael O'Leary teatas, et 2022. a suvel, pärast Venemaa-Ukraina sõja algust, tõusid *Ryanairi* lennupiletite hinnad märkimisväärselt, tulenevalt sõjast tingitud naftahindade tõusust. Michael O'Leary sõnul on Ukraina kriisi mõju naftahindadele olnud järsk ja tõsine. Tavapärased lennukikütuse hinnad tõusid, kuna turud reageerisid Venemaa sissetungile Ukrainasse. Michael O'Leary märkis, et *Ryanair* oli suuresti kaitstud tõusvate hindade eest tänu kütuseostulepingutele, mis kehtisid kuni 2023. a ja katsid 80% kütuse maksumusest. Kuid ülejäänud viiendiku kütuse hinnatõus tähendas, et *Ryanair* pidi 2022. a suvel maksma lisaks 50 miljonit eurot võrreldes Venemaa-Ukraina sõjaeelse ajaga (O'Leary, 2022).

Lennufirma Lufthansa, mis teenindas 2024. a Tallinna Lennujaamast 10% saabuvaid ja lahkuvaid lende, teatas 2022. a, et sõda Ukrainas pidurdab lennufirma taastumist COVID-19, kuna kütusehinnad tõusevad ja lennud suunatakse ümber, et vältida suletud õhuruume (Tallinna Lennujaam, 2025; Lufthansa, 2023). Hetkest, mil Venemaa ründas Ukrainat, langesid Lufthansa aktsiad esimeste tundidega 4% ja esimese kuuga 12% (Carswell, 2022). Lufthansa on toonud Venemaa-Ukraina sõja välja oma riskihinnangus kui ühena 50 tegurist, mis Lufthansa tegevust mõjutavad (Lufthansa, 2023). Lufthansa on oma riskihinnangul välja toonud järgneva: „Lennundussektori kasv sõltub suurel määral ülemaailmsest poliitilisest olukorrast ja on korrelatsioonis makromajandusliku arenguga. Varem oli lennundussektor pikaajalisel kasvuteel keskmisest kõrgemate kasvumääradega, eriti sellistes piirkondades nagu Aasia ja Vaikse ookeani piirkond. Jätkuvad nõudluse kõikumised seoses COVID-19, Venemaa agressioonisõjaga Ukraina vastu ja kliimadebati mõju tähendavad, et turu pikaajaline kasv on eeldatavasti väiksem kui varem. Lisaks pidurdavad lennuliikluse arengut veelgi pakkumisega seotud kitsaskohad, nagu piiratud taristu ja tarneahelate piirangud. Kulukonkurents, mis on juba levinud paljudes lennundusturu segmentides, intensiivistub muutunud turukeskkonna tõttu veelgi (Lufthansa, 2023).“

1.3 Õppetunnid varasematest lennunduskriisidest

Määrus (EL) 2023/2405 toob lennundussektorile uusi väljakutseid. Biokütuse kasutusele võtmine lennundussektoris ei kujuta endast kriisi, kuid iga muutus toob kaasa majanduslikke mõjusid. Lennundussektor on pidevas muutumises ja sektor peab igapäevaselt kohanema erinevate väljakutsetega. Muutuste puhul õpib lennundussektor varasematest kogemustest ja kohandab oma tegevust kiiresti, et jätkata ohutut lennundust (Nemeth & Hollnagel, 2022, lk 85-95). Majanduse ebastabiilsust põhjustavad nõudluse ja pakkumise muutused, mis omakorda mõjutavad lennufirmade konkurentsivõimet (Eamets, Kaasa, Kaldaru, Parts, & Trasberg, 2005). Ka lennufirma suurus määrab, kui vastupidav on lennufirma muutustele - suurematel lennufirmadel on rohkem ressursse kohanemiseks, samas kui väikeettevõtted on majanduslike kõikumiste suhtes haavatavamad (Miklian & Hoelscher, 2021; Cook, Mayer, & Doy, 2023). Dereguleerimine ja kasvav konkurents on muutnud kohanemise keerulisemaks (Schosser & Wittmer, 2015). Biokütuse kasutuselevõtt on kollektiivne kogemus, mis sunnib lennundusettevõtteid muutma oma strateegiaid ja tegevusmudeleid, et säilitada konkurentsivõime.

COVID-19 järelmõjusid kogetakse lennundussektoris veel endiselt nii tööjõupuuduse, logistikaprobleemide kui ka tarneahela kitsaskohtade näol. Peale COVID-19 on lennundussektori taastumine ebahühtlane, varieerudes piirkonniti ja ametikohtade järgi (Sun, Wandelt, & Zhang, 2023). Lennundussektor seisab siiani silmitsi ka Venemaa-Ukraina sõjast tulenevate väljakutsetega, milleks on rahvusvahelised pinged ja kütusehindade volatiilsus (IATA, 2022). COVID-19 pandeemia ja Venemaa-Ukraina sõja mõju on toonud esile mitmeid olulisi õppetunde, mida lennundussektor peab väliskeskkonna tegurite korral arvesse võtma, nendeks on: lendude vähenemine, mis põhjustab töökoha kaotused (Belhadi, et al.); tehnikute, materjalide ja varuosade puudus (EASA, 2021); ebapiisav ja ebahühtlane väljaõpe koolitatud ning kvalifitseeritud personali seas, mis omakorda viib kvalifitseeritud tööjõu puudumiseni (EASA, 2021); lennukikütuse hinnatõus, mille otsene mõju avaldub lennufirmade tegevuses ja lendude arvus (IATA, 2022).

Lennufirmad peavad leidma uusi strateegiaid kohanemiseks, tagades nii ohutuse kui ka efektiivsuse olukorras, kus ressursid lennundussektoris on piiratud. Mitme järjestiku kriisi tulemusena, mis mõjutasid tugevalt lennundust, on lennundussektor kergesti haavatav ja lennufirmad tundlikud muutuste suhtes. Majanduse välised mõjutused avaldavad reeglina negatiivset mõju lennufirmade riskiprofiilidele ja kasumlikkusele, mida nii COVID-19 kui ka Venemaa-Ukraina sõda on selgelt näidanud (Nizam, Hashim, Bahrudin, & Arifin, 2021). Eriti

tundlikud on lennufirmad väliskeskkonna tegurite suhtes, kui mitmed väliskeskkonna tegurid esinevad korraga või lähestikku, nii COVID-19, Venemaa-Ukraina sõda toimusid vähem kui viie aastaste vahedega, mille tõttu on lennufirmad eriti tundlikud erinevate väliskeskkonna tegurite suhtes. Kokkuvõtvalt saab lennufirmade tundlikust väliskeskkonna tegurite suhtes kirjeldada järgneva lihtsustatud tabelina (vt Tabel 1):

Tabel 1 Tegurid, mis mõjutavad lennufirmasid (autori loodud analüüsitud materjalide põhjal).

| Tegur | Mõju lennufirmadele |
|---------------------------------------|---|
| Kütusehindade kõikumine | Suurendab tegevuskulusid ja piletihindu |
| Regulatiivsed muudatused | Kohanemisevajadus uute nõuetega |
| Konkurents ja turumuutused | Surve piletihindadele ja kasumlikkusele |
| Geopoliitilised sündmused | Mõjutavad lennumarsruute ja lennufirmade tegevusvõimalusi |
| Tehnoloogiline areng | Vajadus investeerida uuendustesse |
| Kvalifitseeritud tööjõu kättesaadavus | Mõjutab teenuse kvaliteeti |
| Toote kättesaadavus | Mõjutab lennufirmade tegevusvõimalusi |

Biokütuse kasutuselevõtu kohta kehtivad eeltoodud tabelist viis tegurit, nendeks on: kütusehindade kõikumine, regulatiivsed muudatused, konkurents ja turumuutused, tehnoloogiline areng ning toote kättesaadavus.

2 UURIMISKÜSIMUSED JA METOODIKA

Minu töö eesmärk on selgitada biokütuse kasutuselevõtu võimalikku tähendust Euroopale, süvendatud analüüsiga Eesti näitele. Biokütuse kasutuselevõtt pole ainuke, mis lennundussektorit mõjutab, tavaliselt iga reform toimub kindlas kontekstis, mis tingib täiendavad mõjud, mis on igas riigis või ettevõtte puhul unikaalsed. Töö eesmärgi saavutamiseks püstitasin kolm uurimisküsimust:

1. Milliseid muutusi toob Euroopa tasandil endaga kaasa biokütuse kasutuselevõtt?
2. Milliseid tagajärgi võib biokütuse kasutuselevõtt tuua kaasa Eesti lennundussektorile?
3. Kuidas arendada Eesti lennundussektorit, tuginedes biokütuse kasutuselevõttust saadud kogemustele?

Kasutasin kvalitatiivset uurimismeetodit, kuna magistritöö uuris arvamusi kompleksse muutuse kohta. Kvalitatiivset sisuanalüüsi kasutatakse juhtudel, mille puhul ei keskenduta üksnes arvulistele näitajatele, vaid soovitakse mõista uurimisprobleemi konteksti keerukust ja olla avatud ka uudsele teabele (Laherand, 2008). Kvalitatiivse uurimismeetodi kasuks otsustasin, kuna tegemist on Euroopas uudse nähtusega, mille kohta puuduvad piisavad andmed statistiliseks analüüsiks. Andmed on juhuslikud, puudub võimalus koostada võrdlevat aegrida ja ei ole selge, millised näitajad oleksid sobivad riikide muutustega kohanemise hindamiseks. Kvalitatiivse sisuanalüüsi kasutatakse erakordsete nähtuste puhul (Ehin, 2024). Uurimisteema kujutab endast unikaalset nähtust, mida uuritakse süvitsi. Biokütuse kasutuselevõtt lennundussektoris on erakordne nähtus.

Uurimaks biokütuse kasutuselevõtu mõju lennundussektorile, tuli seletada lahti biokütuse kasutuselevõtu tähendus Euroopa lennundussektorile, biokütuse kasutuselevõtu vajadus (seal juures ka biokütuste arendamine Euroopas, inimeste kaasatulek ja sotsiaalne surve muutuseks, näiteks valmidus maksta rohkem kestlike lendude eest, soov lennata kestlikult ning lennuhäbi). Osaletasin uurimisteemaga tutvumiseks Eesti Lennuakadeemia korraldatud lennundusseminaril "Kestlik lennundus - mida see endaga kaasa toob?". Seminar toimus 15. novembril 2024. a Eesti Lennuakadeemias (Eesti Lennuakadeemia, 2024). Seminari käigus tegin märkmeid nende materjalide kohta, mis on teemaga sisuliselt seotud ja sobivad töös kasutamiseks. Töö kirjutamisel tuli mul tutvuda ka Euroopa ekspertide hinnangutega, et teada saada mida Euroopa lennundusekspertide hinnangul võib määrus (EL) 2023/2405 Euroopa lennundussektorile kaasa tuua. Uuris Euroopa ekspertide hinnanguid Euroopa lennundussektori tulevikule, kasutades dokumendianalüüsi.

Dokumendianalüüsi läbiviimine

Dokumendianalüüsi kasutasin esimesele uurimisküsimusele vastuse leidmiseks:

1. Milliseid muutusi toob Euroopa tasandil endaga kaasa biokütuse kasutuselevõtt?

Dokumendianalüüs võimaldab keskenduda tekstis sisalduvatele detailidele ja uurida teksti sisu süvitsi (Kalmus, Masso, & Linno, 2015). Dokumendianalüüsis toimub andmete tõlgendamine ja analüüs, selle eesmärk on teha järeldusi, süvendada arusaamist ning arendada empiirilist teadmist (Bowen, 2009). Dokumendianalüüsi jaoks materjale otsides pidasin oluliseks, et kasutatud allikad oleksid usaldusväärsed - eelistasin teaduslikke väljaandeid, kuid kasutasin ka ajakirjanduslikke allikaid, konverentsi ettekandeid, intervjuusid ja muud ajakohast materjali, mille puhul hindasin kriitiliselt nende usaldusväärsust, sh päritolu ja faktilist täpsust. Eelistasin materjale, mis olid EASA, IATA või Rahvusvaheline Tsiviillennunduse Organisatsiooni (edaspidi kasutatud lühendit ICAO) poolt avaldatud. Esmalt kaardistasin dokumendid, mida soovisin dokumendianalüüsi jaoks kasutada. Seejärel analüüsisin tekstides esitatud seisukohti, otsides sarnasusi ja erinevusi erinevates allikates esineva teabe vahel. Analüüsi käigus keskendusin sellele, kuidas on dokumentides mõtestatud biokütuse kasutuselevõtt Euroopa lennundussektoris ja millised sarnasused ning võimalikud lahknevused dokumentidest ilmnesid.

Intervjuude läbiviimine

Euroopa lennundussektor on äärmiselt mitmekesine ja kuigi paljuski kanduvad Euroopas toimuvad muutused ning suundumused üle ka Eestisse, eristub Eesti lennundussektor siiski oma unikaalsete eripärade poolest. Nende eripärade mõistmiseks viisin läbi intervjuud Eesti lennundusekspertidega. Intervjuu meetodika valisin probleemi uudsuse tõttu. Kuna biokütuse kasutamine on Eesti lennundussektoris uudne teema, on sellekohast kirjandust avaldatud väga vähe, mistõttu otsustasin läbi viia intervjuud Eesti lennundusekspertidega. Töös kasutasin ekspertintervjuusid. Ekspertintervjuude puhul annavad intervjuueeritavad tööle väärtuse ekspertidena mingis kindlas valdkonnas (Laherand, 2008). Käesolevas töös annavad intervjuueeritavad tööle väärtuse lennunduse rohepöörde ekspertidena. Intervjuueeritavad on kaasatud magistritöösse kui teatud rühma esindajad. Ekspertintervjuusid kasutasin teise ja kolmanda uurimisküsimusele vastuse leidmiseks:

2. Milliseid tagajärgi võib biokütuse kasutamine tuua kaasa Eesti lennundussektorile?

3. Kuidas arendada Eesti lennundussektorit, tuginedes biokütuse kasutuselevõttust saadud kogemustele?

Intervjuu on eesmärgipärane vestlus, mille keskmes on mingi kindel teema (Lepik, et al., 2014). Käsitlen intervjuudes biokütuse kasutuselevõtu mõju Eesti lennundussektorile. Intervjuu kasuks otsustasin teema nüansirohkuse tõttu: probleem ei ole standardiseeritav kindlaks kujunenud analüütilistesse kategooriatesse, mis on kvantitatiivse uuringu eeldus. Intervjuude eesmärk on uurida lennundusekspertide tõlgendusi eesseisvatest muutustest ja raskuste ületamiseks vajalikest sammudest. Vestluse käigus käsitlen järgmisi teemasid: Eesti lennundussektori olukord; biokütuse kasutuselevõtu väljakutsed ja võimalused Eesti lennundussektoris; Eesti eelised biokütuse kasutuselevõtul; biokütuse hinna ja tootmisvõimekuse mõju Eesti lennundussektorile; Eesti lennundus 2050. aastal; avaliku sektori toetus biokütuse kasutuselevõtule.

Intervjuu võimaldab koguda sügavamat ja üksikasjalikumalt teavet uuritava teema kohta (Lepik, et al., 2014). Intervjuus on võimalik intervjuueeritaval esitada küsimusi, mis aitavad mõista uuritava teema erinevaid aspekte (Knott, Rao, Summers, & Teeger, 2022). Viisin läbi poolstruktureeritud intervjuud - poolstruktureeritud intervjuud aitavad uurida teemat vähem ette ära raamistades. Poolstruktureeritud intervjuude puhul on intervjuueeritaval ette valmistatud intervjuu kava ja küsimused, kuid intervjuueeritav võib esitada lisaküsimusi, kui näeb, et selleks on vajadus (Lepik, et al., 2014). Mina tagasin intervjuueeritavatele täieliku konfidentsiaalsuse privaatsuse kaitseks. Konfidentsiaalsus tagab intervjuueeritavate turvalisuse ja vähendab tundliku teema tõttu potentsiaalseid lahkkelisid ning hoiab ära võimalikud kahjulikud tagajärjed (All European Academies, 2018). Intervjuu kavale andis tagasisidet lõputöö juhendaja. Intervjuu läbiviimiseks küsisin intervjuueeritavate nõusolekut (vt Lisa 1. Kinnitus informeeritud nõusolekust intervjuul osaleda) ja leppisin kokku mulle kui intervjuueerijale ning töös osalenud Eesti lennundusekspertidele, ehk intervjuueeritavatele sobivad ajad. Intervjuueeritavatele tutvustasin intervjuu eesmärki ja kinnitasin, et lõputöös intervjuueeritavate nimesid välja ei tooda. Enne intervjuude läbiviimist tegin prooviintervjuu, lennundussektoris töötava mehitamata lennundusspetsialistiga, peale prooviintervjuud täiendasin intervjuu küsimusi (vt Lisa 2. Intervjuu küsimused).

Tõin intervjuueeritavad välja kui lennundusspetsialist A, lennundusspetsialist B, lennundusspetsialist C, lennundusspetsialist D ja lennundusspetsialist E. Kuna intervjuude analüüsi käigus selgus, et ekspertide seisukohad ei eristu biokütuste väljavaadete teemal, nende professionaalse positsiooni poolest. Seetõttu ei lisanud ma spetsialiste eristavatele siltidele A,

B, C, D ja E juurde temaatiliselt eristavaid vihjeid nagu avalik või erasektor. Kuna Eestis võeti biokütus kasutusele alates 2025. a on biokütuse kasutuselevõtu näol tegemist Eestis uudse teemaga, millest tuleneb ka intervjueeritavate arv. Uuringu raames intervjueerisin viit spetsialisti, intervjueerisin kütusetarnijat ja avalikus sektoris töötavaid spetsialiste ning juhtivatel kohtadel olevaid isikuid. Vähene spetsialistide hulk lennundussektoris osutus ka otsustavaks faktoriks, miks magistritöös kasutasin poolstruktureeritud intervjuusid, mitte standardiseeritud küsimustikke. Eestis ei olnud mitmed lennufirmad veel 2025. a kevadel biokütuse kasutuselevõtuga kokku puutunud, lisaks oli vähe lennundusspetsialiste, kes oleksid osalenud EASA või IATA lennunduse rohepöörde töötubades või tunneksid ennast biokütuse kasutuselevõttust rääkides enesekindlalt. Enne intervjuud saatsin intervjueeritavale küsimused tutvumiseks. Intervjueeritavatele jäeti õigus soovi korral küsimustele vastamata jätta või intervjuu lõpetada. Intervjueeritavad allkirjastasid enne intervjuud kinnituse informeeritud nõusolekust intervjuul osaleda, kus tutvustati intervjueeritavate õiguseid (vt Lisa 1. Kinnitus informeeritud nõusolekust intervjuul osaleda).

Intervjuud viisin läbi silmast silma ja Microsoft Teamsi vahendusel. Intervjuud toimusid ajavahemikus 17.02.2025 - 06.03.2025. Intervjuuks planeerisin 60 min aega, tegelikkuses võtsid intervjuud aega 50 min kuni 90 min. Salvestasin kõik intervjuud diktofoni ja kaameraga. Intervjuud hoian alles 2025. a juunini, peale seda kustutan salvestised. Peale intervjuude salvestamist transkribeerisin intervjuud. Kui intervjueeritav seda soovis, saatsin talle vestluse transkribeeritud kujul, enne transkribeeritud intervjuu analüüsimist, kooskõlastamiseks. Transkribeerimiseks kasutasin Tallinna Tehnikaülikooli küberneetika Instituudi foneetika- ja kõnetehnoloogia laboris väljatöötatud tehnoloogiat ja mudeleid. Transkribeerimine on protsess, mille käigus muudetakse audio- või videosalvesti tekstiks (Alumäe & Olev, 2022). Transkribeerimisel tegin otsuse, millise põhjalikkusega helisalvestis tekstiks muuta ja millised andmed olid uurimuse seisukohast olulised ning millised mitte. Automaatne transkribeerimine on kohati ebatäpne (Linno, 2018). Automaatset transkribeerimist kasutades tuli transkriptsiooni fail üle vaadata ja vajadusel tuli teha vajalikud parandused. Intervjuude transkribeeritud failid hoian alles 2025. a juunini, peale mida kustutan transkribeeritud intervjuud. Ma ei avalikusta uurimistöö osana koostatud intervjuude transkriptsioone nende tundliku sisu tõttu. Transkribeerimisel otsisin vastust järgmistele küsimustele:

1. Milline on Eesti lennundussektori olukord - Eesti lennundussektori tugevused ja nõrkused?

2. Millised on Eesti lennundussektori suurimad väljakutsed ja võimalused biokütuse kasutuselevõtul?
3. Kuidas erinevad Eesti eelised biokütuse kasutuselevõtul teistest Euroopa riikidest ja kuidas intervjuueeritavad hindavad Eesti lennundussektori valmisolekut biokütuse kasutuselevõtuks?
4. Kuidas mõjutavad biokütuse hind ja tootmisvõimekus Eesti lennundussektorit?
5. Milliseid muutusi ja arenguid võib biokütuse kasutuselevõtt tuua Eesti lennundussektorile?
 - a. Kuidas võivad biokütuse kasutuselevõtu tagajärjed avalduda turismi, tehnoloogia, kütuse kättesaadavuse ja konkurentsivõime seisukohalt?
6. Kuidas toetavad Eesti valitsus ja regulatiivsed asutused biokütuse kasutuselevõttu Eesti lennundussektoris?

Viisin läbi transkribeeritud intervjuude kvalitatiivse sisuanalüüsi, täpsemalt temaatilise analüüsi. Temaatiline sisuanalüüs on kvalitatiivse sisuanalüüsi üks liike, mille eesmärgiks on leida üles andmetes peituvad tähendused ja arusaamad (Kalmus, Masso, & Linno, 2015). Temaatiline analüüs lähtub induktiivsest lähenemisest, kus tuvastatakse sarnasusi uuritavates tekstides (Tinn, 2019). Kõigepealt lugesin intervjuud läbi, püüdes leida tekstiliselt väljenduvaid vastuseid eeltoodud küsimusele. Seejärel süstematiseerisin teksti leiud küsimuste kaupa ja üldistasin intervjuueeritavate vastustest tulenevad järeldused. Intervjuude analüüsimisel kasutasin avatud kodeerimist, mille käigus tuvastasin vastustes esinevad eripärad. Avatud kodeerimine aitab korrastada suuremahulisi andmeid, neid andmeid kategoriseerides, mis lihtsustab esialgsetele uurimisküsimustele vastuse leidmist (Neuman, 2014, lk 374). Kuigi eristuvaid seisukohti esines vähesel määral, tõin need esile juhul, kui need lisasid uurimistemele sisulisi nüansse, tegid teemat paremini mõistetavaks või avasid teemat uuest vaatenurgast. Andmete analüüsimisel kasutasin temaatilist analüüsi, mille eesmärk ei olnud ainult sisu kirjeldamine, vaid tekstis peituvate tähenduste sügavam mõistmine. Analüüsi käigus keskendusin sellele, kuidas intervjuueeritavad mõtestasid biokütuse kasutuselevõttu Eesti lennundussektoris ja millised sarnasused ning lahknevused intervjuueeritavate seisukohtades ilmsid. Intervjuueeritavad olid kohati erinevatel arvamustel kõige efektiivsema poliitikakujunduse kohta, näiteks kas muutused peaksid algama üksikisiku tasandilt või tuleks neid ellu viia võimalikult laia haardega. Kokkuvõttes nende küsimuste lõikes, mis ma magistritöös ekspertidele intervjuude käigus esitasin, intervjuueeritavate vaated kattusid.

Autori eneserefleksioon

Töötades ise Transpordiametis lennundusteenistuses vaneminspektorina tundsin, et biokütuse kasutuselevõtu kohane informatsioon ei ole Eestis avalikult kättesaadav. Kuna olen omandanud bakalaureusekraadi Eesti Lennuakadeemiast, leidsin kirjutamise käigus, et teemad, mis mulle tuttavad tunduvad, vajavad lennundusväliste inimeste jaoks põhjalikumat selgitamist. Töötades avalikus sektoris lennundusteenistuses, ilmnes töö kirjutamise käigus vajadus teadliku eneserefleksiooni järele nii uurimismeetodite rakendamisel kui ka tulemuste tõlgendamisel. Töötades Transpordiametis, mis tegeleb Eesti lennundussektori järelevalvega, tuli mul intervjuude käigus ennast distantseerida avaliku sektori kohta käivatest kommentaaridest. Kuulates avaliku sektori kohta esitatud kriitilisi väiteid, oli oluline jääda neutraalseks ja informatsiooni analüüsida, vältides ametniku rolli minemist. Küll lihtsustas avalikus sektoris töötamine intervjuueeritavate valimi koostamist, kuna olin juba enne töö kirjutamist kursis erinevates rohepöörde töögruppides osalenud inimestega. Kuigi osalen tööalaselt järelevalveprotsessides, ei tööta ükski minu magistritöös intervjuueeritud isikutest ettevõtetes, mille üle mul on järelevalvepädevus. Seetõttu ei mõjutanud minu hinnangul minu ametipositsioon intervjuueeritavate vastuseid ega uurimistulemusi. Intervjuueeritavad töötasid ametikohtadel, mis olid võrreldavad minu omaga või kõrgemad. Kõik intervjuueeritud isikud tundsid end küsimustele vastates minu hinnangul mugavalt ja pärast intervjuusid avaldasid nad huvi magistritöö lõplikute tulemuste vastu, mis kinnitas vajadust magistritöö läbiviimiseks. Kõik intervjuueeritavad kinnitasid, et magistritöö käsitleb olulist ja vajalikku teemat, kuna Eesti lennundussektori olukorda biokütuse kasutuselevõttu ajal ei ole seni põhjalikult uuritud.

3 BIOKÜTUSE KASUTAMINE LENNUNDUSSEKTORIS

Määruses (EL) 2023/2405 on sätestatud, et alates 2025. a peavad tarnijad tagama, et EL-i lennujaamades kasutatava kütuse biokütuse sisaldus on vähemalt 2%, tõustes 2030. a 6%, 2035. a 20%, 2040. a 34%, 2045. a 42% ja 2050. a 70% (IATA, 2024). EL biokütuste kasutuselevõtu strateegia on märkimisväärselt ambitsioonikam kui ülejäänud maailma omad - näiteks plaanivad nii Lõuna-Korea kui ka Indoneesia, et kõik väljuvad rahvusvahelised lennud kasutaksid alates 2027. a 1% biokütust. Indoneesia kavatses biokütuse kasutamist suurendada 2,5% 2023. a ja 50% 2060. a (EASA, 2025). Singapuri plaan on alates 2026. a tagada, et kõigil väljuvatel lendudel kasutatakse vähemalt 1% biokütust. Suurendades biokütuse kasutuse osakaalu 2030.a 3-5%. 2030. a 3-5% biokütuse kasutamise eesmärgi saavutamiseks kehtestatakse maks, mis toetab säästvate lennukikütuste ostmist (EASA, 2025). Jaapanis muutub biokütuse kasutamine kohustuslikuks alates 2030. a, biokütuse sisaldus peab olema vähemalt 10% kogu kütusekogusest (EASA, 2025). EL-i ambitsioonikas plaan erineb teistest maailma majanduspiirkondadest. Kui Singapur plaanib 2060. a saavutada 50% biokütuste kasutamist, siis Euroopas soovitakse 2050. a, ehk kümme aastat varem kui Singapuris, jõuda 70% biokütuse kasutamiseni. Biokütuse tootmise ja kontrolli keerukus teeb selle neli kuni viis korda kallimaks kui tavapärase lennukikütus (Tyner, 2020). Seetõttu võib biokütuse laialdasem kasutuselevõtt Euroopas mõjutada Euroopa lennufirmade konkurentsivõimet muude maailmajagudega võrreldes.

3.1 Biokütuse tootmise väljavaated

Biokütus on rafineeritud taimeõlidest (näiteks: sojauba, mais ja rapsiõli), kasutatud toiduõlidest ja loomsetest rasvadest, mis on saadud vesinikku kasutava tootmisprotsessi abil (World Energy). Võrreldes tavapäraste reaktiivkütustega on biokütuse eeliseks see, et see on taastuv ja tekitab põlemisel vähem kasvuhooonegaase (Portley, 2023). Biokütuste kasutuselevõtt vähendab lennundussektori süsinikdioksiidi heitkoguseid vähemalt 27% (Watson, et al., 2024). Biokütuseid jagatakse laias laastus kolme gruppi. Üheks neist on jäätmebiokütused, mis on valmistatud näiteks kasutatud toiduõlidest. Rahvusvahelise Puhta Transpordi Nõukogu direktori Dan Rutherfordi sõnul on need kütused üsna odavad ja nende elutsükli heitkogused on madalad, kuid nende varud on piiratud. Ainuüksi nende kütuste kasutamine lennunduses katab vaid 2% lennukikütuse vajadusest ELis ja Ameerika Ühendriikides. Teist tüüpi biokütuseid valmistatakse põllusaadustest, nagu palm, soja ja mais. Keskkonnarühmad on nende vastu aastaid võidelnud, kuna need võivad konkureerida toidutootmisega ja põhjustada

metsade hävitamist (Timperley, 2021). Määrus (EL) 2023/2405 välistab selliste biokütuste kasutamise (ReFuelEU Aviation, 2024). Kolmandat tüüpi biokütuseid valmistatakse tselluloositaimedest ja põllumajandus- ning metsanduse jäätmetest (Timperley, 2021). Euroopas keskendutakse eelkõige biokütustele, mida valmistatakse tselluloositaimedel ja põllumajandus- ning metsanduse jäätmetest. 2024. a seisuga kasutakse Euroopas seitset erinevat biokütust, mis on Euroopa tasandil sertifitseeritud (SkyNRG, 2024). Sellisteks kütusteks on: *Fischer-Tropsch* (Marchese, Buffo, Santarelli, & Lanzini, 2021; SkyNRG, 2024); Hüdrotrüfitud estrid ja rasvhapped (SkyNRG, 2024); Sünteesisitud iso-parafiinid (Barbosa, et al., 2022, lk 102-115; SkyNRG, 2024); *Alcohol to Jet* (Geleynse, Brandt, Garcia-Perez, Wolcott, & Zhang, 2018; SkyNRG, 2024); katalüütiline hüdrotermolüüs (SkyNRG, 2024; Eswaran, et al., 2021); hüdroprotsessitud süsivesinikud, estrid ja rasvhapped (SkyNRG, 2024) ning *co-processing* (Alkildie, Verdier, Galindo, & Fleming, 2024; SkyNRG, 2024). Täpsemalt on erinevaid Euroopas kasutatavaid biokütuse liike kirjeldatud Lisa 3. Euroopas kasutatavate biokütuste liigid

Lennundussektoris kasvav nõudlus biokütuse järele on toonud esile biokütuse potentsiaali, pakkudes erinevaid lahendusi turunõudluse, tootmistehnoloogiate, majandusliku tasuvuse ja keskkonnamõju osas. Biokütuse kasutuselevõtt Euroopas on paljutõotav lahendus lennundussektori süsinikdioksiidi heite vähendamiseks. Biokütuse kasutamine võib viia kasvuhoonegaaside heitkoguste vähenemiseni kogu elutsükli jooksul kuni 80%, võrreldes tavapärase lennukikütusega (Feuvre, 2019). Kuigi on väga mitmeid biokütuse liike, on 2025.a kevade seisuga biokütuse tootmismahud siiski ebapiisavad. Tulevikus on vaja optimeerida biokütuse tehnoloogiaid, eelkõige lähteainete tõhusama muundamise ja tootmiskulude arendamist vähendamise kaudu, sh on oluline tugevdada biokütusega seotud poliitikate. Biokütuse tootmise laiendamine võib tuua kaasa märkimisväärset majanduslikku kasu, nagu töökohtade loomine ja piirkondliku majanduse elavdamine. Investeeringud tootmisrajatistesse ja tarneahelatesse loovad uusi võimalusi ning tugevdavad kohalikku majandust (Wang, Ting, & Zhao, 2024). Lisaks biokütusele on olemas ka teisi alternatiive, milleks on elektrilennundus ja veisnikütused, mida on täpsemalt kirjeldatud Lisa 4. Biokütuse alternatiivid. Kuid kuna võrreldes biokütuse kasutuselevõetuga on vesiniklennundus ja elektrilennundus veel varases arengujärgus, keskendun magistritöös biokütuse kasutuselevõtule.

3.2 Euroopa ekspertide hinnangud biokütuse võimalustest ja väljakutsetest

Transport & Environment (edaspidi kasutatud lühendit T & E) ettevõtte lennundusosakonna juhataja Jo Dardenne sõnul võib määruses (EL) 2023/2405 välja toodud eesmärk vähendada lennundussektori süsinikdioksiidi heidet 90% võrra 2050. a, olla võimatu, kuna pärast COVID-19 on inimesed hakanud lendama suuremas mahus (Berestecki & Dardenne, 2025). IATA viimaste hinnangute kohaselt kasvab nõudlus õhustranspordi järele järgmise 20 aasta jooksul keskmiselt 4% aastas (IATA, 2023). Euroopa Komisjon loodab vähendada lennundussektori süsinikuheidet, ilma et see piiraks inimeste lennuvõimalusi. Keskkonnaorganisatsioonid hoiatavad aga, et lennundus kasvab liiga kiiresti, mis võib takistada kliimaeesmärkide saavutamist. Lennundussektor ise prognoosib, et lennuliiklus kahekordistub 2050. a, mis tähendab, et lennundussektor põletab 60% rohkem kütust võrreldes 2019. a. NfpResearchi uuringus (milles osalesid riskikapitalistid ja suured investorid, kes panustavad lennundusse) osalejate hinnangul on lootust, et poliitika, stiimulid ja erinevate lahenduste kombinatsioon võiksid aidata vähendada lennunduse süsinikdioksiidi heitmeid 2050. a, isegi kui süsinikuneutraalsust ei saavutata. Uuringus osalenud riskikapitalistide ja suur investorite sõnul ei ole lahendus üks kindel tee, vaid erinevate lahenduste kombinatsioon, mis hõlmab biokütuseid, sünteetilisi kütuseid, akutoitel lendavaid lennukaid ja tehnoloogilisi täiustusi (Harrison-Byrne, Zistler, & Moussy, 2024). Ka Euroopa Komisjon loodab kestliku lennunduse teistele arengutele, näiteks vesiniklennukitele, kuid Euroopa Komisjoni kõneisiku Maciej Berestecki sõnul panustatakse Euroopas peamiselt biokütuse arengule (Berestecki & Dardenne, 2025).

Euroopa lennundusekspertide sõnul on biokütuse kasutamine üks kiiremaid viise, kuidas lennunduses süsinikdioksiidi heidet vähendada, kuid sellega kaasnevad kaks peamist väljakutset. Esimene väljakutse on lühiajaline. Lühiajaline väljakutse seisneb biokütuse tootmise võimekuse suurendamisest. See tähendab biokütuse tootmise laiendamist ja tootmisprotsessi kiirendamist. Biokütuse tootmise juures esineb mitmeid väljakutseid, milleks on tehnoloogilised piirangud, investeeringute puudus ja biokütuse tootmisega kaasnevad kõrged kulud. Teine väljakutse on pikaajaline, pikaajaline väljakutse seisneb mitmekülgsest ressursivajadusest. Biokütuse arengu jaoks on vaja, et kõik biokütuse tööstusharu osalised panustaksid biokütuse arengusse. Pikaajaline väljakutse biokütuse tootmise edendamisel seisneb vajaduses märkimisväärselt suuremate ressursside järele, kui on 2025. a kevade seisuga Euroopas saadaval (Bardon & Massol, 2025).

NfpResearchi uuringus leiti, et 2024. a seisuga on biokütuse tootmise areng lennundussektoris liiga aeglane, et saavutada 2050. a süsinikuneutraalsus. Biokütuse pakkumine ei ole piisav, kuna biokütuse tootmise kulud on liiga kõrged (Harrison-Byrne, Zistler, & Moussy, 2024). Biokütuse hind on neli kuni viis korda kallim tavapärasest lennukikütusest (Mäesepp, 2024). Kütusehind mõjutab oluliselt lennufirma tulemuslikkust (Piranti, 2021). Biokütuse kõrge hinna tõttu on sunnitud lennupiletite hindu tõstma ka lennufirmad. 2024. a juunis teatas Saksamaa ettevõtte Lufthansa, et lisab lennupiletitele lisatasu kuni 72 eurot pileti kohta kliimakulude tõttu, et katta biokütusega kaasnevad lisakulud (Lecca, 2024). Soome kütusetootja Neste asepresident Alexander Kepner on avaldanud arvamust, et biokütuse hind on kallis ja biokütust ei toodeta ka 2025. a kevade seisuga piisavalt suurtes kogustes, et saavutada ELi eesmärged. Alexander Kepner märkis ajakirjale Politico antud intervjuus, et kestliku lennunduse suur katsumus biokütuse ostmiseks ja tootmiseks on rahastuse saamine (Lecca, 2024). Kuigi biokütuse hind on 2025. a seisuga kallis, loodab Euroopa Komisjon, et biokütuse tootmistehnoloogia arenedes biokütuse hind langeb (Berestecki & Dardenne, 2025). Ettevõtte T & E lennundusosakonna juhataja Jo Dardenne tõi välja, et biokütuseid on erinevaid, kuid kõige keskkonnasõbralikumad on kasutatud toiduõlist valmistatud kütused, näiteks Belgias on friikartulid kujunenud rahvustoiduks ja ülejäänud toiduõli saab teoorias hiljem rafineerida ning kasutada lennukite biokütusena. Siiski imporditakse enamik kasutatud toiduõlist Euroopasse Hiinast ja alati ei saa kindel olla, et toiduõli ei sisalda näiteks palmiõli. Jo Dardenne sõnul on lennunduseksperptide arvutuste kohaselt 2050. a saadaval viis korda vähem lennuki biokütust, kui on tegelik nõudlus (Berestecki & Dardenne, 2025).

2025. a aprillis tehti uuring, milles analüüsiti tegureid, mis mõjutavad praegust ja tulevast biokütuse turu kättesaadavust, täpsemalt ressursse, tehnoloogiaid ning kulusid. Uuringus vaadeldi bioloogiliste lähteainete, süsinikdioksiidi, vesiniku, tehnoloogiate ja elektri kättesaadavust, võttes arvesse lähteainet, tehnoloogilist valmisolekut, energiakadu, infrastruktuuri, transporti, kulusid ning konkurentsi. Uuringu tulemusena leiti, et vajalike tehnoloogiate väljatöötamiseks ja lähteainete tootmise suurendamiseks on vaja stimuleerivat poliitikat ning märkimisväärseid investeringuid (Bardon & Massol, 2025). Tavapärase lennukikütuse ja lennuki biokütuste vahelise lõhe ületamiseks on vaja ambitsioonikamat poliitikat. Reguleerimata või ebapiisavalt reguleeritud turg võib viia ebatõhusate lahendusteni, sealhulgas rohepesuni, tehnoloogiliste müütide levitamiseni ja jätkusuutmatute lähteainete ning energeetika kasutamiseni (Bardon & Massol, 2025).

Biokütuse kasutuselevõtt lennundussektoris sunnib lennufirmasid investeerima. Soome kütusetootja Neste asepresidendi Kepneri sõnul ei räägita lennuki biokütuse tööstusliku mastaabi saavutamiseks, vastavalt EL-i ettekirjutustele, sadade miljonite eurode suurustest investeeringutest, vaid miljarditest (Lecca, 2024). Prantsusmaa lennufirma *Air France* korporatiivse sekretäri Alexandre Boissyga tehtud intervjuus märkis Boissy, et *Air France* investeerib kuni kaks miljardit eurot aastas kuni 2030. a, et uuendada oma lennukiparki keskkonnasõbralikumate lennukitega. *Air France* investeerib uutesse lennukitesse, mis on projekteeritud selliselt, et võimaldavad kaasaegsete tehnoloogiate abil vähendada kütusekulu kuni 25%. Alexandre Boissy sõnul oli 2024. a seisuga *Air France* maailma suurim biokütuse kasutaja, olles 2023. a ostnud 16% ülemaailmsest toodangust. Võrdluseks *Air France* lennukid lendasid 2023. a ainult 3% tavapärase lennukikütusega. Boissy sõnul toob keskkonnavaline üleminek lennufirmadele kaasa märkimisväärse kulu, mida lennufirmad saavad kanda ainult avaliku sektori toetusega. Boissy tõi välja, et kestlikud lennufirmad vajavad konkurentsivõimelist biokütuse tootmissektorit ja võrdseid konkurentsivõimalusi (Boissy, 2024). Tsiteerides Boissyt „Tänapäeval võivad Euroopa normid põhjustada moonutatud konkurentsi, eriti sellises valdkonnas nagu seda on lennundus. See võib tähendada, et nõudlus võib nihkuda teistele rahvusvahelistele lennuettevõtjatele. Mis omakorda ei vähendaks mitte mingil juhul süsinikdioksiidi heitkoguseid. Euroopa Liit peab rakendama kohandamismehhanisme ja tegema seda kiiresti (Boissy, 2024).“

Lennunduseksperdid on mures, et Euroopa lennunduse biokütuse kasutuselevõtt on niivõrd kulukas, et muudab Euroopa lennundussektori konkurentsivõimetuks. Samal ajal kui Euroopa lennufirmad on surve all, et vähendada süsinikdioksiidi heitkoguseid, on lennundus teistes suurtes maailma majanduspiirkondades kiiresti kasvamas. 2023. a püstitas India lennufirma IndiGo kommertslennunduse ajaloo suurima üksikostu uue rekordi, tellides 500 Airbus A320 lennukit (Lecca, 2024). Dubai lennujaam, mis on juba praegu rahvusvahelise reisijateveo poolest maailma kõige tihedam ja reisijate koguarvu poolest suuruselt teine, avalikustas 2024. a 35 miljardi dollari suuruse laienemisplaani järgmiseks kümnendiks (Lecca, 2024). Euroopa lennundussektor seisab silmitsi väljakutsega, kuidas tagada konkurentsivõime, täites samal ajal ka lennundussektori keskkonnaeesmärke. Euroopa Komisjoni kõneisik Maciej Berestecki sõnul ei soovi Euroopa Komisjon inimeste võimalust lennata piirata. Kui keskkonnanõuded mõjutavad lendamise hinda, proovib Euroopa Komisjon vähendada seda mõju viisil, mis ei pärsiks lennuühendusi riikide vahel (Berestecki & Dardenne, 2025). Näiteks ei soovita, et Euroopa ääriidide, nagu Eesti, elanike lennuühendused väheneksid.

NfpResearchi uuringus osalejad loodavad, et poliitikaregulatsioonid ja stiimulid aitavad kaasa biokütuse tootmiskulude vähendamisele. NfpResearch uuringus osalenute hinnangul, kui edasimineku aset leiab, toimub see väga kiiresti - „kõik juhtub viimase viie aasta jooksul (Harrison-Byrne, Zistler, & Moussy, 2024)“. Uuringus osalenud eksperdid leiavad, et järkjärgulised jõupingutused võivad viia märkimisväärsete edusammudeni, eriti kui biokütuse turg jõuab oma arengu hilisemasse etappi. Kui biokütusesse investeeritakse rohkem raha, muutub tootmine standardiseeritumaks, müüdavamaks ja majanduslikult elujõulisemaks. Uuringus osalenud eksperdid leiavad, et biokütuse hinnavahe kompenseerimine on oluline süsinikuneutraalsuse eesmärkide saavutamiseks, kuid biokütuse hinnavahe kompenseerimine on 2024. a seisuga puudulik (Harrison-Byrne, Zistler, & Moussy, 2024).

Prantsusmaa lennufirma *Air France* korporatiivse sekretäri Alexandre Boissyga tehtud intervjuus märkis Boissy, et kuigi biokütuse kasutuselevõtu eesmärkide saavutamine lennundussektoris on kulukas, on biokütuse kasutamine lennundussektoris äärmiselt vajalik (Boissy, 2024). Tsiteerides Boissyt „Uuringud näitavad, et õhustranspordi osakaal ülemaailmsetes kasvuhooonegaaside heitkogustes kõigub umbes 5% (süsinikdioksiidi välised heiteid arvestades). See on märkimisväärne osa kasvuhooonegaase, mida tuleb kõigi vahenditega vähendada (Boissy, 2024)“. Alexandre Boissy tõi IATAle antud intervjuus välja, et lennunduse kohta on levinud väärarvamus, et lennukiga lendavad ainult rikkad. Tegelikult on olukord vastupidine - lennureisijate arv on pidevas kasvutrendis. 2005. a - 2019. a vähenes lennufirma *Air France* süsinikdioksiidi heite kogus absoluutväärtuses 6%, samal ajal kui lennuliiklus kasvas 32% (Boissy, 2024). Lennunduse negatiivsest keskkonnamõjust annab märku 2019. a aprillis avaldatud EL-i nimekiri, mis paigutas lennufirma Ryanairi Euroopa kümne suurima süsinikuheite tekitaja hulka. Grupeerides lennufirma Ryanairi ettevõtetega, kes käitavad söekütetel töötavaid elektri jaamu (Birnbaum, 2019).

Kokkuvõttes nõuab lennundussektori süsinikuneutraalsuse saavutamine suuri tehnoloogilisi uuendusi, investeringuid ja avaliku sektori toetust (Boissy, 2024). Euroopa lennunduseksperptide sõnul on biokütuste kasutamine üks kiiremaid viise, kuidas lennunduses süsinikdioksiidi heidet vähendada (Bardon & Massol, 2025). Kuid lennuki biokütus on 2025. a kevade seisuga kallis ja raskesti kättesaadav, mis teeb biokütuse kasutamise keeruliseks (Mäesepp, 2024). Lennunduseksperptide hinnangul on vaja investeerida nii biokütusesse kui ka lennufirmadesse, kes kasutavad biokütust suuremas mahus, et välistada oht, et biokütuse kasutusele võtmine mõjub Euroopa lennufirmadele maailma konkurentsiturul negatiivselt (Harrison-Byrne, Zistler, & Moussy, 2024). Siiski on lennunduseksperdid arvamusel, et

biokütuse kasutuselevõtt lennundussektoris on küll kallis, kuid hädavajalik, et võidelda kliimamuutustega (Boissy, 2024). Lennundusekspertide sõnul sõltub lennundusektori biokütuse kasutuselevõtu edu tasakaalu leidmisest kestliku lennunduse ja lennundusektori konkurentsivõime säilitamise vahel (Bardon & Massol, 2025).

3.3 Eesti ekspertide hinnangud biokütuse võimalustest ja väljakutsetest

Intervjueeritud lennundusekspertid olid enamasti sama meelt ning nende tsitaadid on esitatud nende arvamuste illustreerimiseks. Ekspertide arvamused biokütuse kasutuselevõtu mõju kohta Eesti lennundussektoris kattusid, kuid intervjueeritavad olid kohati erinevatel arvamustel kõige efektiivsema poliitikakujunduse võtte küsimustes, näiteks kas muudatused peaksid algama üksikisikust või tuleks muudatusi teha võimalikult laia haardega. Biokütuse kasutuselevõtus on lennundusekspertide sõnul veel palju lahtiseid otsi, kuna biokütus ei ole 2025. a kevade seisuga veel Eestisse jõudnud. Esimene kogus biokütust jõuab Eestisse ekspertide sõnul 2025. a teises pooles. Seni on olnud Eesti lennufirmade lähenemised biokütusele erinevad. On lennufirmasid, kes soovisid biokütusega tegeleda juba enne, kui biokütuse kasutamine kohustuslikuks muutus, kuid on ka lennufirmasid, kes suhtuvad biokütuse kasutuselevõttu skeptilisemalt. Intervjueeritavad usuvad, et reaalne tagasiside biokütuse kasutuselevõttule ilmneb alles siis, kui esimene kogus biokütust on Eestisse jõudnud ja lennufirmad saavad realselt tunnetada, kui palju biokütuse hind on kallim võrreldes tavapärase lennukikütuse hinnaga.

Põhjuseks, miks biokütus Eestisse jõuab alles 2025. a teises pooles, tõid intervjueeritavad välja taristu puudujäägid ja Eesti geograafilise asukoha. Tsiteerides intervjueeritavat A: „Meil ei ole praegu biokütust, sest biokütuse saamine Eestisse on problemaatiline ja biokütuse nõudlus ei vasta pakkumisele.“ Intervjueeritav E tõi välja, et Eesti lennundussektor sõltub praegu ainult ühest kütusetarnijast, seetõttu on kättesaadavus praegu biokütuse juures suur küsimus, kuna väga häid alternatiive ei ole. Intervjueeritav D tõi välja, et Eesti lennundusektori väljakutseks on Tallinna Lennujaama geograafiline paiknemine Riia ja Helsingi lennujaamade vahel. Intervjueeritava E hinnangul on määruse (EL) 2023/2405 nõuete täitmine Eesti geograafilise asukoha tõttu keeruline. Tsiteerides intervjueeritavat E „Biokütuse saamine on keeruline, eriti Eestis, kus me oleme Euroopa Ida osas, ilma tootmisvõimaluseta, kus me sõltume väga palju teiste riikide tootmisvõimekusest“. Intervjueeritav D tõi välja, et biokütuse tarnimiseks ettevalmistamine nõudis täiendavaid ressursse. Kuna biokütuse kasutuselevõtt nõudis

ulatuslikke tarkvara arendusi ja Euroopa Komisjonilt tuleb pidevalt uut teavet, mis tähendab, et Eesti lennundussektor peab jooksvalt muudatustega kohanema.

Intervjueeritav C kirjeldas Eesti praegust olukorda järgnevalt „Ma arvan, et oleme selles olukorras, kus püüame teha kõike, mida vaja, kuid oleme siiski väikesed ja jääme mõnes mõttes maha. Raske on olla eesrindlik ja saavutada juhtpositsiooni. Praegu tundub, et me ei suuda nende tegevustega, mis toimuvad sammu pidada. Kuid ma ei ütleks, et me oleks rongist maast, vaid pigem kuskil rongi tagaosas“. Ekspertide sõnul ei ole Eesti ainuke riik, kus biokütust ei võetud kasutusele 2025. a jaanuaris. Tsiteerides intervjueeritavat C „Paljud teised riigid, nagu Läti ja Leedu, on minu teada samuti sarnases seisus. Sama kehtib ka Rumeenia, Bulgaaria, Ungari, Sloveenia ja Slovakkia kohta.“ Intervjueeritava D hinnangul on Eesti biokütuse kasutuselevõtu osas mõningatest teistest riikidest mõnevõrra eespool. Selle edu üheks peamiseks teguriks on kütusetarnijate, lennufirmade ja avaliku sektori vaheline efektiivne, kiire ning tulemuslik koostöö.

Intervjueeritavad A, B ja C tõid välja, et üks peamisi muresid biokütuse kasutuselevõtul Eesti lennundussektoris on ressursipuudus nii Eesti avalikus sektoris kui ka lennufirmades. A, B ja C intervjuudest selgus, et Eestis hakati biokütusega tegelema liiga hilja. Intervjueeritava A hinnangul oli määruse (EL) 2023/2405 kehtima hakkamine Eestile ette teada, kuid siiski üllatav. Intervjueeritav A tõi välja, et enne määruse (EL) 2023/2405 kehtima hakkamist ei olnud Eesti avalik sektor piisavalt informeeritud määrusega (EL) 2023/2405 tulenevatest kohustustest. Intervjueeritava C sõnul oleks pidanud määrusest (EL) 2023/2405 teavitamine algama neli kuni viis aastat tagasi, et Eesti lennundussektor oleks saanud muudatustele teadlikumalt vastu minna. Intervjueeritavad A, B, C ja D tõid välja, et Eesti lennundussektor läheb muudatustega kaasa, selle asemel, et olla muudatuste eesvedaja. Eesti lennundussektorit mõjutab lennundusekspertide hinnangul rohkem kui näiteks Taanit, kuna eestlaste hinnatundlikkus on suurem ja eestlaste teadlikkus rohepöördest väiksem.

Biokütusest tulenevad väljakutsed Eesti lennundussektorile

Intervjueeritavad tõid välja kolm peamist biokütuse kasutuselevõttust tulenevat väljakutset Eesti lennundussektorile, nendeks on konkurents, määruse ühtne täitmise nõue kõikidele Euroopa riikidele ja biokütuse kasutuselevõtu võimalik mõju lennufirmade majanduslikele tulemustele. Intervjueeritava D arvates on biokütuse kasutuselevõtu üks olulisemaid väljakutseid, et iga inimene mõistaks selle vajalikkust. Lennundussektori biokütuse kasutuselevõtu suurimaks väljakutseks on tekitada indiviidi tasemel arusaam, miks eelistada

lennufirmasid, kes kasutavad biokütust. Intervjueeritav E tõi välja, et biokütuse kasutuselevõtu suurim võimalus on väikeste sammude haaval jõuda suure eesmärgini. Suurim risk biokütuse kasutuselevõtu puhul on intervjueeritavate sõnul konkurents Euroopa väliste riikidega. Intervjueeritava B sõnul on Ameerika juba loobunud erinevatest biokütuse kasutuselevõtu lepetest, mis võib raskendada Euroopa lennufirmade konkurentsivõimet biokütusega kaasnevate lisakulude tõttu. Intervjueeritav B märkis, et EL liigub küll õiges suunas, kuid tuleks rohkem keskenduda sellele, et ka suured maailma majanduspiirkonnad biokütuse kasutuselevõtuga kaasa tuleksid ja sõlmida kokkulepped, millega liituksid ka teised suured maailma majanduspiirkonnad.

Intervjueeritav B tõi välja, et kõik suured arengud algavad väikestest, kuid suure pildis on biokütuse kasutuselevõttust Euroopa tasandil vähe kasu, kui lennundussektori biokütuse kasutuselevõttu ei suudeta läbi viia globaalselt (kaasata ka näiteks Hiina ja Ameerika). Tsiteerides intervjueeritavat B: „Kui me tekitame olukorra, kus Euroopa lennureisijale läheb Ameerikasse lendamine oluliselt kallimaks kui see on Ameerika lennureisijale, siis see tähendab seda, et me mängime oma lennufirmad konkurentsist välja ja see ei tohiks olla biokütuse kasutuselevõtu tagajärg.“ Intervjueeritav A tõi biokütuse kasutuselevõtu suure väljakutsena välja biokütuse tootmise kulu alandamise. Intervjueeritav D tõi välja, et kui Eestis biokütuse hind on tunduvalt kallim kui mujal Euroopas, siis võib see mõjutada lennufirmade lennuliine negatiivselt. Kuid intervjueeritav usub, et biokütuse hinna erinevus riikide vahel ei ole nii suur, et lennufirmad selle järgi oma lennuliinides olulisi muudatusi teeks. Intervjueeritavad A ja B tõid välja, et arvestades biokütuse kallidust, on oht, et Euroopa jõuab olukorda, kus lennundussektor on küll väga kestlik, kuid biokütuse kõrge hinna tõttu jäävad Euroopa lennufirmad konkurentsist välja.

Intervjueeritav C tõi välja, et tema hinnangul on Eesti lennufirmadele suurem väljakutse määrusest (EL) 2023/2405 tulenev kütuse tankimise nõue, mille järgi tuleb igas EL-i lennujaamas tankida 90% lennukikütusest, mida lennuk järgmisel marsruudil vajab. Tsiteerides intervjueeritavat C: „Kui lennufirmad, mis lendavad Tallinn - Helsingi liini, tankisid varem seal, kus neil oli mugavam, siis nüüd peavad nad tankima nii Tallinnas kui ka Helsingis. See tähendab, et lennujaamades tuleb teha lisa protseduure, näiteks kutsuda kohale kütuseauto. Kokkuvõttes võib määrusest tulenev tankimisnõue osutada vähem keskkonnasõbralikuks, kui lennuki tankimine ainult Tallinnas või Helsingis.“ Intervjueeritavad A ja C juhtisid tähelepanu, et EASA nõuded kehtivad nii suurtele kui ka väikestele lennufirmadele ühte moodi. Näiteks kehtivad *NyxAirile* ja *Air Francele* samad kohustused. See loob olukorra, kus EASA nõuded

aitavad küll üldiselt lennundussektorit parendada, kuid ei õigusta ennast väiksemate lennufirmade puhul. Intervjueeritav C märkis, et Tallinn-Helsinki ja Tallinn-Tenerife lennuliinidel kehtivad samad nõuded, kuigi tegemist on vahemaalt väga erinevate lennuliinidega.

Intervjueeritavate sõnul jääb lahtiseks küsimus, kas biokütus mõjutab ettevõtete majanduslikke tulemusi sellisel määral, et Eesti lennundusettevõtetel võib tulla majanduslikke raskusi. Positiivse küljena tõid intervjueeritavad B ja C välja, et biokütuse kasutuselevõttu lennunduses saab kasutada Eesti lennufirmades ka turunduslikul eesmärgil. Sellisel juhul tekib küsimus reisijate teadlikkuse kohta, ehk kui teadlikud on reisijad sellest, et nad otsustavad konkreetse lennufirma kasuks, kuna see lennufirma on kestlik. Intervjueeritav C tõi välja, et lennupiletite hinnad lähevad küll kallimaks, kuid intervjueeritava C hinnangul on biokütuse kasutuselevõtu näol tegemist muutusega, millega kohanetakse. Intervjueeritava C hinnangul ei tohiks biokütuse kasutuselevõtt avaldada Eesti lennundussektorile pikas perspektiivis olulist mõju. Intervjueeritav E tõi välja, et biokütuse kasutuselevõtt annab võimaluse teha Eesti lennundussektoril koostööd nii omavahel, kui ka teiste Euroopa riikide lennufirmadega. Koostöös on võimalik leida kõige optimaalsemad lahendused biokütuse kasutamiseks. Intervjueeritava E hinnangul mängib Eesti Lennundusklasterselles protsessis positiivset rolli. Lennundusklasters annab olulise strateegilise eelise Eesti lennundussektorile, sest katuseorganisatsioonina on selle hääl poliitikakujundajate juures mõjusam kui üksikutel ettevõtetel. Siiski on Lennundusklastri potentsiaal praegu piiratud, kuna selle juhatuses osalevad inimesed tegelevad paralleelselt ka oma põhitööga. Eesti Lennundusklasters on Eesti lennundusega seotud ettevõtteid ja organisatsioone hõlmav ühendus (Eesti Lennundusklasters).

Biokütuse kasutuselevõtu majanduslik mõju

Intervjueeritavad A, B ja E leidsid, et potentsiaalne mõju Eesti lennundussektorile biokütuse kasutuselevõtu puhul on, et lendamine läheb kallimaks. Intervjueeritav A tõi välja, et biokütuse kasutuselevõtt mõjutab nii reisijaid kui ka lennufirmasid. Lennufirmad peavad otsima kohti, kus kallim kütusehind millegi arvelt kompenseerida. Intervjueeritav B tõi välja, et tekib küsimus, kas riik on valmis kallimat kütust kuidagi kompenseerima, et Eesti lennureisijatele lennupiletite hinnad väga palju kallimaks ei läheks. Intervjueeritav A tõi välja, et biokütuse kasutuselevõtu eduks on vaja inimeste majanduslikku olukorda parandada. Nii intervjueeritavad A kui ka B tõid välja, et keskkonnasõbralike valikuid teevad inimesed, kelle esmatarbe vajadused on täidetud. Tsiteerides intervjueeritavat A: „Kuna biokütuse

kasutuselevõtu protsent iga-aastaga tõuseb, on oht, et inimeste võimekus ei jõua biokütusega kaasnevale hinnatõusule järgi, mille tõttu lendamine võib väheneda.“

Intervjueeritavate sõnul ei ole Eesti lennundussektor väga suur ja Eesti lennufirmad ei ole kõige jõukamad. Seetõttu on muret tekitav küsimus, kuidas Eesti lennufirmad tulevad toime täiendavate kuludega, mida biokütuse kasutuselevõtt intervjueeritavate sõnul paratamatult kaasa toob. Intervjueeritavad D ja E tõid välja, et Eesti lennundussektori väiksuse positiivne külg on kiire seadusandlus. Intervjueeritav E tõi välja, et Eesti lennundussektori väiksus on biokütuse kasutamisel eeliseks. Eestis on lennufirmasid vähe, mis tõttu on avalikul sektoril võimalus lennufirmadega tihedamalt suhelda ja aidata lennufirmadel luua suhteid kütusetarnijatega. Intervjueeritav E tõi välja, et Eestis on mõeldud ka lennufirmade peale juhul, kui biokütust ei ole Eestis saadaval piisavas mahus, et tagada lennufirmade biokütuse vajadus. Eesti avalik sektor on mõelnud selliseks juhuks välja varuplaani, mis välistab lennufirmade trahvimise ja on mõeldud lennufirmade järgi aitamiseks.

Intervjueeritav D tõi välja, et praegu ei ole Eestis biokütuse tootmise võimalust. Intervjueeritava D sõnul mujal riikides, kus toodetakse fossiilseid kütuseid on biokütuse tööstusüksuse rajamine kiirem, tänu olemasolevale taristule ja personalile. Intervjueeritava D sõnul on Eesti väljakutse biokütuse tööstusüksude rajamine, kuna suurte investeeringute puhul tuleb Eestis mängu Nimby efekt. Nimby efekt on akronüüm inglise keelsest suhtumisest „Not in My Back Yard“. Nimby efektiks nimetatakse inimeste argumente, kes on oma lähikonnas arengu vastu, kuid ei ole sarnase arengu vastu mujal (Hubbard, 2009, lk 444-449). Intervjueeritav D tõi välja, et kui Eestis on soovitud teha suuremaid investeeringuid, siis need on jäänud tihti kohaliku omavalitsuse või kogukonna vastukaja taha. Intervjueeritav D tõi välja, et kuna praegu puudub Eestis biokütuse tootmise võimalus on Tallinna lennujaamas biokütus ka võrreldes suuremate Euroopa lennujaamadega kallim. Intervjueeritav D tõi välja, et Eestis muudab biokütuse kasutuselevõtt 2025. a kütuse koguhinda u 7%, kui kulu kütusele on lennufirma opereerimisel umbes 30%, siis kogukulust tõusis lennufirma kulu u 2% biokütuse kasutuselevõtu tõttu. Intervjueeritava hinnangul ei tohiks 2% piletihinna tõus tarbijate käitumist kardinaalselt mõjutada. Intervjueeritav B: „Piletihinnad tõusevad inflatsiooni tõttu juba praegu, kuid reisijate arv on endiselt tõusuteel.“ Intervjueeritav E tõi välja, et on paratamatu, et lennupileti hinnad lähevad kallimaks, kuid biokütusest tulenev hinnamuutus ei ole drastiline.

Intervjueeritavate hinnangul toob biokütus Euroopa lennundussektoris üldise hinnatõusu ja enim mõjutab biokütuse kallis hind odavlennufirmasid, kus hind on peamine faktor, miks

lennufirmaga lendamise kasuks otsustatakse. Intervjueeritav A tõi välja, et kuna määrus (EL) 2023/2405 on suunatud eelkõige suurematele lennufirmadele, jättes arvestamata väikeste lennufirmade eripära, on oht, et väikesed lennufirmad ei tule hinnatõusuga toime. Tsiteerides intervjueeritavat A: „Biokütuse kasutuselevõtt võib viia konkurentsist välja vähem võimekad lennufirmad“. Intervjueeritava E sõnul on Eesti valitsus pööranud tähelepanu sellele, et väiksemate lennundussektoritega riikidel, nagu Eesti, võib olla keeruline biokütust piisavas mahus hankida. Viidates Eesti lennundussektori turu väiksusele Euroopas, on Eesti avalik sektor tõstatanud turu toimimata jätmise probleemid. Tänu Eesti avaliku sektori algatusele on määruses (EL) 2023/2405 nüüd ka tähelepanu pööratud, et väiksemate lennundussektoritega riigid ei pruugi biokütust piisavas mahus saada.

Kuna Eesti lennundussektor on niivõrd väike, tekib küsimus, millises koguses on biokütust mõistlik tuua Euroopa äärepiirkonda, kui biokütust on võimalik müüa suuremas koguses mujale Euroopa riikidesse. Intervjueeritava C hinnangul kui biokütuse kättesaadavusega probleem tekib, siis see ei teki ainult Eestis, vaid laiemalt kogu Euroopas. Intervjueeritav C tõi välja, et kui biokütuse kasutuselevõttuga tekib realselt probleeme, saab määrust alati muuta. Tsiteerides intervjueeritavat C „Väga suure potentsiaaliga eesmärgid on loodud eelkõige selleks, et lennufirmad hakkaksid tegutsema. Biokütuse kättesaadavus ei ole ainult Eesti probleem.“. Mida väiksem on tellimuse maht, seda kallim on kütuse liitri hind. Tsiteerides intervjueeritavat E “Väikesed mahud ei too kindlasti kaasa endaga head hinda”. Intervjueeritav D tõi välja, et Eestis puudub mastaabiefekt. Mastaabiefekt on olukord, kus kõigi tootmissisendite ühesugusel määral suurendamisel kasvab toodangu maht sellest vähem või rohkem (Eesti Keele Instituut). Eesti lennundussektori biokütuse ostu puhul on Eestis kallim osta biokütust võrreldes Euroopa suuremate riikidega, sest biokütuse maht, mida Eestisse ostetakse on väike.

Biokütuse potentsiaal Eestis

Kõik intervjueeritavad nägid biokütuse positiivse küljena innovatsiooni. Toodi välja, et Eestis on kõrge haridustase ja väike lennundussektor, mille tõttu võiks Eesti eesmärk olla oma vajadustele biokütust ise toota ning tulevikus seda ka eksportida. Tsiteerides intervjueeritavat B: „Eestis eksporditakse suures osas puidugraanuleid. Küsimus on selles, kas puidu pressimine graanuliteks ja nende eksportimine annab sellele puidule maksimaalse võimaliku lisandväärtuse. Võib-olla võiksime selle asemel luua midagi suuremat või väärtuslikumat.“ Intervjueeritav B leidis, et biokütuse tootmine võiks Eestis olla vahend, millega meelitada riiki uusi investoreid. Tsiteerides intervjueeritavat B „Kui Eesti riigi valitsus panustaks piisavalt

biokütuse arendamisse, võiks sellest saada uus Eesti edulugu, sarnaselt startup-ettevõtetele“. Intervjueeritav D tõi biokütuse kasutuselevõtu võimalusena välja, et biokütuse kasutamine tekitab Eestile võimaluse kütust kohalikult toota. Intervjueeritav D tõi välja, et kui praegu suurem osa, laias laastus 100%, tavapärasest lennukikütustest imporditakse, siis biokütuste kohapealne tootmine toob Eestile juurde töökohti, uusi investeeringuid ja aitaks parandada väliskaubanduse bilanssi, kuna kütus on kallis kaup ning avaldab olulist mõju kaubavahetuse bilansile. Intervjueeritav E tõi välja, et projekt Eesti võimekuse mõõtmiseks biokütuse tootmisel koostöös Lätiga juba käib. Intervjueeritav E hinnangul on ühiseturu kontekstis Eestil ja Lätil oma tugevusi kokku pannes väga hea potentsiaal biokütuse tootmiseks ka investorite kontekstis, lisaks on Eestis väga tugevad sidemed Skandinaaviaga, sealjuures Soome kütusetootjaga Neste. Intervjueeritava E sõnul on Läti ja Eesti ühiste uuringute järgi Eestil potentsiaali hakata biokütust tootma alates 2030. a.

4 ETTEPANEKUD EESTI LENNUNDUSPOLIITIKALE

Kuigi välised muutused mõjutavad mingil moel kõiki ettevõtteid on ettevõtte suurus üks keskseid eristavaid tegureid, mis eristab nende kogemusi, haavatavust ja vastupanuvõimet muutustele (Miklian & Hoelscher, 2021). Väikeettevõtted on väliste muutuste suhtes haavatavamad, kuna nende finantsiline olukord on sageli tasakaalu piiril ja neil puuduvad märkimisväärsed säästud, mis võimaldaksid neil raskete aegade toime tulla (Miklian & Hoelscher, 2021). Mitme järjestiku kriisi tulemusena, mis mõjutasid tugevalt lennundust, on lennundussektor kergesti haavatav ja lennufirmad tundlikud erinevate väliste muutuste ja regulatiivsete muudatuste suhtes (Nizam, Hashim, Bahrudin, & Arifin, 2021). Intervjueritavad kirjeldasid Eesti lennundussektorit kui väikest ja piiratud maksevõimega. Seetõttu võib järeldada, et Eesti lennundussektor on oma väiksuse ja piiratud finantsvõimekuse tõttu eriti haavatav väliste muutuste suhtes, mis piirab Eesti lennundussektori kohanemis- ja vastupanuvõimet võrreldes suuremate EL riikidega.

COVID-19 järelmõjusid kogetakse lennundussektoris veel endiselt nii tööjõupuuduse, logistikaprobleemide kui ka tarneahela kitsaskohtade näol. Peale COVID-19 on lennundussektori taastumine ebahütlane, varieerudes piirkonniti ja ametikohtade järgi (Sun, Wandelt, & Zhang, 2023). Lennundussektor seisab siiani silmitsi ka Venemaa-Ukraina sõjast tulenevate väljakutsetega, milleks on rahvusvahelised pinged ja kütusehindade volatiilsus (IATA, 2022). Lennuki biokütus on 2025. a kevade seisuga kallid ja raskesti kättesaadav, mis teeb biokütuse kasutamise keeruliseks (Mäesepp, 2024). Intervjueritavad A ja B tõid välja, et arvestades biokütuse kallidust, on oht, et Euroopa jõuab olukorda, kus lennundussektor on küll väga kestlik, kuid biokütuse kõrge hinna tõttu jäävad Euroopa lennufirmad konkurentsist välja.

Intervjueritavad tõid välja kolm peamist biokütuse kasutuselevõttust tulenevat väljakutset Eesti lennundussektorile, nendeks on konkurents, määruse ühtne täitmise nõue kõikidele Euroopa riikidele ja biokütuse kasutuselevõtu võimalik mõju lennufirmade majanduslikele tulemustele. Intervjueritavate hinnangul on vaja investeerida nii biokütusesse kui ka lennufirmadesse, kes kasutavad biokütust, et välistada oht, et biokütuse kasutuselevõtt mõjub Euroopa lennufirmadele maailma konkurentsiturul negatiivselt. Euroopa lennufirmad peavad investeerima märkimisväärsed summasid biokütuse kasutuselevõtuks, mis omakorda tõstab lennupiletite hindu. Lennundussektori süsinikuneutraalsuse saavutamine nõuab suuri tehnoloogilisi uuendusi, suuri investeeringuid ja avaliku sektori toetust (Boissy, 2024). 2025. a kevade seisuga ei ole Eestis veel biokütus kasutusele võetud. Intervjueritavad tõid biokütuse

kasutuselevõtu probleemina Eestis välja biokütuse kättesaadavuse. Intervjuueritavad tõstatisid küsimuse - millises koguses on biokütust mõistlik tuua Euroopa äärepiirkonda, kui biokütust on võimalik müüa suuremas mahus mujale Euroopa riikidesse. Intervjuueritavad tõdesid, et biokütuse kasutuselevõtuga muutub lendamine tõenäoliselt kallimaks ja lennufirmad peavad seetõttu leidma viise, kuidas kompenseerida kõrgemat kütusehinda. Intervjuudest ilmneb, et kuigi Eestis ei ole 2025. a kevade seisuga veel biokütust kasutusele võetud, on biokütuse tarnimiseks ettevalmistamine nõudnud täiendavaid ressursse. Intervjuueritavate hinnangul on Eesti lennundussektor pigem muudatustele reageerija kui nende algataja. Kokkuvõtlikult peeti sektori rolli muudatuste ajal passiivseks - ollakse pigem järgija kui suunaja. Lähtudes Euroopa ja Eesti lennundusekspertide hinnangutest, esitasin oma magistritöös Eesti avalikule sektorile kolm ettepanekut, kuidas lennundussektorit arendada ja täiustada, võttes arvesse muudatusi, mis tulenevad määrusest (EL) 2023/2405 ning selle rakendamise käigus saadud kogemusi.

Panustada biokütuse tootmisesse

2025. a kevade seisuga ei kasutata Eestis lennukite biokütust, intervjuueritavate hinnangul võiks biokütuse kasutamine Eestis alata 2025. a teisel poolel. Samal ajal on mitmetes teistes Euroopa riigi lennujaamades biokütust juba laialdaselt kasutusel, pakkudes tõhusamat ja keskkonnasõbralikumalt alternatiivi tavapärasele lennukikütusele. 2025. a jaanuari seisuga on biokütuse kasutamise mandaat kehtestatud kahes ELi liikmesriigis: Rootsis ja Prantsusmaal. Lennujaamad EL-is, mis 2025. a jaanuari seisuga biokütust pakuvad asuvad Hispaanias, Portugalis, Itaalias, Hollandis, Belgias ja Saksamaal. EL-i riigid, mille riiklikud lennufirmad kasutavad biokütust on Taani, Soome, Kreeka ja Holland (Eurocontrol, 2025). Biokütuse murekohaks on vähene tootmiskaht, tooraine kättesaadavus ja logistilised kulud. Eesti olukord biokütuse kasutuselevõtuga on veelgi keerulisem võrreldes muu Euroopaga, kuna puuduvad kohalikud tootmisvõimalused ja Eesti asub logistiliselt Euroopa äärealal. Olenevalt tavapärase lennukikütuse maailmaturu hinnast tõstab 2% biokütuse lisamine 2025. a Eestis kütuse koguhinda umbes 6% (Mäesepp, 2024).

Intervjuueritavate sõnul võiks Eesti kõrge haridustaseme ja väikese lennundussektori tõttu, seada eesmärgiks oma vajaduste katmiseks biokütust ise toota ning tulevikus kohaliku biokütust mujale EL riikidesse eksportida. Intervjuueritava E hinnangul oleks biokütuse tootmine Eestis võimalus meelitada riiki uusi investoreid, aidates kaasa majanduse arengule. Selle saavutamiseks peab Eesti avalik sektor investeerima rohkem biokütuse arendusse. Kohalik biokütuse tootmine looks Eestisse uusi töökohti, tooks kaasa täiendavaid investeeringuid ja parandaks väliskaubanduse bilanssi. Kuna kütus on kallis kaup, avaldaks

selle tootmine märkimisväärset mõju ka kaubavahetuse tasakaalule. Minu magistritöö raames ei anta soovitusi Eesti biokütuse tootmise kohta, kuna kasutatud metoodika ei võimalda teha järeldusi ega anda soovitusi biokütuse tootmistehnoloogiate osas. Eestis on juba tehtud esimesed sammud kohaliku biokütuse tootmise arendamise suunas - 2024. a oktoobris käivitati koostöös Lätiga projekt, mille eesmärk on uurida kestlike lennukikütuste tootmise võimalusi nii Eestis kui ka Lätis. Projekt lõppeb 31.novembril 2025. a (Torjus, 2024).

Intervjueeritava E sõnul on Läti ja Eesti ühiste uuringute järgi Eestil potentsiaali hakata biokütust tootma alates 2030. a. Eesti lennundussektori väiksus võib olla biokütuse tootmise juures eeliseks, kuna väiksemate mahtude tõttu on kohaliku vajaduse katmine biokütuse osas lihtsam. Erinevalt suurematest lennundusturgudest, kus nõudlus on oluliselt suurem ja seetõttu keerukam täita, pakub Eesti madalam mahutase võimalust keskenduda efektiivsele kohaliku tootmise süsteemile ilma, et oleks vaja rajada massiivset tootmistaristut. Selline lähenemine võib võimaldada Eestis katsetada biokütuse lahendusi ja optimeerida tootmisprotsesse, mis võib omakorda aidata luua jätkusuutlikuma ning konkurentsivõimelisema tootmismudeli tulevikuks. Seega väiksus ei pruugi alati olla piirang - biokütuse kasutuselevõtu puhul võib Eesti lennundussektori väiksus luua hoopis uusi võimalusi. Tootes ise biokütust muutub ka tarbija käitumine, kuna lennates biokütusena saab eestlane toetada ka kohaliku majandust, mis tähendab, et inimesel tekib tugevam side Eestis toodetud biokütusega. Uuringute järgi on oluline reisijatele hind, lojaalsus kodustele lennufirmadele ja lendude aeg (Airport cooperative research program, 2013). Kuna Eestis puudub rahvuslik lennufirma, võiks reisijate lojaalsust siduda sellega, et reisijad valivad lennufirmad, mis kasutavad Eestis toodetud biokütust.

Toetada kestlike lennufirmasid ja selle kaudu jätta lendamine kättesaadavaks.

Lennufirmad seisavad peale COVID-19 kui ka Venemaa-Ukraina sõda silmitsi rahaliste raskustega, sealhulgas likviidsuskriisi ja maksejõuetuse riskiga (Teusch & Ribansky, 2021). Intervjueeritavad A, B ja E leidsid, et lendamine läheb kallimaks. Uuringute järgi on lennureisijatele oluline hind, lojaalsus kodustele lennufirmadele (näiteks soomlased on nõus rohkem maksma, et lennata Soome rahvusliku lennufirmaga Finnair) ja lendude aeg (Airport cooperative research program, 2013). Kuna Eestil puudub riiklik lennufirma ja Eesti lennufirmad ei paku liinilende, ei ole lojaalsus määrav tegur eestlaste lennufirma valikul. Samal ajal, suure inflatsiooni tõttu tunnevad ligi pooled Eesti elanikud ennast majanduslikult ebakindlalt (Valitsuse kommunikatsioonibüroo, 2024). Statistikaameti arvutuste kohaselt on hinnad Eestis viimase kolme aastaga tõusnud ligi 40% (Aaspõllu, 2024). Riikides, kus inflatsioon on kõrge, suureneb sageli hinnatundlikkus, kuna tarbijad ja ettevõtted muutuvad

kulutuste ning hinnakujundusotsuste osas ettevaatlikumaks. Inflatsioon mõjutab inimeste ostukäitumist ja turudünaamikat (Attinasi & Balatti, 2021). 2024. a uuringute järgi on Eestis vaid 46% elanikest valmis jätkusuutlikute toodete ja teenuste eest rohkem maksma, samal ajal kui EL-i keskmine on 60% (European Commission, 2025). Intervjueeritavate sõnul peavad lennufirmad leidma võimalusi, kuidas kallima kütusehinna mõju kompenseerida. Kui lennufirmal on võimalus suurenenud kulusid täielikult oma piletihindadesse üle kanda, katavad kõik need kulud reisijad, kes pileteid ostavad (Koopmans & Lieshout, 2025). Teisisõnu lennufirma ei kannu ise otsest rahalist kahju, kuna nad suudavad kulude suurenemise kompenseerida piletihindade tõstmise kaudu. Intervjueeritav B tõstatab küsimuse, kas riik oleks valmis kuidagi kompenseerima kallimat biokütuse maksumust, et Eesti lennureisijatele ei tõuseks pileti hinnad märkimisväärselt. Kui avalik sektor toetab biokütust kasutavaid lennufirmasid, aitab see hoida lennufirmadel, mis kasutavad biokütust, pileti hinnad madalamal. See mõjutab lennureisijate käitumist ja reisimisotsuseid, võimaldades lennureisijatel soetada lennupileteid soodsamalt, samal ajal suunates lennureisijaid valima kestlike lennufirmasid.

Teistes Euroopa riikides juba toetatakse biokütusel lendavaid lennufirmasid. 2022-2024. a soodustas lennujaam Schiphol biokütuse ostmist, subsideerides lisakulu. Selle tulemusena kasutasid lennufirmad 2022. a - 2024. a enam kui 40 000 tonni biokütust (Schipol Airport, 2024). Swedavia on Rootsi riigiettevõtte, mis omab ja haldab kümnet Rootsi kõige suurema reisijate arvuga lennujaama (Swedavia, 2025). Swedavia pakub lennufirmadele võimalust saada kuni 50% soodustust lisatasudest, kui lennufirmad kasutavad biokütust (Swedavia, 2024). Müncheni lennujaamas pakutakse lennufirmadele tasuta teenuseid, mis hõlmavad biokütuse ladustamist ja transportimist lennukiteni (ACI Europe). See tähendab, et biokütuse hoidmine ja selle transportimine ladustamiskohast lennukini on lennufirmadele lisakuludeta korraldatud. Brüsseli lennujaamas saavad biokütust kasutavad lennufirmad toetust kuni 200 000 eurot biokütuse kasutamise eest, mis katab 80% biokütusega kaasnevatest lisakuludest (ACI Europe). Sarnaselt eeltoodud riikidele võiks ka Eesti avalik sektor toetada biokütust kasutavaid lennufirmasid, pakkudes Tallinna Lennujaamas biokütust kasutavatele lennufirmadele soodustusi. Kuna eestlased on äärmiselt hinnatundlikud mõjutab eestlaste tarbimisharjumusi lennupiletite hind. Kui Eesti avalik sektor toetab lennufirmasid, mis kasutavad biokütust, aitab see hoida pileti hinnad kestlikel lennufirmadel madalamad. Seega saavad lennureisijad osta lennupileteid soodsama hinnaga, kui nad muidu maksaksid, kui lennufirmad peaksid kõik biokütuse kulud ise katma.

Alustada muudatustest teavitamist varem

Intervjueeritavate A, B ja C arvates alustati Eestis biokütuse kasutuselevõtu edendamist liiga hilja, kuna puudusid edendamise jaoks vajalikud ressursid. Eurocontroli ja Euroopa Tsiviillennunduse organisatsiooni (inglise keeles *European Civil Aviation Conference*) 2023.a tehtud kokkuvõtte järgi, mis kajastab biokütuse kasutamise olukorda, ei olnud Eesti biokütuse kasutamise kohta 2023. a informatsiooni saadaval (vt Tabel 2) (European Commission, 2023).

Tabel 2 Biokütuse kasutamine Euroopa Liidus 2023. aasta seisuga (European Commission, 2023; autori kohandatud)

| Biokütuse kasutamine Euroopa Liidus 2023. aastal | | | |
|--|----------------------|--|--|
| Riik | Informatsioon puudub | Riiklik biokütuse tegevuskava hindamisel | Riiklik biokütuse tegevuskava välja kuulutatud |
| Rootsi | | | ✓ |
| Prantsusmaa | | | ✓ |
| Saksamaa | | | ✓ |
| Hispaania | | ✓ | |
| Austria | | ✓ | |
| Taani | | ✓ | |
| Holland | | ✓ | |
| Soome | | ✓ | |
| Eesti | ✓ | | |
| Läti | ✓ | | |
| Leedu | ✓ | | |
| Luksemburg | ✓ | | |
| Rumeenia | ✓ | | |
| Kreeka | ✓ | | |
| Sloveenia | ✓ | | |
| Itaalia | ✓ | | |
| Malta | ✓ | | |
| Iirimaa | ✓ | | |
| Portugal | ✓ | | |
| Belgia | ✓ | | |
| Bulgaaria | ✓ | | |
| Horvaatia | ✓ | | |
| Küpros | ✓ | | |
| Tšehhi | ✓ | | |
| Slovakkia | ✓ | | |
| Poola | ✓ | | |
| Ungari | ✓ | | |
| Luksemburg | ✓ | | |

Kuigi puudulik informatsioon ei tähenda, et biokütuse arendamiseks ei olnud samme astunud, võib intervjuude põhjal järeldada, et 2023. a uuringute seisuga ei olnud Eestis veel aktiivselt biokütuse kasutuselevõttuga tegelema hakatud. 2025. a kokkuvõttes on Eesti edusammud biokütuse kasutuselevõtus juba esile toodud (vt Tabel 3) (Eurocontrol, 2025).

Tabel 3 Biokütuse kasutamine Euroopa Liidus 2025. aasta seisuga (Eurocontrol, 2025; autori kohandatud)

| Biokütuse kasutamine Euroopa Liidus 2025. aastal | | | |
|---|-----------------------------|--|---|
| Riik | Informatsioon puudub | Riiklik biokütuse tegevuskava väljatöötamisel | Riiklik biokütuse tegevuskava välja kuulutatud |
| Rootsi | | | ✓ |
| Prantsusmaa | | | ✓ |
| Saksamaa | | | ✓ |
| Hispaania | | ✓ | |
| Austria | | ✓ | |
| Taani | | ✓ | |
| Holland | | ✓ | |
| Soome | ✓ | | |
| Eesti | | ✓ | |
| Läti | ✓ | | |
| Leedu | ✓ | | |
| Luksemburg | ✓ | | |
| Rumeenia | ✓ | | |
| Kreeka | ✓ | | |
| Sloveenia | | ✓ | |
| Itaalia | | ✓ | |
| Malta | | ✓ | |
| Iirimaa | | ✓ | |
| Portugal | ✓ | | |
| Belgia | ✓ | | |
| Bulgaaria | ✓ | | |
| Horvaatia | ✓ | | |
| Küpros | ✓ | | |
| Tšehhi | ✓ | | |
| Slovakkia | ✓ | | |
| Poola | ✓ | | |
| Ungari | ✓ | | |
| Luksemburg | ✓ | | |

Intervjueeritavad A, B ja C tõid välja, et üks peamisi muresid biokütuse kasutuselevõtul Eesti lennundussektoris on ressursipuudus nii Eesti avalikus sektoris kui ka lennufirmades. 2024. a suve seisuga on avaliku sektori tööhõive aastavõrdluses kasvutrendis, samas kui erasektor on pidanud töökohti vähendama (Einmaa, 2024). Ajakohaseid uuringuid, mis kajastaksid avaliku sektori ressursi puudust, lähiajal tehtud ei ole. Intervjueeritava A hinnangul oli määruse (EL) 2023/2405 kehtima hakkamine Eestile ette teada, kuid siiski üllatav. Intervjueeritav A tõi välja, et enne määruse (EL) 2023/2405 kehtima hakkamist ei olnud Eesti avalik sektor piisavalt informeeritud määrusest (EL) 2023/2405 tulevatest kohustustest. Intervjueeritava C hinnangul oleks biokütuse kasutuselevõttu teavitamine pidanud algama neli kuni viis aastat varem, et Eesti lennundussektor oleks saanud muudatustele paremini reageerida.

Kuigi määrus (EL) 2023/2405 hakkas kehtima juba 2025. a ja selle teavitustööd ei saa enam muuta, on soovitus hakata edaspidistest regulatiivsetest muudatustest, mis puudutavad lennundussektorit, teavitama varem. Tehtud intervjuude põhjal saab järeldada, et Eesti biokütusele kasutuselevõttu lennundussektoris pärssis avaliku sektori viivitus määruse (EL) 2023/2405 muudatustele reageerimisel. See viivitus avaldas negatiivset mõju määruse (EL) 2023/2405 alusel kehtestatud kohustuste täitmisele. Seetõttu soovitan tuginedes töös tehtud intervjuudele, et Eesti avalik sektor alustaks lennundussektoris kavandatavate muudatuste kommunikeerimist vähemalt neli aastat enne nende jõustumist. Lisaks on oluline tagada spetsialistide õigeaegne kaasamine protsessi. Juhul kui Eestis vajaliku valdkonna spetsialiste ei ole, tuleks alustada spetsialistide koolitamist vähemalt viis aastat enne kavandatavate muudatuste elluviimist.

KOKKUVÕTE

Lennundusel on märkimisväärne keskkonnamõju. EL seab aina enam rõhku kliimasoojenemise vastu võitlemiseks, seda igas võimalikus sektoris. Lennunduse kestlikumaks muutmiseks võeti vastu määrus (EL) 2023/2405, mis jõustus 2025. a. Määrus kohustab EL liikmesriike tagama, et alates 2025. a lennujaamades kasutatava kütuse keskmine biokütuse sisaldus peab olema vähemalt 2%, tõustes 2050. a 70%. Biokütuse saamine on 2025. a kevade seisuga keeruline ja biokütus on oma pika tootmisprotsessi tõttu kallim kui tavapärase lennukikütus. Kuigi Euroopa Komisjon on avaldanud lootust, et biokütuse kättesaadavuse probleem muutub ajas üha vähem aktuaalseks, on lennunduseksperdid välja toonud, et määruses ei ole arvestatud lennureisijate arvu kasvu. Minu töö eesmärk on uurida lennundussektori biokütuse kasutuselevõtu võimalikku tähendust Euroopale, keskendudes Eesti näitele. Uuringus keskendutakse Euroopa Komisjoni määrusest (EL) 2023/2405 tulenevatele biokütuse kasutuselevõtu tegevustele.

Kasutasin kvalitatiivset uurimismeetodit, kuna magistritöö uuris arvamusi kompleksse muutuse kohta. Töö eesmärgi saavutamiseks kasutasin dokumendianalüüsi ja ekspertintervjuusid. Dokumendianalüüsi jaoks materjale otsides pidasin oluliseks, et kasutatud allikad oleksid usaldusväärsed - eelistasin teaduslikke väljaandeid, kuid kasutasin ka ajakirjanduslike allikaid, konverentsi ettekandeid, intervjuusid, jpm, mille puhul hindasin kriitiliselt nende usaldusväärsust, sh päritolu ja faktilist täpsust. Esmalt kaardistasin dokumendid, mida soovisin dokumendianalüüsi jaoks kasutada. Seejärel analüüsisin tekstides esitatud seisukohti, otsides sarnasusi ja erinevusi erinevates allikates esineva teabe vahel. Töös kasutasin ekspertintervjuusid. Ekspertintervjuude puhul annavad intervjuueeritavad tööle väärtuse ekspertidena mingis kindlas valdkonnas (Laherand, 2008). Minu magistritöös annavad intervjuueeritavad tööle väärtuse lennunduse rohepöörde ekspertidena. Intervjuueeritavad on kaasatud magistritöösse kui teatud rühma esindajad. Peale intervjuude läbiviimist transkribeerisin intervjuud, kasutades Tallinna Tehnikaülikooli küberneetika Instituudi foneetika- ja kõnetehnoloogia laboris väljatöötatud tehnoloogiat ja mudeleid. Peale intervjuude transkribeerimist viisin läbi transkribeeritud intervjuude kvalitatiivse sisuanalüüsi.

Töö eesmärgi saavutamiseks püstitasin kolm uurimisküsimust, millele leidsin järgnevad vastused:

Milliseid muutusi toob Euroopa tasandil endaga kaasa biokütuse kasutuselevõtt?

Lennundussektoris kasvav nõudlus biokütuse järele on toonud esile biokütuse potentsiaali, pakkudes erinevaid lahendusi turunõudluse, tootmistehnoloogiate, majandusliku tasuvuse ja keskkonnamõju osas (Wang, Ting, & Zhao, 2024). Euroopa lennunduseksperptide sõnul on biokütuse kasutamine üks kiiremaid viise, kuidas lennunduses süsinikdioksiidi heidet vähendada, kuid sellega kaasnevad kaks peamist väljakutset (Wang, Ting, & Zhao, 2024; Bardon & Massol, 2025). Esimene väljakutse on lühiajaline. Lühiajaline väljakutse seisneb biokütuste tootmise võimekuse suurendamisest. Teine väljakutse on pikaajaline, see väljakutse seisneb mitmekülgsest ressursivajadusest. Pikaajaline väljakutse biokütuse tootmise edendamisel seisneb vajaduses märkimisväärselt suuremate ressursside järele, kui on 2025. a kevade seisuga Euroopas saadaval (Bardon & Massol, 2025).

Biokütuse kasutuselevõtt Euroopas on paljutöötav lahendus lennundussektori süsinikdioksiidi heite vähendamiseks (Wang, Ting, & Zhao, 2024). Kuid lennuki biokütus on 2025. a kevade seisuga kallis ja raskesti kättesaadav, mis teeb biokütuse kasutamise keeruliseks (Mäesepp, 2024). Lennunduseksperptide hinnangul on vaja investeerida nii biokütusesse kui ka lennufirmadesse, kes biokütust kasutavad rohkem, et välistada oht, et biokütuse kasutuselevõtt mõjub Euroopa lennufirmadele maailma konkurentsiturul negatiivselt (Harrison-Byrne, Zistler, & Moussy, 2024). Euroopa lennufirmad peavad investeerima märkimisväärsed summasid biokütuste kasutuselevõtuks, mis omakorda tõstab lennupiletite hindu. Lennundussektori süsinikuneutraalsuse saavutamine nõuab suuri tehnoloogilisi uuendusi, suuri investeeringuid ja avaliku sektori toetust (Boissy, 2024). Kuigi biokütuste kasutuselevõtt nõuab suuri kulutusi ja ressursse võib biokütuse kasutamine vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid kuni 80% kogu elutsükli jooksul võrreldes tavapärase lennukikütusega (Wang, Ting, & Zhao, 2024). EL-i ambitsioonikad biokütuse kasutuselevõtu eesmärgid lennunduses on küll kallid, kuid lennunduseksperptide sõnul hädavajalikud, et võidelda kliimamuutustega. Euroopa lennunduseksperptide sõnul sõltub lennundussektori biokütuse kasutuselevõtu edu tasakaalu leidmisest kestliku lennunduse ja lennundussektori konkurentsivõime säilitamise vahel (Bardon & Massol, 2025).

Milliseid tagajärgi võib biokütuse kasutuselevõtt tuua kaasa Eesti lennundussektorile?

Eestis teeb järelevalvet määruse (EL) 2023/2405 nõuetele vastavuse üle osaliselt Keskkonnaamet ja osaliselt Transpordiamet. Kui lennufirmad, kellele langeb kohustus kasutada biokütust, seda kohustust ei täida, karistatakse neid rahatrahviga, mis on kaks korda

suurem kui tavapärase lennukikütuse ja kestliku lennukikütuse tonni keskmise hinna vahe, korrutatuna tarnimata/kasutamata jäänud kütuse kogusega. Lennufirmasid, kellele biokütuse kasutamine ja aruandlus on kohustuslik, on kokku neli - *Airest*, *Diamond Sky*, *NyxAir* ja *Smartlynx*, kütusetarnijaid on üks - Orlen Eesti (Mäesepp, 2024; European Commission, 2025). Lennundusekspertide sõnul on Eesti lennundussektori biokütuse kasutuselevõtu tuleviku ennustamisel veel palju lahtiseid küsimusi, kuna biokütus ei ole 2025. a kevade seisuga veel Eestisse jõudnud. Usutakse, et reaalne tagasiside biokütuse vastuvõtule ilmneb alles siis, kui esimene kogus biokütust on Eestisse jõudnud ning lennufirmad saavad hinnata, kui palju biokütuse hind erineb tavapärase lennukikütuse hinnast. Intervjueeritavad tõid välja kolm peamist biokütuse kasutuselevõttust tulenevat väljakutset Eesti lennundussektorile, nendeks on konkurents, määruse ühtne täitmise nõue kõikidele Euroopa riikidele ja biokütuse kasutuselevõtu võimalik mõju lennufirmade majanduslikele tulemustele.

Intervjueeritavad leidsid, et biokütuse kasutuselevõttuga muutub lendamine tõenäoliselt kallimaks ning lennufirmad peavad selletõttu leidma viise, kuidas kompenseerida kõrgemat kütusehinda. Intervjueeritavad tõid esile, et Eesti kõrge haridustase ja väike lennundussektor võimaldavad seada eesmärgiks biokütuse isetootmise Eesti oma vajaduste katmiseks ning tulevikus selle eksportimise teistesse EL riikidesse. Biokütuse tootmine Eestis võiks meelitada riiki uusi investoreid ja toetada Eesti majanduse arengut. Selle saavutamiseks peab avalik sektor investeerima biokütuse arendusse. Kohalik biokütuse tootmine aitaks luua uusi töökohti, tuua täiendavaid investeeringuid ning parandada väliskaubanduse bilanssi. Kütuse tootmise kallidus võiks avaldada märkimisväärset positiivset mõju ka kaubavahetuse tasakaalule. Intervjueeritavad märkisid, et Eesti biokütuse kasutuselevõtu edendamist lennundussektoris takistab avaliku sektori hiline reageerimine määruse (EL) 2023/2405 tulenevate muudatustele reageerimisele. See on negatiivselt mõjutanud biokütuse kasutuselevõttu ja määrusest tulenevate kohustuste täitmist.

Kuidas arendada Eesti lennundussektorit, tuginedes biokütuse kasutuselevõttust saadud kogemustele?

Magistritöö tulemusena esitasin avalikule sektorile kolm soovitusi Eesti lennundussektori edendamiseks:

Panustada biokütuse tootmisesse: Eesti lennundussektor võiks seada eesmärgiks biokütuse tootmise oma vajaduste katmiseks, luues võimaluse tulevikus biokütust eksportida teistesse EL riikidesse. Minu magistritöö raames ei anta soovitusi Eesti biokütuse tootmise kohta, kuna kasutatud meetodika ei võimalda teha järeldusi ega anda soovitusi biokütuse tootmistehnoloogiate osas. Eestis on juba tehtud esimesed sammud kohaliku biokütuse tootmise arendamise suunas - 2024. a oktoobris käivitati koostöös Lätiga projekt, mille eesmärk on uurida kestlike lennukikütuste tootmise võimalusi nii Eestis kui ka Lätis. Projekt lõpeb 31. novembril 2025. a (Torjus, 2024). Intervjueeritava E sõnul on Läti ja Eesti ühiste uuringute järgi Eestil potentsiaali hakata biokütust tootma alates 2030. a.

Toetada kestlike lennufirmasid ja tagada lendamise kättesaadavus: Kui lennufirmal on võimalus suurenenud kulusid täielikult oma piletihindadesse üle kanda, katavad kõik need kulud reisijad, kes pileteid ostavad (Koopmans & Lieshout, 2025). Avaliku sektori toetus lennufirmadele, mis kasutavad biokütust, aitab hoida piletihindad madalamad ja tagada lendamise kättesaadavus kestlike lennufirmade kaudu.

Teavitada regulatiivsetest muudatustest varem: Intervjueeritavate hinnangul ei olnud Eesti avalik sektor piisavalt teadlik määrusest (EL) 2023/2405 tulenevatest kohustustest. Intervjueeritavate hinnangul peaks avaliku sektori poolt muudatustest teavitamine algama neli kuni viis aastat enne muudatuste jõustumist. Kuigi käesoleva muudatuse teavitamise osas enam midagi muuta ei saa, on tulevikus soovitatav, et avalik sektor alustaks lennundust puudutavatest regulatiivsetest muudatustest teavitamist neli kuni viis aastat enne nende jõustumist. See annaks Eesti lennundussektorile piisava aja muudatustega kohanemiseks.

Magistritöö annab ülevaate biokütuse mõjust Eesti lennundussektorile 2025. a kevade seisuga ja annab suuniseid, kuidas tsiviillennunduse biokütuse kasutuselevõttu edendada ning milliseid muudatusi teha sarnaste arengute puhul. Lisaks puudub Eestis ülevaate biokütuse kasutamise kohta, mistõttu on sellel tööl ka oluline informatiivne väärtus. Kuna töö kirjutamise hetkel ei olnud biokütus veel Eestisse jõudnud leiti, et teema on väärt edasiuurimist ja ettepanek teema edasi uurimiseks on järgmine: Biokütuse kasutuselevõtu mõju tuleks hinnata vähemalt kaks aastat pärast selle kasutuselevõttu, et hinnata, millist mõju tõi biokütuse kasutuselevõtt kaasa lennufirmadele. Hindamine peaks toimuma pärast seda, kui lennufirmadel on olnud ligipääs biokütusele ja andmeid on kogutud mahus, mis võimaldavad võrrelda olukorda enne ning pärast biokütuse kasutuselevõttu.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Aaspõllu, H. (20. 05 2024. a.). Estonia's cost of living increase actually outstrips inflation. *err.ee*. Kasutamise kuupäev: 15. 03 2025. a., allikas <https://news.err.ee/1609347030/estonia-s-cost-of-living-increase-actually-outstrips-inflation>
- ACI Europe. (kuupäev puudub). Sustainable Aviation Fuels Financial Support/Incentives Tracker of. Kasutamise kuupäev: 15. 03 2025. a., allikas <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/system/files/documents/2024-11/Airport%20SAF%20Initiatives.pdf>
- Adler, E. J., & Martins, J. R. (2023). *Hydrogen-powered aircraft: Fundamental concepts, key technologies, and environmental impacts*. Progress in Aerospace Sciences. doi:<https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2023.100922>
- Adu-Gyamfi, B. A., & Good, C. (2022). *Electric aviation: A review of concepts and enabling technologies*. Transportation Engineering. doi:<https://doi.org/10.1016/j.treng.2022.100134>
- Agarwal, K. M., Mohapatra, S., Sharma, P., Sharma, S., Bhatia, D., & Mishra, A. (2020). *Study and overview of the novel corona virus disease (COVID-19)*. Sensors International. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sintl.2020.100037>
- Airbus. (16. 01 2024. a.). First ZEROe engine fuel cell successfully powers on. Kasutamise kuupäev: 30. 10 2024. a., allikas <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2024-01-first-zeroe-engine-fuel-cell-successfully-powers-on>
- Airbus. (2025). Sustainable aviation fuels. Kasutamise kuupäev: 18. 03 2025. a., allikas <https://www.airbus.com/en/innovation/energy-transition/sustainable-aviation-fuels>
- Airport cooperative research program. (2013). *Understanding Airline and Passenger Choice in Multi-Airport Regions*. Transportation and Research Board of National Academies.
- Alkilde, O. F., Verdier, S., Galindo, T., & Fleming, B. (2024). Co-processing and revamping: how to use existing refineries to produce SAF. ICAO. Kasutamise kuupäev: 25. 02 2025. a., allikas <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ACT-SAF/ACT-SAF%20Series%2015%20-%20coprocessing%20and%20revamping.pdf>

- All European Academies. (2018). *Euroopa teaduseetikakoodeks*. Kasutamise kuupäev: 05. 03 2023. a., allikas https://www.allea.org/wp-content/uploads/2018/06/ALLEA-European-Code-of-Conduct-for-Research-Integrity-2018-Estonian_FINAL.pdf
- Alumäe, T., & Olev, A. (2022). Estonian Speech Recognition and Transcription Editing Service. Kasutamise kuupäev: 2025. 02 15. a., allikas https://www.bjmc.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/bjmc/Contents/10_3_14_Olev.pdf
- Attinasi, M. G., & Balatti, M. (2021). Globalisation and its implications for inflation in advanced economies. Kasutamise kuupäev: 15. 03 2025. a., allikas https://www.ecb.europa.eu/press/economic-bulletin/articles/2021/html/ecb.ebart202104_01~ae13f7fe4c.en.html
- Barbosa, J. A., Coronado, C. J., Andrade, J. C., Tuna, C. E., Tuna, C. E., Junio, J. A., . . . Mendiburu, A. Z. (2022). *Experimental determination of upper flammability limits of synthesized iso-paraffins (SIP), Jet fuel and their mixtures with air at atmospheric and sub-atmospheric pressures*. Process Safety and Environmental Protection. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.02.016>
- Bardon, P., & Massol, O. (2025). *Decarbonizing aviation with sustainable aviation fuels: Myths and realities of the roadmaps to net zero by 2050*. France: Renewable and Sustainable Energy Reviews. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115279>
- Belhadi, A., Kamble, S., Jabbour, C. J., Gunasekaran, A., Ndubisi, N. O., & Venkatesh, M. (kuupäev puudub). *Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries*.
- Berestecki, M., & Dardenne, J. (06. 02 2025. a.). Keskkonnaorganisatsioonid: Euroopa Liit ei suuda täita lennunduses oma kliimaeesmärke. (J. Klementi, Intervjueerija) err.ee. Kasutamise kuupäev: 06. 02 2025. a., allikas <https://arhiiv.err.ee/audio/vaata/uudised-keskkonnaorganisatsioonid-euroopa-liit-ei-suuda-taita-lennunduses-oma-kliimaeesmarke>
- Birnbaum, M. (02. 08 2019. a.). Europe's flight-shame movement has travelers taking trains to save the planet. *The Washington Post*. Kasutamise kuupäev: 23. 11 2024. a., allikas https://www.washingtonpost.com/world/europe/europes-flight-shame-movement-has-travelers-taking-trains-to-save-the-planet/2019/08/02/1bd38486-ac96-11e9-9411-a608f9d0c2d3_story.html

- Boissy, A. (22. 04 2024. a.). The present and future of aviation through the Air France–KLM lens (Part I). IATA. Kasutamise kuupäev: 05. 03 2025. a., allikas <https://www.iata.org/en/about/worldwide/europe/blog/the-present-and-future-of-aviation-through-the-air-franceklm-lens-part-i/>
- Bowen, G. A. (2009). *Document Analysis as a Qualitative Research Method*. Qualitative Research Journal. doi:<http://dx.doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Burzlaff, M. (2017). *Aircraft Fuel Consumption –Estimation and Visualization*. Aircraft Design and Systems Group (AERO), Department of Automotive and Aeronautical Engineering, Hamburg University of Applied Sciences. doi:<https://doi.org/10.15488/2553>
- Calder, S. (26. 07 2022. a.). Heathrow warned for nine months about ground-handler staff shortage, claims CEO. *Independent*. Kasutamise kuupäev: 10. 01 2025. a., allikas <https://www.independent.co.uk/travel/news-and-advice/heathrow-warned-staff-shortages-claims-ceo-b2131179.html>
- Carswell, S. (03. 03 2022. a.). The ripple effect of Russian sanctions. *Inside Business with Ciaran Hancock*. (C. Hancock, Intervjueerija) The Irish Times. Kasutamise kuupäev: 11. 02 2025. a., allikas https://soundcloud.com/irishtimes-business/the-ripple-effect-of-russian-sanctions?utm_source=clipboard&utm_medium=text&utm_campaign=social_sharing
- ch-aviation. (24. 02 2022. a.). Countries that have banned Russian- owned and operated aircraft from their airspaces. Kasutamise kuupäev: 13. 02 2025. a., allikas <https://about.ch-aviation.com/blog/2022/02/24/impact-of-the-war-on-the-russian-and-ukrainian-airline-industry/>
- Ciccarelli, M., & Marotta, F. (2024). *Demand or Supply? An empirical exploration of the effects of climate change on the macroeconomy*. Energy Economics. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107163>
- Cook, D., Mayer, R., & Doy, G. (2023). *Crises and the Resilience of the Aviation Industry: A Literature Review of Crises and Airline Responses*. Transportation Research Procedia. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.12.005>
- DeLuca, A. (16. 03 2024. a.). Delta’s chief sustainability officer on the early days of buying sustainable aviation fuels. *Catalyst*. (S. Kann, Intervjueerija) LatitudeMedia.

- Kasutamise kuupäev: 06. 01 2025. a., allikas <https://www.latitudemedia.com/news/deltas-chief-sustainability-officer-on-the-early-days-of-buying-sustainable-aviation-fuels/>
- Eamets, R., Kaasa, A., Kaldaru, H., Parts, E., & Trasberg, V. (2005). *Sissejuhatus majandusteooriasse*. Tartu Ülikool: Tartu Ülikooli Kirjastus. Kasutamise kuupäev: 28. 04 2025. a., allikas <https://dspace.ut.ee/server/api/core/bitstreams/e6dfea3c-5019-4aa6-9186-ba5cb64c32d8/content>
- EASA. (04 2021. a.). Review of Aviation Safety Issues Arising from the COVID-19 Pandemic. (Version 2). Konrad-Adenauer-Ufer 3, Cologne, Saksamaa. Kasutamise kuupäev: 10. 01 2025. a., allikas EASA: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Review%20of%20Aviation%20Safety%20Issues%20From%20COVID-19%20Final%20-%20v2%20-%20April%202021%20Rev1.pdf>
- EASA. (2025). SAF Policy Actions. Kasutamise kuupäev: 06. 03 2025. a., allikas <https://www.easa.europa.eu/en/domains/environment/eaer/sustainable-aviation-fuels/saf-policy-actions#non-eu-policy-action>
- Eesti Keele Instituut. (kuupäev puudub). EKI ühendsõnastik. Kasutamise kuupäev: 05. 03 2025. a., allikas <https://arhiiv.eki.ee/dict/vsl/index.cgi?Q=peastaap>
- Eesti Lennuakadeemia. (2024). Kestlik lennundus - mida see endaga kaasa toob? Tartu. Kasutamise kuupäev: 06. 02 2025. a., allikas <https://lennuakadeemia.ee/arenduskoostoo/lennundusseminar/lennundusseminar-2024>
- Eesti Lennundusklast*er. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 06. 03 2025. a., allikas Estonian Aviation Cluster: <https://eac.ee/et/>
- Ehin, P. (2024). Uurimismeetodid sotsiaalteadustes. Tartu Ülikool. Tsiteeritud 25. 01 2025. a.
- Eilat, T. (22. 11 2023. a.). "Pealtnägija": kuidas poliitikud ja ärimehed Nordicas 100 miljonit ära põletasid? *err.ee*. Kasutamise kuupäev: 06. 01 2025. a., allikas <https://www.err.ee/1609172524/pealtnagija-kuidas-poliitikud-ja-arimehed-nordicas-100-miljonit-ara-poletasid>
- Einmaa, I.-M. (09. 07 2024. a.). Avaliku sektori hõive on aastaga kasvanud, erasektor on töökohti vähendanud. *err.ee*. Kasutamise kuupäev: 24. 03 2025. a., allikas

<https://www.err.ee/1609392706/avaliku-sektori-hoive-on-aastaga-kasvanud-erasektor-on-tookohti-vahendanud>

Eswaran, S., Subramaniam, S., Geleynse, S., Geleynse, S., Wolcott, M., & Zhang, X. (2021). *Techno-economic analysis of catalytic hydrothermolysis pathway for jet fuel production*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111516>

Eurocontrol. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 15. 02 2025. a., allikas <https://www.eurocontrol.int/>

Eurocontrol. (04. 02 2025. a.). Sustainable aviation fuels (SAF) in Europe: EUROCONTROL and ECAC cooperate on SAF map. *Aviation Sustainability*. Kasutamise kuupäev: 24. 03 2025. a., allikas <https://www.eurocontrol.int/article/sustainable-aviation-fuels-saf-europe-eurocontrol-and-ecac-cooperate-saf-map>

Euroopa Komisjon. (08. 12 2021. a.). Special report on the impact of COVID-19 on air navigation service provision in Europe and the US. Kasutamise kuupäev: 06. 01 2025. a., allikas https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/special-report-impact-covid-19-air-navigation-service-provision-europe-and-us-2021-12-08_en

Euroopa Liidu Ülemkogu; Euroopa Liidu Nõukogu. (15. 11 2024. a.). Pariisi kliimakokkulepe. Kasutamise kuupäev: 07. 12 2024. a., allikas <https://www.consilium.europa.eu/et/policies/paris-agreement-climate/>

Euroopa Ülemkogu, Euroopa Liidu Nõukogu. (15. 11 2024. a.). Mida teeb EL kliimamuutuste küsimuses? Kasutamise kuupäev: 12. 02 2025. a., allikas <https://www.consilium.europa.eu/et/policies/climate-change/>

Euroopa Ülemkogu; Euroopa Liidu Nõukogu. (03. 09 2024. a.). Euroopa roheline kokkulepe. Kasutamise kuupäev: 07. 12 2024. a., allikas <https://www.consilium.europa.eu/et/policies/green-deal/>

European Commission. (2015). Causes of climate change. Kasutamise kuupäev: 08. 02 2025. a., allikas https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_en

European Commission. (2016). Consequences of climate change. Kasutamise kuupäev: 08. 02 2025. a., allikas https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_en

- European Commission. (23. 12 2023. a.). Sustainable Aviation Fuels in Europe: EUROCONTROL and ECAC Cooperation. *European Alternative Fuels Observatory*. Kasutamise kuupäev: 24. 03 2025. a., allikas <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/news/sustainable-aviation-fuels-europe-eurocontrol-and-ecac-cooperation>
- European Commission. (2025). *Attitudes of Europeans towards the environment*. Kasutamise kuupäev: 27. 04 2025. a., allikas <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/3173>
- European Commission. (04. 08 2025. a.). List of aircraft operators in-scope of ReFuelEU Aviation. Kasutamise kuupäev: 04. 26 2025. a., allikas https://transport.ec.europa.eu/document/download/8b972ae2-0236-4bbd-ad63-8368f3ccea9_en?filename=ReFuelEU_list_operators.pdf&prefLang=pl
- Eurostat. (2024). *Annual inflation down to 2.6% in the euro area*. Kasutamise kuupäev: 27. 04 2025. a., allikas <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-euro-indicators/w/2-18032024-AP>
- Feuvre, P. L. (18. 03 2019. a.). Are aviation biofuels ready for take off? *IEA*. Kasutamise kuupäev: 09. 11 2024. a., allikas <https://www.iea.org/commentaries/are-aviation-biofuels-ready-for-take-off>
- France24. (23. 02 2024. a.). Boeing, Airbus struggle to deliver planes as supply chain woes persist. Kasutamise kuupäev: 16. 01 2025. a., allikas <https://www.france24.com/en/live-news/20240223-boeing-airbus-struggle-to-deliver-planes-as-supply-chain-woes-persist>
- Gauss, M. (22. 03 2022. a.). airBaltic sees a drop in flight bookings due to Ukraine war. (R. Panorāma, Intervjueerija) Kasutamise kuupäev: 12. 02 2025. a., allikas <https://eng.lsm.lv/article/economy/transport/airbaltic-sees-a-drop-in-flight-bookings-due-to-ukraine-war.a446897/>
- Geleynse, S., Brandt, K., Garcia-Perez, M., Wolcott, M., & Zhang, X. (2018). *The Alcohol-to-Jet Conversion Pathway for Drop-In Biofuels: Techno-Economic Evaluation*. European Chemistry Societies Publishing. Chemistry Europe. doi: <https://doi.org/10.1002/cssc.201801690>
- Gibbens, S. (22. 10 2022. a.). Is your favorite 'green' product as eco-friendly as it claims to be? *National Geographic*. Kasutamise kuupäev: 06. 03 2025. a., allikas

- <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/what-is-greenwashing-how-to-spot>
- Goldschein, E. (11. 09 2011. a.). 13 Ways The U.S. Airline Industry Has Changed Since 9/11. *Business Insider*. Kasutamise kuupäev: 10. 05 2025. a., allikas <https://www.businessinsider.com/how-the-us-airline-industry-has-changed-since-911-2011-9>
- Gössling, S., & Humpe, A. (2020). *The global scale, distribution and growth of aviation: Implications for climate change*. Global Environmental Change. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102194>
- Gössling, S., Humpe, A., & Bausch, T. (01. 09 2020. a.). *Does 'flight shame' affect social norms? Changing perspectives on the desirability of air travel in Germany*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122015>
- Harper, D. (18. 05 2024. a.). Climate activists glue themselves to Munich airport runway. *Euronews*. Kasutamise kuupäev: 26. 04 2025. a., allikas <https://www.euronews.com/green/2024/05/18/climate-activists-glue-themselves-to-munich-airport-runway>
- Harrison-Byrne, T., Zistler, K., & Moussy, A. (2024). Investing in Sustainable Aviation Fuel. (lk 71). London: nfpResearch and Climate Catalyst. Kasutamise kuupäev: 07. 02 2025. a., allikas <https://climatecatalyst.org/wp-content/uploads/2024/06/nfpResearch-report-on-Sustainable-Aviation-Fuel-Climate-Catalyst-June-2024-2.pdf>
- Hubbard, P. (2009). *NIMBY*. International Encyclopedia of Human Geography. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.01068-3>
- Huiskes, K. (2021). Timeline: The September 11 terrorist attacks. *UVA Milles Center*. Kasutamise kuupäev: 10. 05 2025. a., allikas <https://millercenter.org/remembering-september-11/september-11-terrorist-attacks>
- IANS. (05. 05 2023. a.). Lufthansa grounds subsidiary's Airbus fleet due to supply challenges. *Business Standard*. Kasutamise kuupäev: 16. 01 2025. a., allikas https://www.business-standard.com/world-news/lufthansa-grounds-subsiidiary-s-airbus-fleet-due-to-supply-challenges-123050500005_1.html

- IATA. (2022). *The impact of the war in Ukraine on the aviation industry*. Kasutamise kuupäev: 16. 01 2025. a., allikas <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/the-impact-of-the-conflict-between-russia-and-ukraine-on-aviation/>
- IATA. (2023). *Future of Aviation*. Kasutamise kuupäev: 13. 02 2025. a., allikas <https://www.icao.int/Meetings/FutureOfAviation/Pages/default.aspx>
- IATA. (09 2024. a.). *ReFuelEU Aviation Handbook (Version 1 tr.)*. Kasutamise kuupäev: 06. 03 2025. a., allikas <https://www.iata.org/contentassets/d13875e9ed784f75bac90f000760e998/refuel-eu-aviation-handbook.pdf>
- IATA. (kuupäev puudub). *About us*. Kasutamise kuupäev: 12. 02 2025. a., allikas <https://www.iata.org/en/about/>
- ICAO. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 12. 02 2025. a., allikas About ICAO: <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>
- ICAO. (2010). *Introduction to Air Transport Statistics*. Tsiteeritud 12. 02 2025. a.
- Jacquart, P., Santoni, S., Schudy, S., Sieweke, J., & Withers, M. (2024). *Exogenous shocks: Definitions, types, and causal identification issues*. *The Leadership Quarterly*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2024.101823>
- Jarošová, M., & Pajdlhauser, M. (2022). *Aviation and Climate Change*. rmt: T. R. 65 (Toim.), *11th International Conference on Air Transport – INAIR 2022, Returning to the Skies*. Tsiteeritud 17. 05 2025. a.
- Jõgioja, E. (03. 11 2023. a.). *Mis on rohepööre?* Kasutamise kuupäev: 12. 02 2025. a., allikas <https://www.teeviit.ee/mis-on-rohepoore/>
- Kalmus, V., Masso, A., & Linno, M. (2015). *Kvalitatiivne sisuanalüüs*. Tartu: Tartu Ülikool. Kasutamise kuupäev: 28. 04 2025. a., allikas <https://samm.ut.ee/kvalitatiivne-sisuanalyys/>
- Kitching, J., Blackburn, R., Smallbone, D., & Dixon, S. (2009). *Business Strategies and Performance during difficult economic conditions*. Department of Business Innovation and Skills (BIS). Kasutamise kuupäev: 13. 03 2025. a., allikas <https://eprints.kingston.ac.uk/id/eprint/5852/1/Kitching-J-5852.pdf>

- Knott, E., Rao, A. H., Summers, K., & Teeger, C. (15. 09 2022. a.). Interviews in the social sciences. *Nature Reviews Methods Primers*(73). Kasutamise kuupäev: 08. 05 2024. a., allikas <https://www.nature.com/articles/s43586-022-00150-6>
- Koopmans, C., & Lieshout, R. (2025). *Airline cost changes: To what extent are they passed through to the passenger?* *Journal of Air Transport Management*. Kasutamise kuupäev: 15. 03 2025. a., allikas <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096969971600003X>
- Krein, A. (19. 12 2023. a.). *Uniting Europe's resources to put greener aircraft into service by 2035*. Kasutamise kuupäev: 30. 11 2024. a., allikas Clean Aviation: <https://www.clean-aviation.eu/media/executive-directors-blog/uniting-europes-resources-to-put-greener-aircraft-into-service-by-2035>
- Kummer, S., Wakolbinger, T., Novoszel, L., & Geske, A. M. (2022). *Supply Chain Resilience*. Tsiteeritud 10. 05 2025. a.
- Laherand, M. (2008). *Kvalitatiivne uurimisviis*. Tallinn. Tsiteeritud 08. 05 2024. a.
- Lai, Y., Blackburn, R., & Johnstone, S. (2016). *Are the HR responses of small firms different from large firms in times of recession?* *Journal of Business Venturing*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2015.04.005>
- Lecca, T. (10. 10 2024. a.). Fly green or die. *Politico*. Kasutamise kuupäev: 05. 01 2025. a., allikas <https://www.politico.eu/article/fly-green-or-die-eu-called-to-stop-reforming-and-start-investing-in-aviation/>
- Lecca, T. (25. 06 2024. a.). Lufthansa tõstab kliimakulude tõttu piletihinda. *Politico*. Kasutamise kuupäev: 13. 08 2024. a., allikas <https://www.politico.eu/article/lufthansa-to-charge-up-to-e72-per-ticket-to-cover-climate-costs/>
- Lee, D., Fahey, D., Skowron, A., Allen, M., Burkhardt, U., Chen, Q., . . . Sausen, R. (2021). *The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018*. *Atmospheric Environment*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834>
- Lepik, K., Harro-Loit, H., Kello, K., Linno, M., Selg, M., & Strömpl, J. (2014). *Intervjuu*. (T. Ülikool, Toim.) Kasutamise kuupäev: 02. 06 2024. a., allikas <https://samm.ut.ee/intervjuu/>
- Lindsey, R., & Dahlman, L. (18. 01 2024. a.). Climate Change: Global Temperature. (J. Blunden, Toim.) *Climate.gov*. Kasutamise kuupäev: 08. 02 2025. a., allikas

- <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
- Linno, M. (2018). *Transkribeerimine*. (Tartu Ülikool) Kasutamise kuupäev: 15. 02 2025. a., allikas Kvalitatiivsed uurimismeetodid sotsiaalteadustes: <https://sisu.ut.ee/kvalitatiivne/transkribeerimine>
- Liu, G. (2023). *A Review of the Mechanism of the Influencer*. Ludong University, Yantai. doi:DOI:10.54254/2753-7048/21/20230093
- Loughlin, B. (03. 04 2023. a.). Consumer unwillingness to pay extra for sustainable products: impact on small businesses. *Institute of Sustainability Studies*. Kasutamise kuupäev: 27. 04 2025. a., allikas <https://instituteofsustainabilitystudies.com/insights/guides/consumer-unwillingness-to-pay-extra-for-sustainable-products/>
- Lufthansa. (31. 12 2023. a.). Risks at an individual level. Kasutamise kuupäev: 11. 02 2025. a., allikas <https://report.lufthansagroup.com/2023/annual-report/en/combined-management-report/opportunities-and-risk-report/risks-at-an-individual-level/>
- Lõvi, S. (02. 01 2025. a.). Air Baltic tühistab 19 liini, Tallinnast lõpeb lendamine Dubrovnikusse. *err.ee*. Kasutamise kuupäev: 06. 01 2025. a., allikas <https://www.err.ee/1609564777/air-baltic-tuhistab-19-liini-tallinnast-loppeb-lendamine-dubrovnikusse>
- Marchese, M., Buffo, G., Santarelli, M., & Lanzini, A. (2021). *CO2 from direct air capture as carbon feedstock for Fischer-Tropsch chemicals and fuels: Energy and economic analysis*. Torino: Journal of CO2 Utilization. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcou.2021.101487>
- Martín, H. (07. 02 2020. a.). Travel by plane and you might get ‘flight shamed.’ This worries airlines. *Los Angeles Times*. Kasutamise kuupäev: 23. 11 2024. a., allikas <https://www.latimes.com/business/story/2020-02-07/flight-shaming-airlines-climate-change-greta-thunberg>
- Maurer, H., Whitman, R. G., & Wright, N. (09. 01 2023. a.). *The EU and the invasion of Ukraine: a collective responsibility to act?* Academic Oxford. doi:<https://doi.org/10.1093/ia/iia262>

- Miklian, J., & Hoelscher, K. (2021). *SMEs and exogenous shocks: A conceptual literature review and forward research agenda*. *International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship*. doi:<https://doi.org/10.1177/0266242621105079>
- Morgan, T., Anokhin, S., Ofstein, L., & Friske, W. (2020). *SME response to major exogenous shocks: The bright and dark sides of business model pivoting*. *International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship*. doi:<https://doi.org/10.1177/0266242620936590>
- Morone, P., Caferra, R., D'Adamo, I., Falcone, P. M., Imbert, E., & Morone, A. (10 2021. a.). *Consumer willingness to pay for bio-based products: Do certifications matter? International Journal of Production Economics*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108248>
- Mäesepp, T. (2024). SAF kasutuselevõtt Eestis. *Lennundusseminar*. Tartu: Eesti Lennuakadeemia. Tsiteeritud 28. 11 2024. a.
- Nagy, A. (2019). *Electric aircraft - present and future*. *Production Engineering Archives*. doi:DOI:10.30657/pea.2019.23.06
- Nemeth, C. P., & Hollnagel, E. (2022). *Advancing Resilient Performance*. Tsiteeritud 10. 05 2025. a.
- Neuman, W. (2014). *Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches* (7 tr.). Kasutamise kuupäev: 15. 05 2025. a., allikas https://letrunghieutvu.yolasite.com/resources/w-lawrence-neuman-social-research-methods_-qualitative-and-quantitative-approaches-pearson-education-limited-2013.pdf
- Nizam, F. N., Hashim, M. J., Bahrudin, N. Z., & Arifin, N. A. (2021). *Financial Impact on Aviation Industry Before and During Covid-19: Passenger Demand as Moderator*. *Information Management and Business Review*. doi:[https://doi.org/10.22610/imbr.v16i3S\(I\)a.4127](https://doi.org/10.22610/imbr.v16i3S(I)a.4127)
- O'Leary, M. (02. 03 2022. a.). Air fares will be higher this summer. BBC. Kasutamise kuupäev: 13. 02 2025. a., allikas <https://www.bbc.com/news/business-60584219>
- Oliver, C. (1991). *Strategic Responses to Institutional Processes*. *The Academy of Management Review*. doi:<https://doi.org/10.2307/258610>

- Piranti, M. (2021). *The Impact Of Fuel Price Fluctuation And Macroeconomic Variables To Airlines Performance*. Indonesia: Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. doi:<https://doi.org/10.17762/TURCOMAT.V12I3.2210>
- Portley, J. (30. 08 2023. a.). What is Green Aviation and Is It Possible? *Knowhow*. Kasutamise kuupäev: 06. 10 2024. a., allikas <https://knowhow.distrelec.com/defence-aerospace-and-marine/what-is-green-aviation-and-is-it-possible/>
- Ragbir, N. K., Rice, S., Winter, S. R., & Choy, E. C. (2021). *Emotions and caring mediate the relationship between knowledge of sustainability and willingness to pay for greener aviation*. Technology in Society. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101491>
- Rahvusvaheline puhta transpordi nõukogu. (kuupäev puudub). About the ICCT. Kasutamise kuupäev: 12. 02 2025. a., allikas <https://theicct.org/about/>
- ReFuelEU Aviation, (EL) 2023/2405 (European Commission 19. 05 2024. a.). Kasutamise kuupäev: 06. 10 2024. a., allikas <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=legissum:4714799>
- Rice, C., Ragbir, N. K., Rice, S., & Barcia, G. (02 2020. a.). *Willingness to pay for sustainable aviation depends on ticket price, greenhouse gas reductions and gender*. Technology in Society. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.101224>
- Riigikantselei. (06. 04 2023. a.). *Sõjast Ukrainas lihtsas keeles*. Kasutamise kuupäev: 27. 04 2024. a., allikas Kriis.ee: <https://kriis.ee/julgeolekuolukord-euroopas/sojast-ukrainas-lihtsas-keeles>
- Ritchie, H. (18. 09 2020. a.). Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? *Our World in Data*. Kasutamise kuupäev: 07. 12 2024. a., allikas <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
- Ritchie, H. (08. 04 2024. a.). What share of global CO₂ emissions come from aviation? *Our World in Data*. Kasutamise kuupäev: 07. 12 2024. a., allikas <https://ourworldindata.org/global-aviation-emissions>
- Rogers, E. M., Singhal, A., & Quinlan, M. M. (2019). *Diffusion of Innovations*. Mahway, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. doi:DOI:10.4324/97802037110753-35
- Schiphol Airport. (2024). More sustainable aviation fuels. Amsterdam, Holland. Kasutamise kuupäev: 15. 03 2025. a., allikas More sustainable aviation fuels: <https://www.schiphol.nl/en/sustainability/in-the-air/more-sustainable-aviation-fuels/>

- Schossler, M., & Wittmer, A. (2015). *Cost and revenue synergies in airline mergers – Examining geographical differences*. Journal of Air Transport Management. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2015.05.004>
- Schumpeter, J. A. (1976). *Capitalism, Socialism and Democracy* (1st Edition tr.). London. doi:<https://doi.org/10.4324/9780203202050>
- SkyNRG. (2024). *SkyNRG*. Kasutamise kuupäev: 25. 02 2025. a., allikas Technology basics: <https://skynrg.com/sustainable-aviation-fuel/technology-basics/>
- Sun, X., Wandelt, S., & Zhang, A. (2023). *A data-driven analysis of the aviation recovery from the COVID-19 pandemic*. Journal of Air Transport Management. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102401>
- Sun, X., Wandelt, S., & Zhang, A. (2023). *Aviation under the COVID-19 pandemic: A synopsis from normalcy to chaos and back*. Journal of the Air Transport Research Society. doi:<https://doi.org/10.59521/8F3EEB54038C692E>
- Swedavia. (15. 03 2024. a.). SEK 40 million set aside in 2024 for Swedavia's SAF incentive programme towards climate transition in the aviation industry for the second year in a row. Arlanda, Rootsi. Kasutamise kuupäev: 15. 03 2025. a., allikas <https://www.swedavia.com/about-swedavia/swedaviasnewsroom/2024/sek-40-million-set-aside-in-2024-for-swedavias-saf-incentive-programme-towards-climate-transition-in-the-aviation-industry-for-the-second-year-in-a-row/>
- Swedavia. (2025). About Swedavia. Arlanda, Rootsi. Kasutamise kuupäev: 15. 03 2025. a., allikas Abo: <https://www.swedavia.com/about-swedavia/>
- Tallinna Lennujaam. (08. 01 2025. a.). Eesti lennujaamad teenindasid möödunud aastal pea 3,6 miljonit reisijat. Tallinn, Eesti. Kasutamise kuupäev: 16. 01 2025. a., allikas <https://airport.ee/eesti-lennujaamad-teenindasid-moodunud-aastal-pea-36-miljonit-reisijat/>
- Terviseamet. (2020). COVID-19. Kasutamise kuupäev: 12. 02 2025. a., allikas <https://www.terviseamet.ee/nakkushaigused/covid-19>
- Teusch, J., & Ribansky, S. (2021). *Greening International Aviation Post COVID-19*. Paris: OECD. doi:<https://doi.org/10.1787/d0e62c41-en>.

- Thomson, C., Mader, M., Münchow, F., Reifler, J., & Schoen, H. (6. 11 2023. a.). *European public opinion: united in supporting Ukraine, divided on the future of NATO*. International Affairs. doi:<https://doi.org/10.1093/ia/iia241>
- Timperley, J. (10. 09 2019. a.). Why 'flight shame' is making people swap planes for trains. *BBC*. Kasutamise kuupäev: 23. 11 2024. a., allikas <https://www.bbc.com/future/article/20190909-why-flight-shame-is-making-people-swap-planes-for-trains>
- Timperley, J. (19. 02 2020. a.). Should we give up flying for the sake of the climate? *BBC*. Kasutamise kuupäev: 26. 04 2025. a., allikas <https://www.bbc.com/future/article/20200218-climate-change-how-to-cut-your-carbon-emissions-when-flying>
- Timperley, J. (05. 09 2021. a.). The six problems aviation must fix to hit net zero. *The Guardian*. Kasutamise kuupäev: 06. 01 2025. a., allikas <https://www.theguardian.com/environment/2021/sep/05/the-six-problems-aviation-must-fix-to-hit-net-zero>
- Tinn, M. (2019). Kvalitatiivsed meetodid uurimistöös. Tartu Ülikool. Kasutamise kuupäev: 13. 02 2025. a., allikas <https://etag.ee/wp-content/uploads/2022/08/Kvalitatiivsed-meetodid-uurimistoos.pdf>
- Torjus, M.-E. (24. 10 2024. a.). Eesti asus koos Lätiga uurima kestlike lennukikutuste tootmisvõimalusi. *Kliimaministeerium*. Tallinn, Eesti. Kasutamise kuupäev: 08. 02 2025. a., allikas <https://kliimaministeerium.ee/uudised/eesti-asus-koos-latiga-uurima-kestlike-lennukikutuste-tootmisvoimalusi>
- Turkum, A. (2024). Kuidas saab lennundus olla kestlik. Tartu: Eesti Lennuakadeemia. Kasutamise kuupäev: 30. 12 2024. a., allikas https://media.voog.com/0000/0044/7474/files/Anneli%20Turkin_Tallinna_Lennujaa_m.pdf
- Tyner, W. (2020). *Biofuel economics and policy: The Renewable Fuel Standard in 2018*. Bioenergy (Second Edition). Kasutamise kuupäev: 30. 12 2024. a., allikas <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/aviation-biofuel>

- United States Government Accountability Office. (2024). *Supply Chain Challenges and Actions to Address Them*. Kasutamise kuupäev: 16. 01 2025. a., allikas <https://www.gao.gov/assets/d24106493.pdf>
- Valitsuse kommunikatsioonibüroo. (2024). *Avaliku arvamuse uuring: eesti elanike majanduslik kindlustunne on paranenud*. Tallinn: Riigikantselei. Kasutamise kuupäev: 01. 03 2025. a., allikas <https://www.riigikantselei.ee/uudised/avaliku-arvamuse-uuring-eesti-elanike-majanduslik-kindlustunne-paranenud>
- Wang, B., Ting, Z. J., & Zhao, M. (2024). *Sustainable aviation fuels: Key opportunities and challenges in lowering carbon emissions for aviation industry*. Carbon Capture Science & Technology. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ccst.2024.100263>
- Watson, M., Machado, P., Silva, A. d., Y.Saltar, Ribeiro, C., Nascimento, C., & Dowling, A. (2024). *Sustainable aviation fuel technologies, costs, emissions, policies, and markets: A critical review*. Journal of Cleaner Production. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141472>
- World Energy. (kuupäev puudub). *Sustainable Aviation Fuel 101*. Kasutamise kuupäev: 17. 02 2025. a., allikas <https://worldenergy.net/resource/sustainable-aviation-fuel-101/>
- Wormbs, N., & Söderberg, M. W. (17. 11 2023. a.). Flygskam / Flight shame. *nordics.info*. Kasutamise kuupäev: 01. 11 2024. a., allikas <https://nordics.info/show/artikel/flightshame-in-sweden>
- Yusaf, T., Mahamude, A. S., Kadirgama, K., Ramasamy, D., Farhana, K., Dhahad, H. A., & Talib, R. A. (2024). *Sustainable hydrogen energy in aviation – A narrative review*. International Journal of Hydrogen Energy. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.02.086>

LISAD

Lisa 1. Kinnitus informeeritud nõusolekust intervjuul osaleda

Allkirjastades käesoleva dokumendi, nõustun osalema intervjuus, mille eesmärk on uurida biokütuse kasutuselevõtu mõju Eesti lennundussektorile. Intervjuu on osa Maige Muidre magistritööst, mille eesmärk on selgitada biokütuse kasutuselevõtu võimalikku tähendust Euroopale, keskendudes Eesti näitele.

Intervjuus osaledes nõustun järgmiste tingimustega:

- Mulle on selgitatud intervjuu eesmärki. Osalen intervjuus vabatahtlikult ja mõistan, et võin osalemisest loobuda või intervjuu katkestada.
- Olen nõus, et intervjuu salvestatakse ja hiljem transkribeeritakse. Helisalvestis ja transkriptsioon hävitatakse pärast magistritöö kaitsmist juunis 2025.
- Mõistan, et mind ei mainita nimeliselt uurimistöös ja minu konfidentsiaalsus intervjuueeritavana on tagatud.
- Mulle on selgitatud, et intervjuu käigus kogutud teavet ja intervjuukatkeid võidakse isikustamata kujul kasutada magistritöös, mis avalikustatakse Tartu Ülikooli lõputööde andmebaasis DSpace.
- Mõistan, et intervjuueeritavana on mul õigus lasta oma intervjuu osaliselt või tervikuna uurimistööst eemaldada ka pärast intervjuu toimumist.

Intervjuueeritava nimi ja allkiri

...

Lisa 2. Intervjuu küsimused

Intervjuude läbiviimiseks püstitati, tuginedes teooria osale, järgnevad küsimused:

1. Kuidas Te jõudsite selle valdkonna juurde?
 - 1.1. Mille eest Te täpsemalt vastutate ja mis on Teie tööülesanded?
2. Millal muutus rohepööre Teie jaoks isiklikult aktuaalseks teemaks?
 - 2.1. Mille kaudu?
3. Mida arvate rohepöörde suunistest üldiselt, mitte ainult lennundussektorit silmas pidades?
4. Kuidas mõtestate rohepööret enda jaoks?
 - 4.1. Mis on Teie arvates rohepöörde suurim väljakutse ja suurim võimalus?
5. Kirjeldage palun Eesti lennundussektori olukorda.
 - 5.1. Mis on Teie arvates Eestis biokütuse kasutuselevõtu suurim väljakutse ja suurim võimalus?
6. Mille poolest võivad Eesti eelised biokütuse kasutuselevõtul erineda teistest Euroopa riikidest?
 - 6.1. Kuidas hindate Eesti lennundussektori valmisolekut biokütuse kasutuselevõttule võrreldes teiste Euroopa riikidega?
7. Kuidas mõjutab Teie hinnangul Eesti lennundust biokütuse hinnaerinevus võrreldes tavapärase lennukikütuste hinnaga ja biokütuse tootmise võimekus?
8. Millised arenguid Teie arvates lennundussektori biokütuse kasutuselevõtt Eesti ettevõtetele kaasa toob?
9. Milliseid tagajärgi võib lennunduse biokütuse kasutuselevõtt tuua kaasa Eesti lennundussektorile?
 - 9.1. Kuidas need tagajärjed võivad avalduda? (mõelge erinevatele teguritele: turistide arv, tehnoloogia vahetus, kütuse kättesaadavus, konkurentsivõime)
10. Milline võiks Teie arvates olla Eesti lennundus aastal 2050? (isiklik soov) Milline on Teie arvates võimalik negatiivne stsenaarium?
 - 10.1. Kuidas võib biokütuse kasutuselevõtt kaasa aidata positiivsetele arengutele ja kuidas negatiivsetele?
 - 10.1.1. Millisel moel?
11. Kuidas toetavad Eesti valitsus ja regulatiivsed asutused biokütuse kasutuselevõtmist lennundussektoris?

11.1. Kuidas hindate Eesti valitsuse ja regulatiivsete asutuste toetust biokütuse kasutuselevõtule?

12. Kas Teil on täiendavaid kommentaare Eesti lennunduse rohepöörde kohta?

Lisa 3. Euroopas kasutatavate biokütuste liigid

1. *Fischer-Tropsch* (edaspidi kasutatud lühendit FT protsess)- võtab mistahes süsinikku sisaldava materjali ja lagundab selle individuaalseteks ehitusplokkideks gaasivormis (sünteetiline gaas) (SkyNRG, 2024). FT-süntees ühendab seejärel need ehitusplokid biokütuseks ja muudeks kütusteks (Marchese, Buffo, Santarelli, & Lanzini, 2021). Kuni tänaseni on ASTM-i poolt sertifitseeritud kaks erinevat FT-protsessi: üks, mis toodab sirget parafiinset lennukikütust (SPK), ja teine, mis toodab ka täiendavaid aromaatseid ühendeid (SAK) (SkyNRG, 2024; Marchese, Buffo, Santarelli, & Lanzini, 2021). Mõlemad protsessid saavad kasutada mistahes süsinikku sisaldavat algmaterjali vastavalt spetsifikatsioonile (Marchese, Buffo, Santarelli, & Lanzini, 2021).
2. Hüdrotrüfitud estrid ja rasvhapped (inglise keeles: *Hydrotreated Esters and Fatty Acids*; edaspidi kasutatud lühendit HEFA)- rafineerib taimeõlisid, jäätmeõlisid või rasvu SAF-iks protsessi kaudu, mis kasutab vesinikku (hüdrokeenimine). HEFA protsessi esimeses etapis eemaldatakse hapnik hüdrokeoksügeneerimise teel. Järgmisena purustatakse ja isomeeritakse sirged parafiinilised molekulid lennukikütuse ahelapikkuseks. HEFA protsess sarnaneb hüdrotrüfitud taastuvdiisli tootmiseks kasutatavale protsessile, kuid seal toimub pikemate süsinikmolekulide tugevam purustamine (SkyNRG, 2024).
3. Sünteesitud iso-parafiinid (inglise keeles: *Synthesized Iso-Paraffins*; edaspidi kasutatud lühendit SIP)- bioloogiline platvorm, kus mikroobid muundavad C6 suhkruid farneseniks, mida pärast vesinikuga töötlemist saab kasutada SAF-ina (Barbosa, et al., 2022, lk 102-115; SkyNRG, 2024).
4. *Alcohol to Jet* (edaspidi kasutatud lühendit AtJ)- muundab alkohole biokütuseks, eemaldades hapniku ja ühendades molekulid omavahel, et saavutada soovitud süsinikuahela pikkus (st oligomeriseerimine) (SkyNRG, 2024). Praegu on AtJ tehnoloogias kasutamiseks heaks kiidetud kaks toorainet: etanool ja iso-butanool. Alkoholi allikas ei ole täpsustatud (Geleynse, Brandt, Garcia-Perez, Wolcott, & Zhang, 2018).
5. Katalüütiline hüdrotermolüüs (inglise keeles: *Catalytic Hydrothermolysis*; edaspidi kasutatud lühendit CHJ)- muundab rasvhappe estrid ja vabad rasvhapped biokütuseks, kasutades katalüütilist hüdrotermolüüsi, millele järgneb mis tahes kombinatsioon hüdrotöötlemisest, hüdrokrakkimisest või hüdroisomeerimisest ja fraktsioneerimisest (SkyNRG, 2024; Eswaran, et al., 2021).

6. Hüdroprotsessitud süsivesinikud, estrid ja rasvhapped (inglise keeles: *Hydroprocessed Hydrocarbons, Esters and Fatty Acids*; edaspidi kasutatud lühendit: HC-HEFA)- Bioloogiliselt saadud süsivesinikud, vabad rasvhapped ja rasvhappe estrid uuendatakse HC-HEFA protsessis sarnaselt HEFA protsessile: neid hüdroprotsessitakse, et küllastada süsivesiniku molekule ja eemaldada peaaegu kogu hapnik (SkyNRG, 2024).
7. *Co-processing*- töödeldakse köögiviljaõlisid, jäätmeõlisid ja rasvu või FT-vaha koos toornafta toorainetega olemasolevates rafineerimiskompleksides (SkyNRG, 2024). See ei ole iseenesest biokütuse keskne tootmisprotsess, vaid pigem tulemus väikese protsendi köögiviljaõlide või FT-vaha koostoimimise heakskiidust rafineerimiskompleksis (Alkilde, Verdier, Galindo, & Fleming, 2024).

Lisa 4. Biokütuse alternatiivid

Lisaks biokütusele on olemas ka teisi alternatiive kestlikuks lendamiseks, milleks on elektrilennundus ja veisinikütused. Vesinik ei ole küll taastuv energiaallikas, kuid vesinikkütust saab toota taastuvenergia abil (Yusaf, et al., 2024). Vesinikkütusega lendamise jaoks on vaja spetsiaalseid uue generatsiooni lennukiteid, milleks on näiteks Diamond DA20-Boeing ja Airbusi arendatav vesiniklennuk A380, millega plaanitakse teha esimene testlend 2026. a (Airbus, 2024; Yusaf, et al., 2024). Veisinikütuste jaoks on vaja uue generatsiooni lennukiteid, sest kui tavapärase lennukikütuste puhul hoitakse lennukikütust lennukitiibades, ei ole lennukikütuste lennukitiibades hoidmine vesinikkütusega lendavate lennukite puhul võimalik. Vesinikkütusel lendavate lennukite puhul asuvad kütusepaagid lennuki kereosas (Yusaf, et al., 2024). Erinevalt maapealsetest sõidukitest on õhusõidukid süsteemi massi suhtes väga tundlikud. Praeguste akutehnoloogiate suhteliselt väike energiatihedus on piisav kasutatava elektriauto ehitamiseks, kuid ei sobi elektrilennukitele (Nagy, 2019).

Elektrilennunduse areng ja tehniline teostatavus sõltuvad oluliselt tehnoloogilisest edasiminekust kolmes peamises valdkonnas: akutehnoloogia, elektrimootorite tehnoloogia ning integreeritud lennukikere ja jõuseadme tõhusas projekteerimistehnoloogias. Need kolm tehnoloogilist suunda on endiselt teaduslike uuringute algusjärgus, mis suurendab märkimisväärselt ebakindlust elektrilennunduse saavutamise osas ja piirab futuristlike elektrilennukite kontseptsioonide rakendatavust (Adu-Gyamfi & Good, 2022). Kuigi vesinikkütused on taskukohasemad kui biokütused, saab neid kasutada ainult spetsiaalsetes uue generatsiooni lennukites (Adler & Martins, 2023). Sama põhimõte kehtib ka elektrilennukite puhul. Uue põlvkonna lennukite hankimine kujutab endast ettevõtetele täiendavat kulu, mis võib väljenduda omakorda kõrgemates lennupileti hindades.

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS

Mina, Maige Muidre.

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud **teose Biokütuse kasutuselevõtu tähendus Eesti lennundussektorile**, mille juhendaja on Maie Kiisel reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada Tartu Ülikooli digitaalarhiivi kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
2. annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi kaudu Creative Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni;
3. olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
4. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Maige Muidre

19.05.2025