



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Tartu kolledž

**MAANTEEKAUBAVEO KHG HEITMETE
ARVUTUSMETOODIKA VALIK RUUKKI PRODUCTS AS
NÄITEL**

**SELECTION OF METHODOLOGY FOR ROAD FREIGHT GHG
EMISSIONS QUANTIFICATION ON THE EXAMPLE OF RUUKKI
PRODUCTS AS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Erkki Jaanhold
Üliõpilaskood: 192332NAEM
Juhendaja: Jane Raamets, PhD

Tartu 2024

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

Autor: Erkki Jaanhold

/allkirjastatud digitaalselt/ (kuupäev digiallkirjas)

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

Juhendaja: Jane Raamets

/allkirjastatud digitaalselt/ (kuupäev digiallkirjas)

Kaitsmisele lubatud

Kaitsmiskomisjoni esimees: Jane Raamets

/allkirjastatud digitaalselt/ (kuupäev digiallkirjas)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Erkki Jaanhold

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Maanteekaubaveo KHG heitmete arvutusmetoodika valik Ruukki Products AS näitel, mille juhendaja on Jane Raamets,
 - 1.1. reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli (TalTech) raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. Üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
 2. Olen teadlik, et käesolev lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
 3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.
-

/allkirjastatud digitaalselt/

(kuupäev digiallkirjas)

TalTech Tartu kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Erkki Jaanhold, 192332NAEM
Õppekava, peeriala: NAEM06/18, Tööstusökoloogia
Juhendaja: vanemlektor, Jane Raamets, +372 5561 3344

Lõputöö teema:

*Maanteekaubaveo KHG heitmete arvutusmetoodika valik Ruukki Products AS näitel
Selection of Methodology for Road Freight GHG Emissions Quantification on the
Example of Ruukki Products AS*

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Võrrelda tunnustatumaid transpordi KHG heitmete arvutusmetoodikaid
2. Teha ettepanek maanteetranspordi KHG heitmete arvutusmetoodika valikuks vastavalt ettevõtte seatud kriteeriumitele

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Kirjanduse läbitöötamine	24.09.2023
2.	Andmete kogumine ja korrastamine	29.10.2023
3.	Metoodika formuleerimine	12.11.2023
4.	Andmete töötlemine ja analüüs; tulemuste tõlgendamine	1.12.2023
5.	Magistritöö eelkaitsmine	8.12.2023
6.	Vormistuse viimistlemine ja kokkuvõte	9.01.2024
7.	Magistritöö esitamine	10.01.2024
8.	Magistritöö kaitsmine	19.01.2024

Töö keel: eesti keel Lõputöö esitamise tähtaeg: 10. jaanuar 2024

Üliõpilane: Erkki Jaanhold /allkirjastatud digitaalselt/

Juhendaja: Jane Raamets /allkirjastatud digitaalselt/

Programmijuht: Jane Raamets /allkirjastatud digitaalselt/

SISUKORD

LÜHENDID JA TÄHISED	7
SISSEJUHATUS	9
1. TAUST	15
1.1. Kliimapoliitika Euroopas	15
1.2. Keskkonnaalased transpordipoliitika eesmärgid Eestis.....	16
1.3. Kestlikkus eraettevõttes	17
1.4. Ettevõtete süsiniku jalajälje kaardistustulemusi.....	18
1.5. Transpordi KHG heitmete mõõtmise standardite areng	22
1.6. ISO 14064-1.....	24
1.7. GHG protokoll	25
1.7.1. Mõjualad	25
1.7.2. Andmed	27
1.7.3. Mõjuala 3 kategooria 4 arvutusmeetodid	28
1.8. GLEC raamistik	32
1.8.1. Andmete tüübid	33
1.8.2. Etapid logistikategevuse KHG heitmete arvutamiseks.....	35
1.9. ISO 14083.....	39
2. MATERJAL JA METOODIKA	42
2.1. Ettevõtte kirjeldus, tegevusala	42
2.2. Kestlikkus ettevõtte strateegias	43
2.2.1. Süsiniku jalajälje senine kaardistus ettevõttes	44
2.2.2. Valmistoodetetranspordi KHG heide	47
2.3. Metoodika	48
2.3.1. Andmete kogumismetoodika	50
2.3.2. Arvutusmetoodika	52
3. ANALÜÜS JA SÜNTEES	55
3.1. Tulemused GHG protokolliga	56

3.2.	Tulemused GLEC raamistiku versioon 2 meetodikaga	58
3.3.	Tulemused ISO 14083 meetodikaga	58
3.4.	Tulemused GLEC raamistiku versioon 3 meetodikaga	59
3.5.	Metoodikate võrdlus	60
3.6.	Metoodika valik ja puudujäägid	62
KOKKUVÕTE		64
SUMMARY		66
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU		68
LISAD		74
	Lisa 1 Koormapõhised tegevusandmed	75
	Lisa 2 Saadetisepõhised tegevusandmed.....	76

LÜHENDID JA TÄHISED

ADD	(<i>actual driven distance</i>) veomasina tegelikult läbitud kilomeetrite hulk
CO ₂ e	süsihappegaasi ekvivalenti globaalse soojenemise potentsiaali järgi; mõõtühik kasvuhoonegaaside kvantifitseerimise ühtlustamiseks, mida väljendatakse massina (gCO ₂ e, kgCO ₂ e, tCO ₂ e, GtCO ₂ e)
CSRD	(<i>Corporate Sustainability Reporting Directive</i>) Euroopa Liidu kestliku aruandluse direktiiv, mille eesmärk on suurendada kestlikkuse raporteerimise läbipaistvust ja kvaliteeti
DAF	(<i>distance adjustment factor</i>) vahemaa ühtlustuskordaja
EEIO	(<i>Environmentally-extended input output data</i>) eriheitetegur tegevusvaldkonna keskmisena; vaikeandmete liik
ESG	(<i>Environmental Social and Governance</i>) kestlik lähenemine äritegevusele
GCD	(<i>Great Circle Distance</i>) kahe punkti vaheline kaugus otseimat õhuteed mööda
GLEC	(<i>Global Logistics Emissions Council</i>) Globaalne Logistikaheitmete Nõukogu; SFC loodud konsortsium valdkonna suurettevõtetest, erialaliitudest jt
HOC	(<i>hub operations category</i>) logistikaüksuse (nt ladu, ristlaadimisjaam) tegevuskategooria; grupp tegevusi, mille alusel arvatud eriheitetegurid on kasutatavad järgnevate sama iseloomuga logistikategevuste puhul
HYBRIT	(<i>Hydrogen Break-Through Ironmaking Technology</i>) koostööprojekt Rootsi suurfirmade Vattenfall, LKAB ja SSAB vahel, eesmärgiga asendada terasetootmise protsessis redutseerijana toimiv koks vesinikuga
KHG	kasvuhoonegaas
LCA	(<i>Life Cycle Assessment</i>) olelusringi hindamine
PD	(<i>planned distance</i>) planeeritud transpordivahemaa
SFC	(<i>Smart Freight Centre</i>) kaubatranspordist tekkivate kasvuhoonegaaside vähendamisele keskendunud Hollandis baseeruv rahvusvaheline mittetulundusühing
SFD	(<i>Shortest Feasible Distance</i>) kahe punkti vaheline lühim võimalik transpordivahemaa arvestades transpordiinfrastruktuuri võimalusi

TCE	<i>(transport chain element)</i> üksik tarneahela tegevus, nt vedu kahe punkti vahel ilma veovahendi ega veoühiku muutuseta
TEU-km	transporditegevuse mõõtühik konteinerveoste puhul; ühe 20' merekonteineri vedu 20 km kaugusele võrdub 20 TEU-km-ga
tkm	tonn-kilomeeter; transporditegevuse mõõtühik kaubaveo puhul üldtingimustes; 20 tonni kauba vedu 30 kilomeetri kaugusele võrdub 600 tonn-kilomeetriga
TOC	<i>(transport operations category)</i> transpordi tegevuskategooria; grupp tegevusi, mille alusel arvatud eriheitetegurid on kasutatavad järgnevate sama iseloomuga transporditegevuste puhul
TTW	<i>(tank-to-wheel)</i> transpordikütuste eriheitetegurite puhul energiakandjaga kaasnevate kasvuhoonegaaside arvestuse süsteemipiir, mis iseloomustab ainult energiakandja kasutusfaasi
DESNZ	<i>(Department of Energy Security and Net Zero)</i> tegevuspõhiste heitetegurite andmebaas, mida avaldab ja iga-aastaselt uuendab samanimeline Suurbritannia ministeerium; valitsusasutust on tihti ümber korraldatud, seega on andmebaas tuntud ka kui DEFRA <i>(Department of Environment, Food and Rural Affairs)</i> või BEIS-i <i>(Department for Business, Energy & Industrial Strategy)</i>
UNFCCC	<i>(United Nations Framework Convention on Climate Change)</i> ÜRO kliimamuutuste raamkonventsioon
EPA	<i>(Environmental Protection Agency)</i> Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitse Agentuur
WTT	<i>(well-to-tank)</i> transpordikütuste eriheitetegurite puhul energiakandjaga kaasnevate kasvuhoonegaaside arvestuse süsteemipiir, mis iseloomustab ainult energiakandja hankefaasi
WTW	<i>(well-to-wheel)</i> transpordikütuste eriheitetegurite puhul energiakandjaga kaasnevate kasvuhoonegaaside arvestuse süsteemipiir, mis iseloomustab tervet energiakandja elutsükli; kütuse WTW heitmed on WTT ja TTW heitmete summa

SISSEJUHATUS

21. sajandi esimese poole sõlmprobleemiks on globaalne kliimamuutus, mis ohustab märkimisväärselt olemasolevat elukorraldust ja inimkonna jätkusuutlikkust. Kliimamuutuse üheks põhiteguriks on kasvuhoonegaaside osakaalu suurenemine atmosfääri koostises, mille tõttu eraldub vähem päikese kiirgusenergiat Maa atmosfäärist kui siseneb. Atmosfääri keskmise temperatuuri tõus mõjub olulisel määral elustikule, õhumasside liikumisele, hoovustele, liustikele, laiemalt ökosüsteemi tasakaalule. Peamisteks kasvuhoonegaasideks (KHG) Säästva Arengu instituudi sõnaseletuste alusel [1] on süsinikdioksiid ehk süsihappegaas (CO_2), metaan (CH_4), diämmastikoksiid (N_2O), fluorosüsivesinikud (HFC), perfluorosüsivesinikud (PFC), fluoroklorosüsivesinikud (HCFC), osoon (O_3), veeaur. Kyoto protokoll järgi määratletakse KHG-deks eelnevalt nimetatuid esimesed viis ja lisaks väävelheksafluoriid (SF_6). Kasvuhoonegaaside peamiseks allikaks on fossiilsete kütuste põletamine, mille suurimad inimtekkelised allikad on energiatootmine, transport, tööstus, põllumajandus.

Kuna antropogeensete KHG-de põhjustatud kliimamuutuse osas eksisteerib ühiskonnas skeptilisust, annan lühiülevaate globaalse soojenemise kui temaatika arengust, et ühtlustada konteksti, arendada teemakohast keeleoskust ja tekitada mõistmist teekonnast, kuidas on inimkond murranguliste muutuste ajastusse sisenenud.

Esmakordne teaduslik märkimine, et süsihappegaasi osakaalu suurenemine atmosfääris võib põhjustada temperatuuritõusu, tehti 1895. aastal professor Svante Arrheniuse [2] poolt vastavate arvutustega. Kvantifitseerimise põhjuseks oli Arrheniuse huvi jääaegade tekkimise mehhanismide, täpsemalt järsu globaalse temperatuurimuutuse seletuse vastu. Arrhenius näitlikustas [2] muuhulgas ka CO_2 tekkeallikana tööstust: 1895. aasta umbkaudne kivisöe tootmiskaht oli 500 miljonit tonni (0,5 Gt), mis ümberarvestatuna süsihappegaasi võrduks ühe tuhandikuga tollasest CO_2 kogusest atmosfääris.

Järgnevalt järeltas 1938. aastal Guy Stewart Callendar [3] eri allikatest ja aegadel kogutud mõõtetulemuste alusel, et atmosfääri süsihappegaasi kontsentratsioon suureneb ja seda inimtegevuse mõjul. Eelneva poole sajandi jooksul fossiilsete kütuste põletamisel atmosfääri paisatud süsihappegaasi hinnanguliseks koguseks nimetab Callendar [3] 150 miljardit tonni (150 Gt). Inimtegevuse tõttu tekkinud süsihappegaasi kogusest tuletab arvutuslikult aastase temperatuuritõusu $0,003^\circ\text{C}$, kuid sama perioodi tegelik temperatuuritõus 200 meteoroloogiajaama mõõtmiste alusel on olnud keskmiselt $0,005^\circ\text{C}$ aastas. Callendar visandas [3] oma töös ka tuleuse ebaselguse

tõttu palju kriitikat saanud graafiku temperatuuri ja atmosfääri CO₂ kontsentratsiooni vahelise seose kohta.

1956. aastal esitas Gilbert Norman Plass [4] globaalse kliimamuutusega seoses süsihappegaasiteooria, mille järgi CO₂ kontsentratsiooni kahekordistamise korral tõuseks atmosfääri keskmine temperatuur 3,6 °C ja CO₂ kontsentratsiooni vähenemine 50% võrra langetaks atmosfääri keskmist temperatuuri 3,8 °C võrra. Artikli ilmumise ajal oli fossiilkütuste põletamisest atmosfääri paisatava süsihappegaasi kogus rohkem kui 6 miljardit tonni (6 Gt) aastas. Plass rõhutas [4], et on vajalik teostada järjepidevaid süsihappegaasi kontsentratsiooni mõõtmisi.

1957. esitas G. S. Callendar [5] 19. sajandil teostatud mõõtmisandmete kogumise ja uurimise järel 1900. aasta atmosfääri CO₂ kontsentratsiooniks baasväärtuseks 290 ppm-i (Kirde-Atlandi piirkonnas). Andmete hulgas oli ka Tartus 1886. aastal professor Georg Dragendorffi (366 mõõtetulemust, mediaanväärtusega 266 ppm-i) ja 1888.-1889. aastatel Eugen von Frey poolt teostatud mõõtmiste tulemused (932 mõõtetulemust, mediaanväärtusega 264 ppm-i), mida Callendar pidas võrdlemisi madalateks tulemusteks ja kahtlustas seetõttu riistaviga. Andmete puhastamine ja ainult kõrgeima usaldusväärsusega andmete valimisse jätmine aga ei andnud märkimisväärselt erinevat tulemust, misjärel Callendar järeldas [5], et tema esitatud täiskümneliseni ümardatud väärtuse suhtes võib kogu olemasoleva kirjanduse baasilt jõuda mitte rohkem kui üheprotsendilise (1%) erinevuseni.

1960. aastal avaldas Charles Keeling [6] mitme aasta mõõtmiste alusel põhjapoolkera atmosfääri CO₂ kontsentratsiooni hooajalise muutuse, fikseerides seega esmakordselt mõõtmistulemustega taimestiku kasvuperioodidest tuleneva planeedi „hingamise“. Lisaks märkas ta Antarktika mõõtmispunktis, kus puudusid tüüpilised kohalikud mõjuallikad, CO₂ kontsentratsiooni järjepidevat aastast tõusu. Alates 1958. aastast Mauna Loa observatooriumis teostatud mõõtetulemuste alusel konstrueeris Keeling graafiku, mis visualiseeris aastatel 1958-1963 toimunud pideva ja stabiilse süsihappegaasi kontsentratsiooni tõusu atmosfääris. See graafik kujunes ikoonilise Keelingu kõvera alguseks. [7] Kaheksa aastat hiljem Keeling täiendas [8] mõõteandmeid ja kinnitas veelkord, et süsihappegaasi kontsentratsioon atmosfääris tõuseb, see tuleneb inimtegevusest ja mõju on globaalne.

Alates 1970ndatest hakkas kliimamuutus teemana rohkem tähelepanu saama ühiskondlikul tasandil, rahvuslikud ja rahvusvahelised organisatsioonid hakkasid suunama poliitikat. 1972. aastal toimus ÜRO inimkeskkonna konverents, mis oli

esimene suur konverents globaalsete keskkonnaküsimuste käsitlemiseks. Stockholmi deklaratsiooni kuues põhimõte sõnastab [9], et keskkonna taastumisvõimet ületavate heitmete tekitamine tuleb peatada, et vältida pöördumatut kahju ökosüsteemidele. Loodi ÜRO Keskkonnaprogramm (*UN Environmental Program, UNEP*).

1979. aastal avaldas Ameerika Ühendriikide Rahvusliku Uuringute Nõukogu poolt kokku kutsutud Kliimauuringute Töögrupp teadusliku konsensuse kehtestamiseks aruande CO₂ kontsentratsiooni suurenemise mõjust atmosfääri keskmisele temperatuurile. Järelduses kinnitatakse [10], et senised avaldatud projektsioonid ei ole ka kriitilisel hinnangul ülepaisutatud ja CO₂ koguse kahekordistamisel on tõenäoline keskmine temperatuuri tõus 3 °C (±1,5 °C). Ajavahemikul 1958-1979 on CO₂ atmosfääri kontsentratsioon suurenenud 20 ppm-i ja fossiilsete kütuste põletamisest on õhku paiskunud 78 miljardit tonni (78 Gt) süsihappegaasi. Ulatuslikke kliimasoojenemisest põhjustatud sotsiaalmajanduslikke mõjusid peetakse aruandes tõenäoliseks, kuid nende iseloom ja ulatus olid hetkes prognoosimatud.

ÜRO Peaassamblee adresseeris [11] kliimamuutuse teemat 1988 kogul. Tunnustati ÜRO valitsustevaheline kliimamuutuste paneeli (IPCC) loomist, mille ülesandeks sai regulaarsete aruannete esitamine. IPCC aruannete sisuks on:

- anda ülevaade ajakohastest kliimamuutuse-alastest uuringutest ja teadusartiklitest (I tööühm),
- kliimamuutusest tulenevate sotsiaal-majanduslike mõjude hindamine (II tööühm) ja
- realistlike vastumeetmete pakkumine (III tööühm).

Esimene IPCC aruanne ilmus aastal 1990. aastal, kuuenda aruande lõplik ehk tööühmade aruannete süntees avaldati 2023. aasta märtsis. IPCC aruanded on olulisimaks kliimapoliitikat kujundavaks sisendiks nii globaalsel kui regionaalsel tasandil.

1992. aastal toimus Rio de Janeiro ÜRO keskkonna- ja arengukonverents, kus allkirjastati [12] mitmed märgilised kliimapoliitikat kujundavad dokumendid: Agenda 21 – säästva arengu tegevuskava, Rio keskkonna- ja arengudeklaratsioon, ÜRO kliimamuutuste raamkonventsioon (*Framework Convention on Climate Change - UNFCCC*). Viimase allkirjastasid 166 riiki, millega lubasid konventsiooni artikkel 2 järgi [13] töötada inimtekkelise kliimamuutuse ennetamise nimel. ÜRO kliimamuutuste raamkonventsioonis sätestatud eesmärkide järjepideva täitmise hindamiseks ja vajalike tegevuste läbirääkimiseks korraldatakse iga-aastast kliimamuutuste konverentsi COP (*Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change*).

1997. aastal sõlmitud Kyoto protokolliga leppega (UNFCCC lisa) seati arenenud riikidele kohustuslikud kasvuhoonegaaside vähendamise eesmärgid [14], protokoll jõustus 2005. aastal. Fookusesse võeti majanduslikult rohkem arenenud riigid, sest just nemad olid seni enim KHG-sid atmosfääri paisanud ja seeläbi oma majandust edendanud. Kokku 37 arenenud ja üleminekumajandusega riiki (protokollis lisas 2 nimetatud riigid) võtsid juriidiliselt siduva kohustuse vähendada kasvuhoonegaaside heidet võrreldes 1990. aastaga perioodil 2008-2012 (esimene kohustusperiood) keskmiselt 5%.

2012. aastal võeti COP18 raames vastu Kyoto protokolliga Doha muudatus, mis jõustus 2020. aasta lõpus. Doha muudatus sätestas teiseks kohustusperioodiks aastad 2013-2020, lepinguga võtsid [15] Euroopa Liidu riigid (koos Islandiga) ühise kohustuse mitte ületada teise kohustusperioodi aastatel keskmist aastast heitekogusemäära, milleks oli 80% võrdlusaasta (1990) kogusest. Kyoto leppega ei ole liitunud suurimad kasvuhoonegaaside tekitajad arenenud riikidest, nt USA ja Kanada ning lepe ei hõlma lisaks suuri riike nagu Hiina ja India.

2015. aasta Pariisi kliimalepe oli järgmiseks märgiliseks lepinguks pärast Kyoto protokolliga. Pariisi kliimaleppega võtsid 195 riiki õiguslikult siduva kohustuse [16] kliima soojenemise aeglustamiseks. Eesmärgiks on hoida globaalset soojenemist tunduvalt alla 2 °C (soovitavalt alla 1,5 °C) võrreldes tööstusrevolutsiooni eelse ajaga. Riikidelt oodati aastaks 2020 plaane kasvuhoonegaaside vähendamise osas ja pikemaajalist strateegiat heidete vähendamiseks. Lisaks lepiti kokku, et arenenud majandusega riigid toetavad rahaliselt arengufaasis olevaid majandusi kliimaeesmärkide täitmisel. USA taandus leppes põhjendusega, et lepe kahjustab riigi huve [17] ja teised suured riigid (Hiina, India) saavad vastupidiselt saaste vähendamist edasi lükata, kuid presidendi vahetudes liitus suurriik Pariisi leppega uuesti [18].

Kliimapoliitika areng ja karmistuvad nõuded on tinginud vajaduse järjepidevalt KHG-sid mõõta ja nende vähendamiseks tegevusi planeerida. Euroopa Liidus pärineb ligi 30% KHG heitekogustest transpordist, üle kolme neljandiku sellest maanteetranspordist. Sealjuures on Euroopa Parlamendi andmetel [19] transport ainus sektor, kus heitmed on endiselt kõrgemal 1990. aasta tasemest. Transpordiheitmete vähendamise kiirendamiseks planeerib Euroopa Liit kehtestada [20] uue heitekogustega kauplemise süsteemi, suurendada taastuvate transpordikütuste osakaalu turul, kaotada fossiilkütuste maksusoodustused ja vaadata läbi alternatiivkütuste taristut käsitlevad õigusaktid, et soodustada infrastruktuuri arengut. Üldjoontes muutub fossiilsetel

kütustel põhinev transport lähitulevikus kiiresti kulukamaks, mis seab ootuspäraselt ka ettevõtjatele surve alternatiivide leidmiseks.

Transporditeenust sisseostval ettevõttel on täna keeruline hinnata, missugune on kaupade transpordiks kasutatava veduki tegelik KHG heide. Kaubasaatja jaoks eksisteerib lahendus, kus transporditeenuse vahendusplatvormid on rakendanud teoreetilisi valemeid, et anda kaubasaatjale indikatiivne hinnang erinevate vedajate võimalike heitmete kohta, kuid võrdlusarvud on ülemäära lihtsustatud ja põhinevad vaikeandmetel. Eriti markantsed on näited, kus erinevatel vedajatel tuleb 2000 km kaugusele viidava kaubaühiku KHG heide kümne grammi täpsusega sama – tõenäoliselt on sisestatud mudelisse identsed vaikeandmed, tulemustes puudub erisus ja seos reaalsusega. Davydenko jt koostatud [21] transpordi KHG-de mõõtmise raporti järgi on logistikaprotsessidesse puutuvate otsuste tegemisel KHG andmete kasutamiseks vajalik, et kõik protsessis osalejad kasutaksid KHG heitmete arvutamisel ja tegevuste vahel jaotamisel samu meetodikaid. Seega on otsustusprotsesside sisendina ja erinevate stsenaariumite võrdlemiseks määrava tähtsusega lähteandmete seos konkreetse transpordi- või logistikategevusega.

Traditsioonilisest majandusmudelist kestlikuma poole liikumiseks on Fulzele ja Shalkar tuvastanud [22], et tippjuhtkonna toetus ja strateegia kehtestamine on organisatsiooni soorituse seisukohalt teiste kestlikkuse initsiatiivide ja praktikate kõrval suurima mõjuga. Fossiilsete transpordikütuste kasutamise jätkamisega seotud ärilise riski maandamiseks ja jätkusuutlikumate otsuste tegemiseks transpordipartnerite valikul vajab kaubasaatja kontrollitud meetodit transpordist tekkiva süsihappegaasi koguse hindamiseks. Juhtumettevõtte on 2021. aastal juba sõnastanud strateegilise eesmärgi: aastaks 2026 oma tegevusest tekkiva CO₂ vähendamine 25% võrra võrreldes aastaga 2019. Järgmine samm eesmärgi saavutamiseks on planeerida mõõdikud ja tegevused. Kui teiste põhiliste CO₂ allikate puhul on ettevõtte suutnud baasolukorra fikseerida, st andmete üle on omal kontroll (nt kasutatud kütus tõstukites, kasutatud soojusenergia ja elektrienergia kogused), siis kauba transpordist tekkiva CO₂ heitmekoguse tuvastamine on olnud keerulisem, kuna transpordiettevõtteid on palju ja kütuse kasutuse arvestust ei peeta reeglina kliendi-/saadetisepõhiselt. Selle magistritöö eesmärgiks on teha ettepanek juhtumettevõttele tema eripäradele vastava ja talle kättesaadavate andmetega rakendatava meetodika valikuks vastavalt ettevõtte poolt seatud kriteeriumitele: kaubatranspordist tekkiva KHG heitme koguse arvestus vähemalt koormapõhiselt, tulemuste kontrollitavus ja objektiivsus.

Uurimisküsimused, mis toetavad püstitatud eesmärgi saavutamist:

- 1) Millised on rahvusvaheliselt tunnustatud maanteetranspordi KHG heitmete arvutusmetoodikad?
- 2) Mis andmeid on KHG heitmete arvutuseks vaja ja mis neist on ettevõttele kättesaadavad?
- 3) Kui erinevad on eri meetoditega saadud tulemused?
- 4) Missugune metoodika vastab ettevõtte ootustele?

ISO 14083, GLEC raamistik, kasvuhoonegaasid, transport, süsiniku jalajälg, magistritöö

1. TAUST

1.1. Kliimapoliitika Euroopas

2019. aastal tutvustati Euroopa Liidus komplekti poliitikaettepanekuid [23] ühendnimetusega Euroopa roheline kokkulepe (*The European Green Deal*), mille eesmärk on viia Euroopa Liit aastaks 2050 kliimanetraalsuseni. Euroopa rohelepe puudutab kõiki olulisi tegevusvaldkondi ja poliitikamuudatuste mõju ükskõik millisele ettevõttele ja EL-i elanikule on raske alahinnata. Hõlmatud teemavaldkondadeks on näiteks energiakasutus, transport, ehitus, tootmine, elurikkus, keskkond. Rohelepe osaks on Fit for 55 kava, mis seab eesmärgiks vähendada aastaks 2030 EL-i kasvuhoonegaaside netoheidet 55% võrreldes aastaga 1990. Fit for 55 kavas on transpordile suunatud poliitilisteks algatusteks [24]:

- 1) maanteetranspordis (ja hoonetes) kasutatavate kütuste heitkoguste kauplemise süsteemi jõustamine alates aastast 2027;
- 2) sõiduautode ja kaubikute CO₂ heitenormide kehtestamine, uute masinate puhul nullheite nõue alates 2035. aastast;
- 3) alternatiivkütuste taristu (laadijate ja vesinikutanklate võrgustikud) loomine;
- 4) lennukütuste reform, millega suurendatakse kestlike lennukütuste osakaalu ja laiendatakse heitekaubandust ka lendudele väljapoole Euroopa Majanduspiirkonda;
- 5) laevakütuste reform, millega laiendatakse heitmete kaubandust laevandusse.

2023. aasta jaanuaris jõustunud Euroopa Liidu kestlikkuse aruandluse direktiiv (CSRD) suurendab [25] aastate jooksul oluliselt ettevõtete hulka, kes peavad esitama iga-aastaseid kestlikkuse aruandeid, kus muuhulgas tuleb hinnata ka ettevõtte ja tema partnerite poolt tekitatud kliimamõju. Esmalt langeb kohustus 2024. aastast varasema regulatsiooniga (NFRD) kaetud ettevõtetele, keda on umbes 11 700, kuid iga järgneva aastaga kohustus laieneb hõlmates enne 2030. aastat hinnanguliselt 50 000 ettevõtet.

Eelnevale lisaks on Euroopa Komisjonis initsiatiivi CountEmissionEU raames väljatöötamisel regulatsioon [26] ühtse transpordi KHG heitmete arvestussüsteemi loomiseks. Metoodiliseks aluseks on värskelt avaldatud ISO 14083 ja eesmärgiks on võetud ka üleeuroopalise eriheitetegurite vaikeväärtuste andmebaasi loomine. Regulatsioon seaks piirangu ka mudelandmete kasutamisele, kui need pole arvutatud kooskõlas ISO 14083. Samale regulatsioonile on tagasisidet andnud SFC, GLEC

raamistiku välja töötanud ja ISO 14083-le peamise sisendi andnud mittetulundusühing, rõhutades [27], et üks transpordiheitmete arvutusmetoodikate peamine probleemkoht ja puudulik rahvusvaheline konsensus seostub eriheitetegurite vaikeväärtustega, sest erinevad allikad on sisestanud arvutustesse omi eeldusi, riiklikel tasemetel on metoodikad tihti seotud jäigalt mõne kohaliku eriheiteteguriga ja kokkuvõttes pole lõpptulemused võrreldavad.

1.2. Keskkonnavalased transpordipoliitika eesmärgid Eestis

Eesti rohepöörde tegevusplaan aastateks 2023-2025 seab [28] kolm eesmärki:

- 1) negatiivsete keskkonnamõjude vähendamine,
- 2) nüüdisaegse ja kvaliteetse elukeskkonna kujundamine,
- 3) konkurentsivõimelise ja keskkonnahoidliku ettevõtluse arendamisele kaasaaitamine.

Detailsemalt on eesmärkidega seotud kümme tegevusvaldkonda, millest üks on ka transport ja liikuvus. Valdkonna väljakutsetena on loetletud:

- 1) keskkonnahoidliku ühistranspordi edendamine,
- 2) ohutu ja rohepööret toetava tänavakeskkonna loomine,
- 3) keskkonnahoidlikku liikuvust soodustava linnakeskkonna loomine,
- 4) innovatiivse ja keskkonnahoidliku meretranspordi arendamine,
- 5) innovatiivse ja keskkonnahoidliku lennutranspordi arendamine.

Kasvuhoonegaaside vähendamise eesmärgid on kirjeldatud ka transpordi ja liikuvuse arengukavas (2021-2035). Eesti transpordipoliitika [29] eesmärgiks on tagada elanikele ja ettevõtetele mugavad, ligipääsetavad, ohutud, kiired, nutikad ning kestlikud liikumisvõimalused kooskõlas Euroopa Liidu õigusnormides kehtestatud eesmärkidega.

Selleks on kirjeldatud kaheksat mõõdikut:

- 1) liikluses hukkunute arvu vähendamine 60-lt 30-le (kolme järjestikuse aasta keskmisena),
- 2) transpordist tekkiva CO₂-heitme vähendamine 2369 kilotonnilt 1700-le,
- 3) Eesti lipu all töötavate kauba- ja reisilaevade arvu suurendamine ühelt 360-ni,

- 4) kaubaveo modaalne nihe maanteelt raudteele 26%-lt 40%-le (raudteeveo osakaalu suurenemine mõõdetuna tonn-kilomeetrites),
- 5) regulaarsete aastaringsete lennuliinide arvu tõus 28-lt 40-le,
- 6) transpordi aastase energiakulu vähendamine 9,4 TWh-lt 8,3 TWh-le,
- 7) transpordis kasutatava taastuvenergia osakaalu tõus 3,3%-lt 24%-le,
- 8) ühistranspordi, jalgrattaga või jalgsi tööle liiklejate osakaalu tõus 38,7%-lt 55%-le.

Arengukava põhifookusena on nimetatud transpordivahendite- ja süsteemi keskkonnajälje vähendamine, mida kirjeldab eelkõige transpordist tekkiva CO₂-heitme vähendamise mõõdik.

Kuigi transpordi arengukavas on kirjeldatud ka maanteede jm transpordiinfrastruktuuri järjepidevat ehitust, laiendust ja arendust, on tähelepanuväärne, et suur rõhk (ka rohepöörde tegevuskavas) on ühistranspordiga, jalgrattaga ja jalgsi liiklemise võimaluste arendamisel. Eesti lähenemine transpordiheitmete vähendamisele paistab olevat kättesaadavamate ja mugavamate võimaluste loomine, et tekitada reisijates soovi valida keskkonnasäästlikum transpordiviis. Kahjuks käsitletakse kaubavedu maanteel ühekülgsest, läbivalt nähakse lahendust kaubaveo modaalsetes nihkes raudteele, selle saavutamiseks on tegevusteks intermodaalsete terminalide ehitamine, raudtee elektrifitseerimine ja Valga-Võru-Koidula lõigu kaubaveoks kasutamine.

1.3. Kestlikkus eraettevõttes

Eraettevõtted on kestlikkuse eri tahkudega (majanduslik, ühiskondlik, keskkonnanalane) tihedalt seotud. Kui majanduslik jätkusuutlikkus on vähest seletust vajav ja levinud arusaamana [30] ongi eraettevõtte ainus eesmärk kasumit teenida, siis teised valdkonnad vajavad lahtimõtestamist. Ühiskondlik panus seostub hea äripraktikaga ja kogukonnaga positiivse suhestumisega. Enim mõjutavaks asjaoluks võib suuremate ettevõtete puhul pidada ettevõtte omanike (börsiettevõtete puhul), harvemal juhul ka suurkliendi poolt nõutud aruandlust seoses töötajate töötingimuste, ettevõtte tarnijate töötajate profiili (lapstööjõu välistus) ja elementaarsete õiguste ja töötingimuste olemasolu kohta, soolise/usulise/rassi põhjal diskrimineerimise vältimise kinnitust. Keskkonnanalasel on levinud ettevõtte protsesside joondamine ISO 14001 standardi järgi. Suurettevõtete jaoks on Euroopa Liidus kohustus ka avalikustada kestlikkuse

raportit, mis kajastab ettevõtte mõju keskkonnale, kus ta tegutseb. Keskkonna mõõtme puhul on oluline ettevõtte tegevusest tekkiv keskkonnamõju vastumeetmete abil tasakaalustada.

1.4. Ettevõtete süsiniku jalajälje kaardistustulemusi

Süsiniku jalajäljeks nimetatakse rahvusvahelise tootepõhise KHG heitmete kvantifitseerimise standardi järgi [31] tootele/teenusele omistatud KHG koguseid (võib sisaldada mahaarvamist CO₂ püüdmisest), mida arvutatakse olelusringi hindamise meetodil ja mõõdetakse erinevate KHG-de globaalse soojenemise potentsiaali järgi taandatuna ühikule tonni või kilogrammi CO₂e.

Eesti ettevõtete süsinikuheidet on hiljuti kaardistatud mitmete diplomitööde raames Tallinna Tehnikaülikoolis ja Eesti Maaülikoolis. Ärinõustamisettevõtte KPMG Baltics OÜ näitel KHG heitmete inventeerimine teostati Koka magistr töö raames [32] peamiselt EL-is jõustunud CSRD-st tulenevate turumuutuste ootuses. Direktiiv kohaldub KPMG Balticsile küll alles 2026. aruandeaastast, kuid ettevõtte näeb sellega seoses uusi ärivõimalusi nõustamisteenuste pakkumise näol. Kasutati GHG protokoll metoodikat, millega arvestati välja mõjuala 2 ja mõjuala 3 kategooriate 1 (ostetud tooted ja teenused), 6 (ärireisid) ja 7 (töötajate pendelränne) heitmed. Käsitlusse kuuluvad mõjuala 3 kategooriad olid määratud korporatiivselt, mõjuala 1 heitmed jäid käsitlemata, kuna ettevõttel puuduvad selles kategoorias heitmed (kütuseid kasutavad seadmed). KPMG Baltics KHG heitmed perioodil 1. oktoober 2020 kuni 31. september 2021 olid 213,64 tCO₂e. Suurima osakaaluga, ligi kolmandik heitmest pärineb ostetud kaupadest ja teenustest, täpsemalt sisseostetud koolitusteenustest. Kõigi mõjuala 3 kategooriate puhul kasutati KHG heitmete tuletamiseks eriheitetegureid riiklikest andmebaasidest peamiselt andmete kättesaadavuse ja värskuse alusel – transpordi puhul DESNZ andmebaasist, ostetud kaupade ja teenuste puhul US EPA andmebaasist. Peamiseks soovitusena KHG heitmete vähendamiseks oli elektrienergia lepingu muutmine roheelektri ostmiseks – see võimaldaks 20% vähendust.

Telekommunikatsiooniettevõtte Telia Eesti AS süsiniku jalajälje arvutus GHG protokoll metoodikal 2022. aasta kohta andis Jürgensi magistr töö [33] tulemuseks 59 354

tCO_{2e}, millest 97% tuleneb mõjuala 3 heitmetest. Arvutustesse oli kaasatud mõjuala 3 kategooriatest ostetud kaubad ja teenused (kategooria 1), kapitalikaubad (kategooria 2), kütuse- ja energiatarbimisega seotud tegevused (kategooria 3), ülesvoolu transport ja jaotus (kategooria 4), jäätmete käitlemine (kategooria 5), ärireisid (kategooria 6), töötajate pendelränne (kategooria 7), müüdüd toodete kasutamine (kategooria 11), müüdüd toodete olelusringi lõpu käitlemine (kategooria 12) ja allavoolu liisitud vara (kategooria 13). Koguheitmest 58% moodustasid ostetud kaupade ja teenustega (kategooria 1) seotud KHG heitmed. Arvutusteks kasutati mitmekesiseid andmed: tegevusandmed pärinesid enamjaolt ettevõtte andmebaasidest, KHG heitmete arvestuseks vajalik sisend saadi seadmete tootjatelt kogutud süsiniku jalajälje andmetest kuni riiklike andmebaaside eriheiteteguriteni (UK DESNZ, EV Kliimaministeeriumi mudel). Siinses töös huvipakkuva mõjuala 3 kategooria 4 osas tõdeti, et arvutusteks olid vajalikud väga detailsed andmed, mida enamikult koostööpartneritelt polnud võimalik saada, mistõttu kajastati neil juhtudel transporditeenuseid kategooria 1 all. Peamisteks soovitusteks süsiniku jalajälje vähendamiseks on ettevõtte enda kontrolli all olevate hoonetes ja seadmetes taastuenergia kasutamine, kaugküttelahenduste kasutuselevõtt ja ruumide jahutuse tõhustamine, tarneahela vaatest aga tooteportfelli ümberorienteerimine vastupidavamatele, energiatõhusamatele ja ka kasutatud toodetele.

Mööblitootja AS Standardi süsiniku jalajälje arvutuse vajadus tulenes Sarapi järgi [34] suurenevast regulatiivsest keskkonnast ja ettevõtte soovist muutusteks valmistuda, sh on seatud eesmärk vähendada süsinikuheidet 2030. aastaks 50% võrra. KHG heitmete arvutusega GHG protokoll metoodika alusel selgus, et Standardi aastane heide vaadeldud mõjualades ja kategooriates on umbes 2570 tCO_{2e}, mis tuleneb 42% osas tarbitud elektrienergiast (mõjuala 2), 28% gaasikatlas tarbitud maagaasist (mõjuala 1) ja 21% tellitud transpordist (mõjuala 3 kategooria 4). Lisaks oli arvestatud veel mõjuala 3 kategooria 7 (töötajate pendelränne) heitmetega (4%). Mõjuala 3 kategooria 4 heitmeid on arvestatud paremate andmete puudumise tõttu kulupõhiselt, kuigi arvutustes pole siiski eristatud transpordiliike (maantee-, õhu-, meretransport). KHG heitmete vähendamiseks antakse soovitus koostada tegevuskava, kus esmane fookus võiks langeda hoonete energiatõhususe parandamisele. GHG protokoll küll ei kohusta arvestama mõjuala 3 kategooriatega, kuid sedastab ka selgelt, et kategooriate kõrvalejätmine peab olema mõjusalt põhjendatud, mis AS-i Standard süsiniku jalajälje arvutuse juures ei ole tuvastatav. Potentsiaalselt on Standardi näitel suur KHG heitmete hulk peidetud veel mõjuala 3 kategooriates 1, 3, 5 ja 12.

Alkoholitoodete maaletooja ja turustaja X näitel teostas Lõhmus magistritööna [35] GHG protokolliga mõjuala 3 KHG heitmete arvutused meetodite võrdluseks nii kulupõhiselt kui ka tegevusandmete põhised. Inventeerimisse kaasati mõjuala 3 kategooriad: sisseostetud tooted ja teenused (kategooria 1), kapitalikaubad (kategooria 2), sisseostetud kaupade tarne (kategooria 4), ärireisid (kategooria 6), töötajate pendelränne (kategooria 7), ülesvoolu liisitud vara (kategooria 8) ja müüdü toodete olulusringi lõpufaasi käitlus (kategooria 12). Kulupõhiste meetoditega arvutas Lõhmus aruandlusperioodi 1. juuli 2020 kuni 30. juuni 2021 koguheitmaks 567 tCO₂e, tegevusandmetel põhinevate meetoditega 634 tCO₂e ehk 11,8% suurema KHG heite. Küll aga on kategooriatesiseselt meetoditevahelised erinevused märkimisväärsed, millest annab ülevaate Tabel 1.1. Analüüsis jõudis Lõhmus järelduseni [35], et kaubade veo osas võib kulupõhise meetodiga saadud tulemus tuleneda Eesti transpordihindade suhtelisest odavusest võrreldes piirkonnaga, kust on pärit arvutuses kasutatud eriheitetegur. Kui aktsepteerida, et KHG heitmete alaraporteerimine on taunitavam stsenaarium kui üleraporteerimine, siis on risk vääraks hinnanguks suurim just sisseostetud kaupade tarne kategoorias (kategooria 4), kus ettevõtte X tegevuspõhiste andmete alusel on KHG heitmete kogus üle 4,5 korda suurem kui kulupõhise meetodiga arvutades, seejuures heitmete osakaal koguheitmetest muutus 8%-lt 31%-le – mõju suuruselt teiseks kategooriaks.

Tabel 1.1 KPMG KHG heitmete arvestuse erinevused meetodite ja kategooriate kaupa [35]

Mõjuala 3		Kulupõhine meetod (tCO ₂ e)	Tegevusandmete -põhine meetod (tCO ₂ e)	Erinevus
Kategooria 1	Ostetud kaubad ja teenused	346,1		N/A
Kategooria 2	Kapitalikaubad	41,8	6,4	-84,7%
Kategooria 4	Sisseostetud kaupade tarne	43,0	195,9	355,6%
Kategooria 7	Töötajate pendelränne	42,5	9,1	-78,5%
Kategooria 8	Ülesvoolu liisitud vara	42,9	66,5	54,9%
Kategooria 12	Müüdü toodete olulusringi lõpufaasi käitlus	50,5	10,0	-80,1%
KOKKU		566,9	634,0	11,8%

Tööstusettevõtte ABB Ltd äriüksuse ABB Robotics transpordist tekkivate KHG heitmete inventeerimismetoodika arendus tulenes ettevõttesisesest puudulikkusest ühtsest süsteemist vajalike andmete konsolideerimiseks ja üksustevaheliseks jaotamiseks. Danilov on tuvastanud [36], et puudulik andmehaldus pärsib eesmärkide seadmist ja tegevusplaanide koostamist KHG heidete vähendamiseks. KHG heitmete arvestusmetoodikatest võrreldi GHG protokolliga, standardeid EN 16258 ja ISO 14064.

Harmoniseeritud lähenemiseks soovitatakse KHG heitmete prognoosimissüsteem seadistada standardil EN 16258 põhineval transpordivahemaa meetodil, kuid Danilov tõdeb [36], et eksisteerib palju erinevaid meetodikaid ja tööriistu, mille abil saadud tulemused ei pruugi omavahel võrreldavad olla. Tegelikke transpordist tekkinud KHG heitmeandmete kogumiseks soovitab ta võtta kasutusele tööriist EcoTransIT ja transpordiettevõtelt nõuda raporteerimist tööriista vahendusel, kuna eraldiseisva programmeeritava valemi koostamist KHG heitmete arvutamiseks olemasolevate tegevusandmete alusel peab võimalikuks just tegelikke transpordi KHG heitmeid mõjutavate tegurite paljususe tõttu.

Joogitootja Heinekeni jaoks tuleneb logistika KHG heitmete inventeerimise probleem tarneahela keerukusest, kuna ettevõtte tegutseb globaalse haardega, transpordiahelad on multimodaalsed ja logistilised tegevused on sisseostetud. Stevensi magistritöö [37] eesmärgiks oli leida ettevõttesisesele KHG heitmete inventeerimise meetodikale laialt tunnustatud ja standartne alternatiiv. Vaatluse all oli GLEC raamistiku esimene versioon (avaldatud 2016), mille rakendamine lahendas seniseid probleeme süsteemi piiri seadmise, arvutus- ja jaotusmeetodite valiku ning vaikeandmete kättesaadavusega. GLEC raamistiku meetodikaga täielikul joendumisel tuvastati, et Heinekeni KHG heitmed on 11% suuremad. Siiski oli GLEC raamistikul Heinekeni seisukohast ka puudujääke: piisavate juhiste puudumine tegevuspiiride määramiseks, vähene järjepidevus eelduste kasutamisel, tervikliku tarneahela käsitlemise puudumine, piisavalt hea kvaliteediga tegevusandmete ja vaikeandmete kättesaadavus. Viimase lahendamist ei saagi GLEC raamistikult oodata, vaid pigem on ootus poliitikakujundajatele ja globaalsele standardiseerimisele, mis suunaks ja kohustaks ettevõtteid andmeid ühetaoliselt koguma ja jagama. Heinekeni ekspertrühm otsustas osad meetodikamuudatused kõrvale jätta, peamise kriteeriumina neil juhtudel oli vähene mõju tegevuse üle. GLEC raamistiku osaline rakendamine suurendas müüdud kauba transpordist tekkivaid KHG heitmeid 7,5% 635 000 tCO_{2e}-ni. Ühe edasise uurimissuunana soovitas Stevens võrrelda mitmeid erinevaid transpordi KHG heitmete arvutusmeetodikaid.

2023. aastal avaldati transpordi KHG heitmete arvestuse kirjanduse ülevaade, milles analüüsiti 53 teaduslikku tööd ja 121 ettevõtte aastaaruannet. Ettevõtete valikukriteeriumiteks oli kas „noteeritud börsil“ või „suur logistikaettevõtte“. Dehdari jt leidsid [38], et teadustöödest ainult 14-s arvestati transpordikütuste WTT KHG heitmetega. Aruannetest nelja puhul ei leitud kestlikkuse osas ühtegi viidet, ülejäänud 117 kestlikkuse aruannetest kajastas logistikast tulenevaid heiteid 58, millest 54 kasutasid raporteerimiseks GHG protokollide meetodikat. Transpordiliigiti olid KHG heitmed eristatud ainult kaheksas aruandes ja 14 ettevõtet raporteerisid nii ülesvoolu

(kategooria 4) kui allavoolu (kategooria 9) transpordiheitmeid. Lisaks tuvastati, et ka kõige kitsama süsteemi piiri valikul võisid vastavalt vaadeldavatele parameetritele tulemused erineda rohkem kui 50%, mida Dehdari ei pidanud keskkonnasäästlikkust arendavate otsuste tegemiseks aktsepteeritavaks veamääraks. Üldiselt on transpordist tekkivate KHG heitmete raporteerimine harv ja kui KHG heide ongi välja arvestatud, on tulemuste usaldusväärsus erinevate meetodiliste lähenemiste tõttu puudulik.

1.5. Transpordi KHG heitmete mõõtmise standardite areng

Kui 90-ndatel võeti üha enam kohustusi ja seati eesmärged kasvuhoonegaaside heitme vähendamiseks, siis tekkis ka vajadus hetkeolukorda mõõta. Maailma Ressursiinstituut (*World Resource Institute, WRI*) koostöös Maailma Jätkusuutliku Arengu Ärinõukoguga (*World Business Council for Sustainable Development, WBCSD*), kaasates mitmeid globaalseid suurettevõtteid ja mittetulundusühinguid (Maailma Looduse Fond, British Petroleum, General Motors jt) töötasid parimaid olemasolevaid süsinikuheitme mõõtmise praktikaid ja teadmisi koondades välja GHG protokoll standardite kogumi, mis avaldati 2001. aastal ja mida on järjepidevalt täiendatud.[39]

Pärast GHG protokoll avaldamist alustas standardi loomisega tööd ka Rahvusvaheline Standardiseerimise Organisatsioon (ISO). 2006. aastal avaldati ISO 14064 standardiseeria kasvuhoonegaaside heitme inventeerimiseks ja andmete kontrolliks, mis andis erasektorile ja avalikule sektorile rahvusvaheliselt tunnustatud lähtepunkti KHG heitmete mõõtmise käsitlemiseks. Standardi uusversioon avaldati 2019. aastal.

2016. aastaks töötas SFC välja süsinikuheitme arvestuse meetodika GLEC raamistik (*Global Logistics Emissions Council Framework*) spetsiifiliselt transpordisektori osalistele (kaubasaatja, transpordikorraldaja, vedaja) kohandatud arvestuste tegemiseks. GLEC raamistik töötati välja erinevate standardite (US EPA SmartWay, ISO EN 16258, SFC Clean Cargo) ja sektori suurettevõtete kogemuse abil, meetodika ühildub juba selleks ajaks laia kasutust leidnud GHG protokolliga ja on kujunenud iseseisvaks standardiks logistikasektoris. GLEC raamistiku teine versioon anti välja 2019 ja kolmanda uuendatud versiooni avalikustamine toimus 2023. aasta septembris.

Märtsis (2023) avaldati uus rahvusvaheline standard ISO 14083:2023 – „Kasvuhoonegaasid. Transpordiahelas tekkivate kasvuhoonegaaside kvantifitseerimine ja aruandlus“, mis asendab eelnevat standardit EN 16258:2012. ISO 14083 väljatöötamises oli oluline roll SFC-I, kuna uus standard baseerub GLEC raamistikul[40].

Wildi poolt koostatud ülevaates [41] puudus enne ISO 14083 väljatöötamist ülemaailmne tunnustatud meetodika/standard, mis oleks katnud kõiki piirkondi, transpordiviise ja ka logistilisi tegevusi (laod, terminalid). Kui jätta kõrvale äriistel eesmärkidel arendatud tööriistad ja meetodikad, võib Tabel 1.2 toodud Wildi ülevaatest, mida autori poolt täiendatud ISO 14083 lisamisega, enamlevinud ja tunnustatud kaubaveo KHG heitmete kvantifitseerimise tööriistadeks ja meetodikateks pidada GHG protokoll, GLEC raamistikku, standardeid ISO 14083 ja EN 16258. Edaspidiselt käsitletaksegi neid meetodikaid, kuid jättes kõrvale viimase selle kehtetuks muutumise tõttu. Äriistel eesmärkidel välja töötatud tööriistadest võib ettevõtte jaoks edaspidi huvi pakkuda BigMile või EcoTransIT kasutamise võimalusi, kuna need on SFC järgi [42] kõige laiemal kasutuspinna ja funktsionaalsusega.

Tabel 1.2 Ülevaade transpordi KHG heitmete arvutamiseks saadaolevatest meetodikatest ja tööriistadest. Allikas: Wild, 2021 (koos autori täiendusega).

Standardid ja meetodikad	Juriidiline alus	Piirkondlik rakendatavus	Transpordiliigid eraldi käsitletud	Logistika-tegevused
EN 16258	III sektor	Euroopa	kõik	-
SmartWay	avalik sektor	Põhja-Ameerika	kõik	-
CE Delft	erasektor	Ülemaailmne	osa	-
GHG protokoll	III sektor	ülemaailmne	-	-
GLEC raamistik v2	III sektor	ülemaailmne	kõik	-
EcoTransIT	erasektor	ülemaailmne	kõik	-
BigMile	erasektor	ülemaailmne	kõik	+
IMO	III sektor	ülemaailmne	mere	-
CCWG	III sektor	ülemaailmne	mere	-
ICAO		ülemaailmne	õhu	-
IATA	III sektor	ülemaailmne	õhu	-
Green Logistics	avalik sektor	Euroopa	-	+
Green Efforts	avalik sektor	Euroopa	-	+
Green Freight Europe/Asia	III sektor	Euroopa/Aasia		
ITEC	III sektor	Euroopa	-	+
CarbonCare	erasektor	ülemaailmne	kõik	+
ISO 14083	III sektor	ülemaailmne	kõik	+

1.6. ISO 14064-1

Rahvusvaheline standard ISO 14064-1 annab üldised juhised [43] ettevõttepõhise kasvuhoonegaaside heitkoguste arvestamiseks, mida on oluline arvestada ka spetsiifilistemade meetodikate rakendamisel. Standard jagab heitmed (ja KHG sidumised) kuude kategooriasse, mis ühilduvad ka GHG protokolliga:

- 1) otsesed;
- 2) ostetud energiast tulenevad;
- 3) transpordist tulenevad;
- 4) organisatsiooni poolt kasutatud toodetest/teenustest tulenevad;
- 5) organisatsiooni poolt turule paisatud toodete kasutamisega seonduvad heited;
- 6) muud kaudsed heited ja sidumised.

Iga kategooria lõikes tuleb eristada mitte-biogeenilist heidet, inimtekkelist biogeenilist heidet ja kui võimalik välja arvestada, siis ka mitte-inimtekkelist biogeenilist heidet. Biogeenilist ja mitte-biogeenilist heidet saab lihtsustatult eristada allika järgi: esimene tekib biomassist, teine fossiilsetest allikatest. Mitte-antropogeeniline biogeeniline kasvuhoonegaaside heide tekib näiteks taimestiku kõdunemisel vabas looduses.

ISO 14064-1 alusel transpordist tekkivate heitmete hindamiseks ja raporteerimiseks on jätetud küllaltki palju vabadust. Näiteks võib liisitud sõidukitega sooritatud reisidest tekkinud KHG-heidet organisatsioon kajastada kas standardi kategooria 1 all (otsene heide kütuse kasutamisest), kategooria 3 transpordiheidetena või isegi kategooria 4 all: kaudsed heited organisatsiooni poolt kasutatud toodetest/teenustest. Selline määratlus sõltub ainult organisatsiooni enda poolt valitud inventeerimise eesmärgist ja sihtgrupist kellele tulemusi esitatakse.

Küll aga on selgelt välja toodud, et kategooriate inventeerimisse kaasamine või välja jätmine peab olema argumenteeritud vastavalt organisatsiooni enda poolt kehtestatud olulisuse kriteeriumitele. Näidetena sellistest kriteeriumitest on standardis toodud:

- heidete suurus/maht,
- organisatsiooni potentsiaalne võime heidete allikat mõjutada,
- ligipääs vajalikele andmetele,
- seotud andmete täpsus, mis võib olla mõjutatud keerukusest seoses järjepideva mõõtmise või organisatsiooni struktuuriga.

1.7. GHG protokoll

Metoodikakogumikus on välja antud mitmeid erinevaid standardeid ja juhiseid. Esmalt 2001. aastal avaldatud ja 2004. aastal täiendatud *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard* [44] on kõigi järgnevate lahutamatuks osaks. Täiendavad juhised koostati teemagruppide spetsiifilisemaks käsitlemiseks. Mõjuala 3 heitmete käsitlemiseks on asjakohaseimad *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard (2011)* [45] ja sellele järgnenud *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions (2013)* [46]. Nendel kolmel dokumendil põhineb peatükk 1.7.

1.7.1. Mõjualad

GHG protokoll jagab KHG emissioonid otsesteks ja kaudseteks heideteks. Otsesed heitmed on ettevõtte kontrolli alla kuuluvatest allikatest lähtuvad. Kaudseteks heitmeteks on ettevõtte tegevuse tõttu mujal, ettevõtte otsese kontrolli sfäärist väljapool tekkinud heitmed. Kaudsetele heitmete allikatele saab ettevõtte siiski mõju avaldada.

Täiendavalt jaotatakse KHG heitmed kolme mõjualasse. Mõjuala 1-te kuuluvad ainult otsesed heitmed. Mõjuala 2 ja 3 puhul arvestatakse kaudseid heitmeid. Arvutusmetoodika ja definitsioonid kindlustavad, et mõjuala 1 ja mõjuala 2 puhul ei tekiks erinevate ettevõtete vahel topeltarvestust.

Mõjuala 1 KHG heitmed on otsesed ja tulenevad ettevõtte omanduses või valduses olevatest allikatest nende tööprotsesside käigus. Näiteks ettevõtte territooriumil töötava töstuki vedelkütuse põletamisest, ettevõttele kuuluva katla töötamisest või ka tööstuslikest protsesside keemilistest reaktsioonidest tulenev KHG heide.

Mõjuala 2 KHG heitmeteks loetakse ettevõtte poolt ostetud ja tarbitud energia tootmisest tulenevaid kaudseid heitmeid.

Mõjuala 3 KHG heitmed on kõik muud kaused heitmed, mis tekivad ettevõtte tegevuse mõjul teiste ettevõtete tegevusest, teisisõnu raporteeriva ettevõtte väärtusahelas nii ülesvoolu (*upstream*) kui ka allavoolu (*downstream*). Täpsemalt

jaotab GHG protokoll mõjuala 3 KHG heitmed veel 15-ks kategooriaks, millest esimesed kaheksa (1-8) on ülesvoolu kategooriad ja viimased seitse (9-15) allavoolu kategooriad. Transpordist lähtuvate heitmete raporteerimiseks on ette nähtud kategooria 4 ja kategooria 9:

- 1) Ostetud kaubad ja teenused
- 2) Hangitud kapitalikaupade kaudne heide
- 3) Ostetud kütustest ja energiast tulenev kaudne heide
- 4) Ülesvoolu transport ja jaotuslogistika**
 - a) ettevõtte poolt ostetud toodete transport ja logistika, mis on toimunud esimese tasandi tarnija ja ettevõtte asukoha vahel, seejuures vahenditega, mis ei kuulu ega pole antud raporteeriva ettevõtte kasutada;
 - b) ettevõtte poolt ostetud transpordi- ja logistikateenused, sh sisendmaterjalide, müüdud kaupade ja sisetransport, teostatud vahenditega, mis ei kuulu ega ole raporteeriva ettevõtte kasutada.
- 5) Jäätmekäitlus
- 6) Ärireisid
- 7) Töötajate pendelränne
- 8) Liisinguvara ettevõtte poolt käitamine (ülesvoolu)
- 9) Allavoolu transport ja jaotuslogistika**
 - a) Ettevõtte poolt müüdud toodete transport ja logistika, mille eest ettevõtte ise ei tasu teenuseosutajale, nt tarneahelas ja jaemüügikohas ladustamisest tulenevad heitmed, kui see ei ole teostatud vahenditega, mida ettevõtte omab või valdab.
- 10) Müüdud kaupade järeltöötlus
- 11) Müüdud kaupade kasutus
- 12) Müüdud kaupade utiliseerimine
- 13) Ettevõtte poolt edasi liisitud vara käitamine (allavoolu)
- 14) Frantsiisid
- 15) Investeeringud

Valmistoodangu transpordist tekkivate KHG heitmete kategoriseerimisel võib väärtusahela üles- ja allavoolu kontseptsioon ekslikult põhjustada nende määratluse mõjuala 3 kategooriasse 9, sest tegevusena on see väärtusahelas allavoolu – raporteerivast ettevõttest kliendile kauba kohaletoimetamine. GHG protokoll määrab müüdud kauba transpordist tekkinud heitmete kategooria siiski finantstehingu järgi [45] ehk määrav on, milline osapool tasus transpordi(teenuse) eest teostajale. Kui selleks oli kaubasaatja, maanteetranspordi puhul tüüpiliste Incoterms® 2020 tarneklauslite DAP, CIP, DDP-ga, siis on kehtib tarnijasuhe vedajaga [46] ja tegu väärtusahelas ülesvoolu

tegevusega ehk hoopiski mõjuala 3 kategooria 4 heitmetega. Kui valmiskauba transpordi korraldab ettevõtte juurest klient (Incoterms® 2020 tarneklauslid FCA, EXW), on siiski tegu kategooria 9 heitmetega. Kahjuks ei ole autor seni kohanud nende kategooriate eristamiseks kasutatavat rahvusvaheliselt aktsepteeritud Incoterms® tarneklauslite määratlust, millel oleks potentsiaal ära hoida segadust raporteerimisel. Sama asjaolu on kahjuks märkamata jäänud Eesti Keskkonnaministeeriumi tellimusel Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskuse (SEI Tallinn) poolt koostud [47] KHG jalajälje hindamise juhendis, kus lehekülgedel 26-27 defineeritakse kategooria 4 läbi ostetud kaupade transporditegevuse ja kategooria 9 läbi müüdüd kaupade transporditegevuse.

GHG protokoll järgi [45][46] võib mõjuala 3 kategooria 4 all KHG heitmete kajastamisel arvestada ainult transpordi-/logistikateenuse osutaja poolt mõjualas 1 ja mõjualas 2 raporteeritud KHG heitmeid. Kuigi märgitakse, et ettevõtte võib valikuliselt mõjuala 3 heitmete arvutamisel väärtusahelas kasutatud kütustest tulenevate heidete puhul kasutada kogu kütuse/energia elutsükli eriheitetegurit, pole see siiski nõutud. [46] Seega lubab GHG protokoll transporditeenuse puhul kõrvale jätta allhankija poolt tarbitud kütuste tootmisest ja tarnimisest tekkivad heitmed (WTT), sest need kuuluvad allhankija raporteerimises mõjuala 3 kategooria 3 alla.

1.7.2. Andmed

GHG protokoll jaotab andmed kahte tüüpi: esmased (primaar-) andmed ja teisesed (sekundaar-) andmed. Esmasteks on ettevõtte väärtusahelast toimuvat tegevust otseselt iseloomustavad andmed, mis mõjuala 3 puhul saadakse tüüpiliselt äripartneritelt, kes omakorda on andmed kogunud mõõtmise teel. Teisesteks andmeteks loetakse tegevusala keskmisi väärtusi, finantsandmeid, samastuse teel omistatud andmeid (nt ühe vedaja heiteintensiivsust laiendades teistele vedajatele) ja muud tüüpi üldistatud andmeid.

Mõjuala 3 kategooria 4 puhul on esmasteks andmeteks: transpordi teostajalt või logistikateenuse pakkujalt edastatud tegevusega otseselt iseloomustavad tegevus- ja heiteandmed, sõidetud kilomeetrite hulk, vedajapõhine eriheitetegur. Teisesteks andmeteks on näiteks planeeritud vahemaa pikkus, tegevusala või geograafilise piirkonna (riiklikud) keskmised eriheitetegurid.

1.7.3. Mõjuala 3 kategooria 4 arvutusmeetodid

KHG heitmete kvantifitseerimiseks on kaks lähenemist. Esimene on heitmeid mõõta (vaatlus, massitasakaalu, stõhhiomeetria meetodil). Teiseks variandiks on KHG heitmeid arvutada, kasutades tegevusandmeid, energiakasutusandmeid ja eriheitetegureid. Eriheitetegur on GHG protokolliga järgi kordaja, mille abil on võimalik teisendada tegevuse ühik (kasutatud kütuse liiter, läbitud vahemaa kilomeeter, tarbitud kWh, kulutatud euro) KHG heitmete ühikuks (kgCO₂e). Eriheitetegurite arvutamiseks peaks ettevõtte kasutama nii tegevusandmeid kui ka energiakasutusandmeid, mis on vaadeldava tegevuse läbiviimist iseloomustavad.

Kui arvutusteks kasutatavad andmed ei ole soovitud täpsusega, näiteks koorma tasemel või saadetise tasemel, on võimalik KHG heitmeid ühikute vahel jaotada (*allocation*). Kategooria 4 puhul on aktsepteeritud jaotus ainult füüsiliste parameetrite järgi: massi või mahu järgi transpordi puhul ja mahu või pindala järgi muude logistikaoperatsioonide (nt ladustamine) puhul. Sobivaim mõõtühik tuleneb asjaolust, kumb parameeter on eelkõige kogust piirav (kas ruumala või mass). Maanteetranspordipuhul on selleks tüüpiliselt mass, kuid ettevõtte võib koos piisava põhjendusega kasutada ka ruumala.

Transpordi KHG heitmete arvutusmeetodid jagunevad kütusepõhiseks, vahemaapõhiseks ja (transpordi)kulu põhiseks. Kolmest on ebatäpsem kulupõhine meetod, kuna arvutust toetub alati üldisele EEIO eriheitetegurile. Logistikategevuse heitmete arvutusmeetoditeks on üksusepõhine ja tegevuskeskmisepõhine.

Kütusepõhine meetod sobib eelkõige kasutamiseks, kui ettevõttel on võimalik saada andmeid transporditegevuses kasutatud kütuse koguse või kulu kohta. Meetod sobib enim kasutusjuhiks, kui veomasin veab ainult ühe ettevõtte kaupa, vältides seega heitmete erinevate ettevõtete vahel jaotamise vajadust, mis tekib osakoormate konsolideerimise puhul. Lisaks, kui veoringil on mitu saadetist ja ettevõtte soovib heitmeid tuvastada saadetise kaupa, tuleb valida heitmete allokatsioonimeetod. Põhjendada tuleb, kas jaotus toimub realselt läbitud kilomeetrite alusel (ADD) või kasutades saadetisepõhist planeeritud vahemaad (PD) või hoopiski lihtsustatud mudeleid (nt GCD, SFD). Kui jaotuse jaoks puuduvad vajalikud andmed, tuleb kasutada vahemaapõhist meetodit.

Arvutusteks on vajalik koguda valik tegevusandmeid:

- a) kasutatud kütusekogused liigiti,
- b) rahaline kulu kütustele,

- c) hajusheitmete kogused (jahutus- ja külmutusseadmetest),
- d) läbitud vahemaa,
- e) keskmine veovahendi kütusekulu (liitrites tonn-kilomeetri kohta),
- f) keskmine kütusehind,
- g) transporditud kaupade maht ja/või mass,
- h) kaupade jahutamise vajadus.

Vajalikeks eriheiteteguriteks on kütuse (nt kgCO₂e/liiter), elektrienergia (nt kgCO₂e/kWh) ja hajusheitme eriheitetegur (nt kgCO₂e/kg).

Tarbitud kütusekoguse teadmisel leitakse transpordi KHG heitmed valemiga (1.1). See ja kõik järgnevad töös esitatud valemid on esitatud kujul, nagu nad on toodud metoodikates.

$$kgCO_2e = \sum_1^n \left(kütus(l) \times kütuse \text{ eriheitetegur } \left(\frac{kgCO_2e}{l(kütus)} \right) \right) \quad (1.1)$$

Kasutatud kütusekoguse info puudumisel, on võimalik see tuletada kütuse ostumahust valemiga (1.2) või iga transpordioperatsiooniga läbitud vahemaast valemiga (1.3).

$$liitrid = \frac{\text{kulutused kütusele (€)}}{\text{keskmine kütusehind (€/l)}} \quad (1.2)$$

$$liitrid = \sum_1^n (\text{läbitud vahemaa (km)} \times \text{keskmine kütusekulu (liitrit/km)}) \quad (1.3)$$

Lisaks on kasutatud kütuse kogust võimalik tuletada läbi transpordikulu, võttes arvesse tüüpilist kütusekulu osakaalu kaupade transpordikulust, ja korrutades selle keskmise turuhinnaga.

Tühisõitude ehk veolt naasmiste kütusekulu arvestamine on selle meetodi puhul valikuline, kuid kui seda arvestada, tuleb kasutatud kütuse kogus arvutada tühisõidu pikkuse ja koormamata veovahendi keskmise kütusekulu korrutisena.

Vahemaapõhine meetod on sobilik kasutamiseks olukordades, kus ettevõttel pole kättesaadav info kütusekasutuse kohta või ettevõtte transporditud kaubad ei täida kogu tellitud veovahendi kaubaruumi, st transporditakse mitme ettevõtte kaupu koos.

Põhiliselt tuleb selle meetodi ebatäpsus oletustest seoses keskmise kütusekulu, kaubamahu ja veovahendite koormatusega.

Arvutusteks on vajalik koguda valik tegevusandmeid:

- a) Kaubaga läbitud vahemaa kilomeetrites,
- b) transporditud kaupade mass ja/või ruumala,
- c) transpordimarsruudi planeeritud pikkus.

Vajalikud eriheitetegurid on kas transpordiviisi või -vahendi põhised, ühikuga nt $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{tkm}$ või $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{TEU-km}$. Esmaseks ja eelistatud eriheitetegurite allikaks on kaubavedaja/transpordiettevõtte, teiseseid andmeid on võimalik leida mudeldamisprogrammide, riiklikest ja LCA andmebaasidest.

Vajalike andmete (vahemaa, kaubamaht ja sobilik eriheitetegur) olemasolul on KHG heitmete kogus võimalik leida kasutades valemit (1.4) $\text{kgCO}_2\text{e} = \sum_1^n (\text{saadetise mass (kg)} \times \text{läbitud vahemaa (km)} \times \text{tegevuse heitetegur (kgCO}_2\text{e/tkm)})$ (1.4).

$$\text{kgCO}_2\text{e} = \sum_1^n (\text{saadetise mass (kg)} \times \text{läbitud vahemaa (km)} \times \text{tegevuse heitetegur (kgCO}_2\text{e/tkm)})$$

(1.4)

Kuna vahemaapõhise meetodi kasutamine on soovitatud just stsenaariumiks, kus veomasinas on mitmed erinevad saadetised, on saadetisepõhise tulemuse arvutamiseks tarvilik valida ka KHG heitmete jaotusmeetod. Just osakoormate puhul, kus iga saadeti ei pruugi optimaalse jaotusringi planeerimise tõttu läbi just lühimat teekonda lähte- ja sihtpunkti vahel, on jaotusmeetodi valikul oluline vältida üksikute saadetiste diskrimineerimist. Seda on võimalik saavutada, kasutades jaotusmeetodis saadetisepõhist planeeritud vahemaad teoreetilises olukorras, kus veoses olekski ainult see üks saadeti.

Kulupõhine meetod on transpordist tekkivate heitmete arvestuseks kolmas variant ja soovituslik kasutada ainult siis, kui kumbki eelnevatest (kütuse- ja vahemaapõhised) ei ole rakendatav. Tulemus saadakse korrutades vaadeldava perioodi jooksul transpordile tehtud kulutused vastava EEIO kordajaga ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{€}$). Kulupõhine meetod sobib hästi kasutamiseks, kui on vajalik saada esmane hinnang konkreetsest tegevusest tekkivate KHG heitmete suurusjärgu kohta. Transpordist tekkivate KHG heitmete raporteerimiseks on soovituslik pigem kasutada kütuse- või vahemaapõhist meetodit.

Kulupõhise meetodi alusel KHG heitmete arvutamiseks vajalikeks tegevusandmeteks on kulutuse transpordiviisi/-vahendi kaupa (vaadeldaval perioodil). Eriheitetegurid peavad samuti olema transpordiviisi kaupa. Kui vajalik, tuleb kasutada inflatsioonimäärasid, et eriheitetegurid sobivasse perioodi teisendada (juhul kui tegevusandmed ja eriheitetegur ei pärine samast perioodist).

Vajalike andmete olemasolul saab KHG heitmed arvutada valemiga (1.5). Kuna EEIO väärtused on arvutatud Ameerika Ühendriikide andmete alusel, on nende Euroopas kasutamiseks tarvilik teostada valuutateisendus EEIO intensiivsusteguri referentsaasta väärtustega.

$$kgCO_2e = \sum_1^n(\text{transpordikulu} (\$) \times \text{EEIO intensiivsustegur} (kgCO_2e/\$)) \quad (1.5)$$

Logistikategevuste, nt ladustamine, ristlaadimine, komplekteerimine, konsolideerimine, heitmete arvutamiseks on kaks meetodit: üksusepõhine meetod ja tegevuskeskmise meetod. **Üksusepõhine meetod** teostab KHG heitmete arvutust tegevuste toimumise füüsilise asukoha energiatarbimise alusel (kütus, elekter, hajusheitmed), korrutades tarbitud energiakogused läbi vastava eriheiteteguriga ja summeerides tulemused. Kusjuures, osalise kasutuse korral võib jaotus toimuda näiteks kauba ruumala alusel. Laopinna puhul on võimalik jaotust ka täpsemaks muuta, võttes arvesse kauba ladustusaega, temperatuurinõudeid, pindalakasutust vmt.

Arvutusteks vajalikud tegevusandmed on:

- a) üksusepõhiselt kasutatud kütuse, elektrienergia- ja soojusenergiakogused;
- b) üksusepõhised hajusheitmetekogused;
- c) keskmine üksuse kasutatavus ettevõtte poolt.

Vajalikud eriheitetegurid on kasutatud energiast ja hajusheitmetest tekkinud KHG heitmete kordajad.

Tegevuskeskmise meetod kasutab arvestuseks ühe tegevusühiku kordajat, nt KHG heitmeid ühe aluse/kuupmeetri/tonni kohta. Vajalikeks tegevusandmeteks on kaubamahtu iseloomustavad andmed (ruumala, tonnid, ruutmeetrid, aluseid, TEU-sid) ja keskmine päevade arv, mil kaupasad käideldakse/ladustatakse. Eriheitetegurid vastavate tegevuste kohta on võimalik leida LCA andmebaasidest, erialaliitunud või teaduskirjandusest. Parimal juhul on eriheitetegur arvutatud logistikateenuseid pakkuva ettevõtja enda andmete alusel.

Nende viie meetodiga on GHG protokollis vaatest kaetud nii transpordi kui ka tarnet toetavate logistikategevuste KHG heitmete arvestus. Sobilike meetodite valik sõltub peamiselt ettevõttele kättesaadavatest andmetest.

1.8. GLEC raamistik

GLEC raamistik on loodud spetsiifilise eesmärgiga standardiseerida arvestuspraktikaid logistikategevuste kasvuhooonegaaside heitmete arvutamiseks ja meetodika katab kõiki Kyoto protokolliga olulise mõjuga kasvuhooonegaasideks nimetatuid. Raamistiku esmaversion avaldati 2016. aastal, teine versioon 2019. aastal ning seoses ISO 14083 väljatöötamisega on uuendatud ka GLEC raamistikku, mille kolmas versioon avaldati 2023. aasta septembris. Analüüsis käsitletakse nii GLEC raamistiku teist kui kolmandat versiooni, sest versioon 2 on laialdaselt kasutuses ja üleminek kolmandale versioonile toob põhimõttelise muutuse lähenemises, kus raamistik kaugeneb GHG protokollist ja samastub tugevalt ISO 14083-ga. Ka Fancello jt tõdevad [48] hiljuti teostatud juhtumiuuringute näitel, et GLEC raamistiku versioon 2 on ka ISO 14083 avaldamise järgselt vägagi sobilik terve tarneahela KHG heitmete inventeerimiseks.

GLEC raamistiku II versioon jagab [49] heitmed GHG protokollis eeskujul kolme mõjualasse ja defineerib neid kitsamalt tarneahela vaatest.

Mõjuala 1: otsesed heitmed, tulenevad ettevõtte poolt ostetud kütusest, mida kasutatakse vallatavate masinate ja logistikategevuses osalevate hoonete (nt ladu, ümberlaadimiskeskus) käitamiseks.

Mõjuala 2: kaudsed heitmed, tulenevad ostetud elektrist, soojusest, aurust, mida kasutatakse logistilistes tegevuses vajalike seadmete ja hoonete käitamiseks.

Mõjuala 3: kaudsed heitmed, mis tulenevad ettevõttega seotud tarneahelast – ostetud kaupade transport ettevõtte, ettevõtte toodangu transport tarbijani, ostetud teenustest ja toodetest, ettevõtte toodangu kasutamisest ja utiliseerimisest tulenevad heitmed. Mõjuala 3 alla tuleb arvestada ka Mõjuala 1 kajastatud kütuste tootmisest ja tarnest tulenevad heitmed (*well-to-tank*).

GLEC raamistiku versioon 3 puhul on mõjualade käsitlemisest mindud üle otsesete ja kaudsete KHG heitmete liigitusele.

Kütuse raporteerimiseks on soovituslik kasutada massiühikut (kg). Nii mahuühikutest kui massiühikutest CO₂e-ks konverteerimiseks on GLEC raamistiku 2. versiooni moodul 3-s toodud Euroopa piirkonnas kehtivad väärtused.

Kütusest tuleneva KHG heitmete puhul tuleb vahet teha kas arvutustes on kasutatud tervet kütuse elutsüklit (WTW) või ainult kütuse kasutusfaasi (TTW) kajastavaid algandmeid. Lisaks kasutusfaasile tuleb kindlasti arvestada ka kütuse tootmisest ja kasutuskohta tarnimisest tekkinud heitmeid (WTT). Kahe viimase summa peab võrduma kütuse elutsükli koguheitmega. Biokütustel (ja ka elektril ja vesinikul kütustena) arvestuslikult TTW heitmeid puuduvad, kuid WTT faasist tuleb siiski märkimisväärne mõju. Näiteks biometaani, biodiisli ja fossiilse diisli WTT heitmed on GLEC v2 järgi [49] vastavalt 0,49, 2,16 ja 0,69 kg CO₂e/kg kütuse kohta.

Raporteerimise seisukohast on olulised järgmised nüansid:

- 1) TTW heitmed kütustest, mida ettevõtte kasutab enda protsessides tuleb näidata mõjuala 1 all,
- 2) eelnevaga seotud WTT heitmed aga mõjuala 3 all;
- 3) kui eelnevaga seotud kütuseliigiks on elekter, siis raporteeritakse seda mõjuala 2 all;
- 4) allhankijate poolt kasutatud kütuse WTW heide tuleb kajastada mõjuala 3 all.

Viimane punkt on oluliseks erinevuseks GHG protokollis ja GLEC raamistiku arvestuse miinimumnõuete vahel, kus esimene lubab kajastada ainult TTW heitmeid, jättes allhankija kütusekasutusest tulenevad WTT KHG heitmete (allhankija jaoks mõjuala 3 kategooria 3) arvestuse vabatahtlikuks.

1.8.1. Andmete tüübid

Andmekvaliteedi paremaks mõistmiseks on sisendandmed jagatud GLEC II versioonis nelja kategooriasse, alustades parimast kvaliteedist:

Primaarandmed on tegelikud ja vaadeldavaid tegevusi kajastavad andmed, hangitud mõõtmise teel või otsemõõtmistega tehtud arvutustega. Mõjuala 1 heitmeid tuleks arvutada ainult primaarandmetega. Sellesse kategooriasse kuuluvad näiteks kasutatud kütuse kogused, läbitud kilomeetrid, veetud kauba mass saadetise kaupa. Tüüpiliselt on

võimalik neid andmeid koguda kas majandustarkvarast, kütusearvetelt/-tšekkidelt, telemaatikasüsteemide väljavõtetest. Primaarandmed on parim sisend KHG heitmete arvutuseks, kuid mõjuala 3 puhul on reeglina andmevaldajaks kolmas osapool ja ligipääs kogu majandusaastat hõlmava tegevuse puhul on puudulik. Näiteks teab terves tarneahelas saadetise tegelikult läbitud kilomeetrite hulka ainult veomasin omanik. Ettevaatavate KHG heitmete arvestuste jaoks ei saa kasutada primaarandmeid, sest tegevused pole veel toimunud.

Turuandmed on kättesaadavad riiklikest programmidest ja teenusepakkujatelt, kes koguvad regulaarselt vedajapõhiseid andmeid (kasutatud kütus, läbitud kilomeetrid, keskmine koormamass, masinapargi kirjeldus) ja teisendavad saadud info tegevuste ja logistikaettevõttepõhisteks intensiivsuskordajateks. Kaubasaatja või heitme arvutusi teostav ettevõtte saab kasutada sellist personaliseeritud infot suure täpsusega arvutuste teostamiseks. Lisaväärtusena võimaldavad rohetranspordi programmid (*green freight programs*) ka logistikaettevõtete võrdlust, läbi mille on kaubasaatja jaoks lihtsustatud teadlik koostööpartneri valik ja saavutatav kiire efektiivsuse tõstmine.

Väga heaks näiteks on Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitseagentuuri (U.S. EPA) poolt 2004. aastal loodud SmartWay tööriistade kogumik. Euroopas ei ole ühte turupiirkonda katvat logistikaettevõtetele spetsialiseerunud programmi. U.S. EPA SmartWay eeskujul on ülemaailmselt loodud veel nt SFC Clean Cargo (konteinertranspordile spetsialiseerunud), EVE (Prantsusmaa riiklik programm *Engagements Volontaires pour l'Environnement – Transport et Logistique*, sh alaprogrammidega FRET21, ObjectifCO2 ja EVcom), Lean & Green (transpordisektorile suunatud programm Hollandis).

Mudelandmed luuakse rakendades algoritme, mis võtavad arvesse kõikvõimalikke vedu iseloomustavaid asjaolusid: kauba tüüp (nt temperatuurikontrolli vajav), mass, maht, reisi alg- ja sihtpunkt, vahepeatused (sh teistest saadetistest tulenevad), topograafia, kasutatavate masinate tehnilised näitajad, kütuse tüüp, ilmastik, keskmine sõidukiirus, liikluspiirangud (sh teetööd, õnnetused), liiklustihedus, majutusteenuse koostööpartnerite asukohad jne. Algoritmi sisestatavate andmete hulk võib olla lõputu ning sellest tulenevadki mudelandmete kasutamise võimalused ja piirangud. Kui modelleeritakse vaikeväärtusi kasutades, ei ole tulemused lähedased tegelikkusele, teisalt detailsuse suurenedes on ka tulemused täpsemad. Mitmete andmete kasutamine on võimalik alles vahetult enne veo algust, nt ilmastiku või teiste saadetiste info mitme kaubasaaja/-saatja stsenaariumis, mis pärsib ettevaatavat (*ex-ante*) KHG heitmete arvutust või muudab selle ebatäpsemaks nende andmete kõrvalejätmise tõttu. Juhtivateks modelemistööriistadeks maailmas on Euroopa Liidu rahastatud

programmis SFC poolt koostatud [42] ülevaate järgi EcoTransIT, BigMile, LogEC, GreenRouter.

Vaikeandmed on keskmised väärtused, mis iseloomustavad valdkonna tegevusi. Selliste andmete kasutamine on aktsepteeritav, kui muudele andmetele ligipääs puudub. Vaikeandmete kasutamisel saadud tulemus on ainult indikatiivne ja sobib logistikategevusest põhjustatud KHG heitmete suurusjärgu hindamiseks. Halvimal juhul annavad vaikeandmed erinevate tegevus-stsenaariumite puhul sama tulemuse. Vaikeandmeid leiab LCA andmebaasidest (openLCA, ecoinvent, GaBi), teadusartiklitest, riiklikest andmebaasidest (detailsemad Suurbritannial, Jaapanil, Prantsusmaa Base Carbone®) ja rahvusvaheliselt tunnustatud meetodikakogumikest (nt GLEC raamistik moodul 2).

GLEC raamistiku v3 jagab ISO 14083-ga samastudes andmed esmasteks (primaar) ja teisesteks (sekundaar). Viimasesse gruppi kuuluvad kõik andmed, mis pole esmased, sh ka mudeldatud ja vaikeandmed.

1.8.2. Etapid logistikategevuse KHG heitmete arvutamiseks

GLEC raamistiku v2 järgi ei ole järgmised etapid muutmatu järjekorra või kaalukusega, vaid sõltuvad konkreetsest rakendusjuhust, eelkõige raporteeriva ettevõtte rollist tarneahelas, kättesaadavate andmete kvaliteedist, aga ka raporteerimise eesmärgist ja sihtgrupist.

Tüüpiliselt jagunevad GLEC raamistiku v2 järgi logistikast tulenevate KHG heitmete arvutamise etapid järgmiselt:

- Etapp 1 - Eesmärkide ja süsteemi piiri seadmine
- Etapp 2 - Mõjuala 1 ja 2 heitmete arvutamine
- Etapp 3 - Mõjuala 3 heitmete arvutamine

Esimeses etapis tuleb tuvastada missugused tegevused jäävad vaatluse spektrisse. Minimaalselt tuleb arvesse võtta mõjuala 1 ja mõjuala 2 alla kuuluvad heitmed ning täiendavalt otsustada mõjuala 3 mahu üle. Viimase osas on praktikas oluliseks otsustusmõjuriks piisavalt kvaliteetsete andmete kättesaadavus. Lisaks on tarvilik ka mõelda tulemuste planeeritud kasutusotstarbe üle: kas eesmärgiks on tuvastada KHG

heitmete suurus terve majandusaasta, konkreetse geograafilise piirkonna, ühe kliendi saadetiste või näiteks ka ühe vedaja/teenusepakkuja kohta? Arvutustulemusi saab kasutada ka logistikategevuste eriheitetegurite leidmiseks või näiteks kohaldades heitmed tooteühikule, on võimalik saada sisend tootepõhiste keskkonnasertifikaatide väljastamiseks. **Kaubaveo efektiivsuse tunnustatud võtmemõõdikuks on KHG heitmeid tonn-kilomeetri(tkm) kohta.**

Teises etapis arvutatakse mõjuala 1 ja mõjuala 2 heitmed. Logistikategevustes kasutatud transpordikütused kuuluvad mõjuala 1 alla, kasutatud elekter (sh tõstukid) liigituvad mõjuala 2-te. Oluline esimene samm on koguda kasutatud kütuse ja elektri kogused vaadeldava perioodi ja protsesside kohta. Kogused tuleb eristada kütuseliigiti, kuna kütustel on erinevad eriheitetegurid. Andmetes ei tohi kõrvale jätta kütust, mis kasutati tühisõitudeks või osaliselt koormatud vedudeks. Kui kütuseandmetele ligipääs puudub, on võimalik koguseid arvestada ka perioodi kulutuste järgi, kuid regionaalse keskmise kütusehinna kasutamine tekitab ebatäpsusi arvutustulemuses.

Kui müüdüd kauba transpordi teostamise järel (või sihtpunktide vahel) lisatakse koormasse ostetud kaupa, sõltub tegevusega seotud heitmete eristamise vajadus varasemas etapis valitud eesmärgist. Näiteks juhul, kui arvutusi tehakse tootepõhise KHG heitme tuvastamiseks, tuleks tagasitoodava kauba transpordiga seonduvaid heitmeid eristada.

Andmete kogumise järel on järgmisteks sammudeks kasutatud kütuse ja elektrienergia konverteerimine KHG heitmeteks. Selleks kasutatakse kütuseliigiti tarbitud koguse ja vastava kütuse eriheiteteguri korrutist.

Transpordikütuste puhul:

$$kgCO_2e = \sum_1^n \left(kütus(kg) \times heitmekordaja \left(\frac{kgCO_2e}{kg(kütus)} \right) \right) \quad (1.6)$$

Elektrienergia puhul:

$$kgCO_2e = \sum_1^n \left(elektrienergia(kWh) \times heitmekordaja \left(\frac{kgCO_2e}{kWh} \right) \right) \quad (1.7)$$

Kolmandas etapis arvestatakse välja mõjuala 3 alla kuuluvad KHG heitmed. Põhiline väljakutse on piisavalt kvaliteetsete andmete hankimine ning reeglina on mõjuala 3 arvutuste tulemus kombinatsioon primaar-, mudel- ja vaikeandmetest.

Kolmanda etapi esimese sammuna tuleb leida vaatlusperioodi kohta tegevusandmed tonn-kilomeetrites. KHG heitmete koguse täpsemaks arvutamiseks on soovitatav arvutada tonn-kilomeetrite kogus iga veo ja kütusetüübi kohta eraldi. Sisendandmetena on vaja nii transporditud kauba massi kui ka läbitud kilomeetrite hulka. GLEC raamistikus on rõhutatud, et kaupa on võimalik väga erinevate parameetritega kirjeldada (ruumala, mass, tihedus, pindala), kuid kindlustamiseks ühetaolisust terves tarneahelas, on raamistikus võetud peamiseks ühikuks massiühik. Ettevõtte võib omale sobivama ühikuga arvutusi teha, kuid alati tuleks arvutustulemused anda ka massiühiku kohta. Kusjuures mass hõlmab nii toodete enda kui ka pakendi massi ehk tegu on kauba brutomassiga.

Kauba läbitud vahemaa leidmine on KHG heitmete arvutuse juures üks kõige keerukamaid momente, sest tänapäeva ühe saadetise tarneahel koosneb tüüpiliselt mitmetest vedudest ja veoringide optimeerimisest erinevate saadetiste peale. Neid tegevusi võivad teostada erinevad teenusepakkujad (vedajad, lao- ja terminaliteenuse pakkujad, ekspediitorid). Mida kaugemale on vaja saadetis viia ja mida väiksem see on, seda komplekssem on terve operatsioon. See tähendab, et reeglina ei reisi kaubaühik lähtepunktist lõpp-punkti lühimat teed pidi ja puudub andmeallikas, kellel oleks holistiline käsitlus. GLEC raamistik v2 eristab seetõttu eri tüüpi vahemaa-andmeid: tegelikult läbitud (ADD), „linnulennult“ (GCD), lühim võimalik (SFD), planeeritud ja võrgustikvahemaa. ADD andmeid on võimalik saada ainult vedajalt vastavalt telemaatikasüsteemidele või odomeetri näidule. GCD on enamjaolt kasutusel õhustranspordi puhul: tegu on mudeliga, mis arvestab maakera kumerusega ja peegeldab kahe punkti vahelist vahemaad linnulennult. SFD võtab arvesse teedevõrgustikku, kuid mitte hetkelisi piiranguid ja marsruudieelistusi. PD-d arvutavad samuti marsruutide planeerimiseks kasutatavad tarkvaralahendused, kuid arvesse on võetud ka ajahetkes vedu mõjutavaid faktoreid. Võrgustikvahemaad kasutatakse pealmselt veoviiside puhul, mille puhul on marsruutide variatsioon piiratud (raudtee, siseveetransport). Raamistik peab maanteetranspordi puhul sobivaimaks kasutada PD-d, sest need andmed on ühetaoliselt saadaval sõltumata vedajast/koostööpartnerist. Olukorras, kus sisendandmetes kasutatakse eri vedude lõikes eri tüüpi vahemaa-väärtusi, soovib GLEC raamistik v2 andmeid ühtlustada lisades planeeritud vahemaale 5% (DAF=1,05), mis peegeldab väikseid võimalikke marsruudikõikumisi. Kui

on teada, et veomarsruut erineb planeeritust oluliselt, kuid vedaja ei kommu­ni­keeri tegelikku erinevust, siis tuleb lisada planeeritud vahemaale 30% lisaks (DAF=1,3).

GLEC raamistiku III versioonis on defineeritud ainult ADD, SFD ja GCD. Tüüpiliselt eeldatakse, et ADD andmed pole kättesaadavad vajaliku usaldusväärsuse ja detailsusega, kuna arvutused ja seega ka vahemaa andmed on tarvilikud iga üksiku transpordioperatsiooni kohta. Siiski, kui ADD andmed on olemas, tuleb kasutada ka DAF-i. Viimase väärtust ei anna GLEC v3 maanteetranspordi puhul ette, vaid see tuleb vastavale juhule arvutada.

Järgmise sammuna tuleb valida või tuletada tegevust õiglaselt kajastavad eriheitetegurid. Kui kasutatakse turuandmeid, mudelandmeid või vaikeandmeid, on soovituslik tehtud valikute ja eelduste kontroll kolmanda osapoole poolt. Eriheitetegurite valikuks on minimaalselt vaja teada infot, missuguste veomasinatega ja mis koormatusega iga vedu toimus. Parima tulemuse saab, kui iga veo teostaja on võimeline jagama tema masinaparki/tegevust kajastava eriheiteteguri.

Kolmanda sammuna leitakse KHG heitmekogused korrutades varem leitud tegevusandmed ja eriheitetegurid. Vastavalt sellele, kas kasutusel on kütuse eriheitetegur või tegevuse eriheitetegur, tuleb arvutusteks kasutada vastavalt kas valemit (1.8) või (1.9).

$$kgCO_2e = \sum_1^n (tegevusmaht (tkm) \times kütusekulu tegur (kg/tkm) \times eriheitetegur (kgCO_2e/kg)) \quad (1.8)$$

$$kgCO_2e = \sum_1^n (tegevusmaht (tkm) \times KHG intensiivsustegur (kgCO_2e/tkm)) \quad (1.9)$$

Kasutades kütuse eriheitetegurit, tuleb arvutus teha iga kütusetüübi kohta eraldi, sealjuures tuleks kasutada tervet kütuse elutsüklit arvestavat eriheitetegurit. Tegevuse eriheiteteguriga arvutades on oluline kontrollida, kas see on arvutatud WTT või WTW põhimõttel.

Tulemusi tuleb esitada alati viisil, kus on näidatud nii KHG heitmete koguhulk kui ka KHG heitmete intensiivsus tegevuse kohta.

1.9. ISO 14083

2023. aasta märtsis avaldatud ISO 14083 (*Greenhouse gases – Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations*) asendab varem kehtinud EN 16258:2012 standardit. Uue standardi [50] põhiline sisuline muutus võrreldes varasema standardiga on süsteemi piiri muutumine transporditeenuselt tervele transpordi-/tarneahelale, sh logistikaüksuste (laod, terminalid) KHG heitmete arvutusmeetodite lisandumine.

Andmed kategoriseeriti primaar- ja sekundaarandmeteks. Esimese alla kuuluvad kõik andmed, mis on saadud tegevuse või protsessi otsese mõõtmise või otsese mõõtetulemuste alusel teostatud arvutuste teel. Sekundaarseteks andmeteks on kõik andmed, mis ei vasta primaarandmete definitsioonile, sh ka mudelandmed ja vaikeandmed.

ISO 14083 läheneb arvutustele läbi sarnaste tegevuste grupeerimise (TOC/HOC) ja grupipõhise intensiivsusteguri tuvastamise. Selliselt on võimalik vähendada kasutatud energia andmete kogumisvajadust ja arvutuste töömahtu. Iga transpordioperatsiooni (TCE) KHG heitmete arvutuseks tuleb seega valida sobiva grupi intensiivsustegur ja korrutada see läbi tegevusmahuga (tonn-kilomeetrid transpordi puhul; massi- või mahuühikuga logistikaüksuse puhul).

TOC intensiivsuskordaja arvutuseks valemi (1.10) järgi on kõigpealt vajalik arvutada TOC-i KHG heitmed ja tegevusmaht. TOC-i tegevusmahu arvutusvalem (1.11) vajab sisendiks kõigi määratletud gruppi kuuluvate saadetiste massi ja saadetise põhist läbitud kilomeetrite kogust. Iga saadetise kohta arvutatakse tegevusmahu väärtus ühikuga tkm, misjärel tulemused summeeritakse. Transporditud vahemaana sobib ISO 14083 järgi kasutada kas SFD või GCD vahemaad. TOC-i heitmete arvutuseks valemite (1.12) ja (1.13) järgi on vajalikud kasutatud energia/kütuse kogused ja vastavate energiakandjate eriheitetegureid. Arvesse võetakse terve kütuse elutsükli jooksul tekkivad heitmed (tööfaasi ja ka kütuste hankest tekkinud heitmed) ja ka tühisõitudest tekkinud kütusekasutus.

$$g_{jv,TOC} = \frac{G_{jv,TOC}}{T_{TOC}} \quad (1.10)$$

kus j_V – kas sõiduki töötamise või sisendenergia tarnimistegevus,
 $g_{j_V, TOC}$ – TOC-i tegevuse j_V KHG intensiivsustegur, kgCO₂/tkm,
 $G_{j_V, TOC}$ – TOC-i tegevuse j_V kogu KHG heitmete maht, kgCO₂,
 T_{TOC} – TOC-i tegevusmaht (transport), tkm.

$$T_{TOC} = \sum_{i=1}^n M_i \times s_{ci} \quad (1.11)$$

kus M_i – TOC-i saadetise i mass, kg,
 s_{ci} – transporditegevuse vahemaa TOC-i saadetisele i , km,
 c – saadetiste arv TOC-is.

$$G_{VO, TOC, A_i} = Q_{TOC, A_i} \times \varepsilon_{VO, A_i} \quad (1.12)$$

kus G_{VO, TOC, A_i} – sõiduki töötamise KHG heitmed TOC-is tegevustüübil A_i , kgCO₂e,
 Q_{TOC, A_i} – TOC-i tegevustüübi A_i tegevusmaht, tkm,
 ε_{VO, A_i} – sõiduki töötamise KHG eriheitetegur tegevustüübi A_i jaoks, kgCO₂e/tkm.

$$G_{VEP, TOC, A_i} = Q_{TOC, A_i} \times \varepsilon_{VEP, A_i} \quad (1.13)$$

kus G_{VEP, TOC, A_i} – sõiduki energiakandja KHG heitmed TOC-is tegevustüübil A_i ,
 kgCO₂e,
 ε_{VEP, A_i} – sõiduki energiakandja tarne KHG eriheitetegur tegevustüübi A_i jaoks,
 kgCO₂e/tkm.

Kui vajaliku TOC-i intensiivsuskordaja on arvutatud, tuleb järgmiseks kvantifitseerida tegevuse maht TCE-s, mis vastab TOC-ile. Selle arvutus käib samuti valemi (1.11) järgi, kus arvestuses on kõik saadetised, mida konkreetsetes TCE-s käideldakse. Järgnevalt saab KHG heitmed konkreetse TCE kohta leida valemi (1.14) abil, arvutades eelnevalt valemiga (1.15) välja nii tegevusmahust tekkinud tööfaasi (TTW põhine) KHG heitmed kui ka tegevusmahule vastava kütuse hankimisest tekkinud KHG heitmed (WTT põhine). Kui TOC-i eriheitetegur ja TCE tegevusmahu arvutusel kasutati erinevat tüüpi vahemaaandmeid (ADD ja SFD), tuleb rakendada ühtlustuskordajat DAF. GLEC raamistiku 2.

versioonist pärit soovitus maanteedtranspordi osas kasutada selleks kordajaks 1,05 on kajastatud ka ISO 14083 standardis.

$$G_{TCE} = G_{VO,TCE} \times G_{VEP,TCE} \quad (1.14)$$

kus G_{TCE} – KHG heide TCE-s, kgCO₂e,
 $G_{VO,TCE}$ – sõiduki töötamise KHG heitmed TCE-s, kgCO₂e,
 $G_{VEP,TCE}$ – sõiduki energiakandja tarne KHG heitmed TCE-s, kgCO₂e,

$$G_{jV,TCE} = g_{jV,TOC} \times T_{TCE} \times \delta \quad (1.15)$$

kus j_V – kas sõiduki töötamise või sisendenergia tarnimistegevus,
 $G_{jV,TOC}$ – TOC-i tegevuse j_V kogu KHG heitmete maht, kgCO₂,
 T_{TCE} – TCE tegevusmaht (transport), tkm,
 δ – DAF kordaja, kui T_{TCE} arvutuseks kasutatud vahemaa tüüp on erinev $g_{jV,TOC}$ arvutuseks kasutatust.

ISO 14083 standard näeb ette, et mitmed arvutused tuleb teostada kuni viimase liitmiseni kütuse kasutusest tekkiva heitme (TTW) ja kütuse hankimisest tekkiva heitme (WTT) osas eraldi, et eristada transporditeenuse osutaja vaatevinklist otseseid ja kaudseid heitmeid, mis näiteks GHG protokoll järgi KHG heitmete raporteerimisel langeksid mõjualade kaupa erinevatesse kategooriatesse. Kaubasaatja vaatevinklist tekitab see lähenemine aga palju lisaarvutusi ja raskesti loetavaid valemeid.

Pärast ISO 14083 avaldamist on uuendatud ka GLEC raamistiku metoodikat [51], mistõttu on mõlemad metoodikad nüüd sisuliselt väga sarnased. Fancello jt sõnul [48] seisneb GLEC raamistiku põhiline lisaväärtus lihtsamast kasutuskeeles ja praktilistest näidetega ilmetamises, mistõttu võib GLEC raamistikku kolmandat versiooni käsitleda ka kui juhendmaterjali ISO 14083 rakendamiseks. Lisaks annab GLEC raamistiku uusversioon ajakohasemaid eriheitetegurite ja täiendavalt ka tegevuse heiteintensiivuste väärtusi. Heitetegurite ajakohasusega seotud probleematika on leidnud juba ka Euroopa Komisjoni tähelepanu [52] ja algatatud on HORIZON programm "Transpordi ja logistika KHG heitmete arvutusteks vajalike eriheitetegurite tulevikukindlaks muutmine".

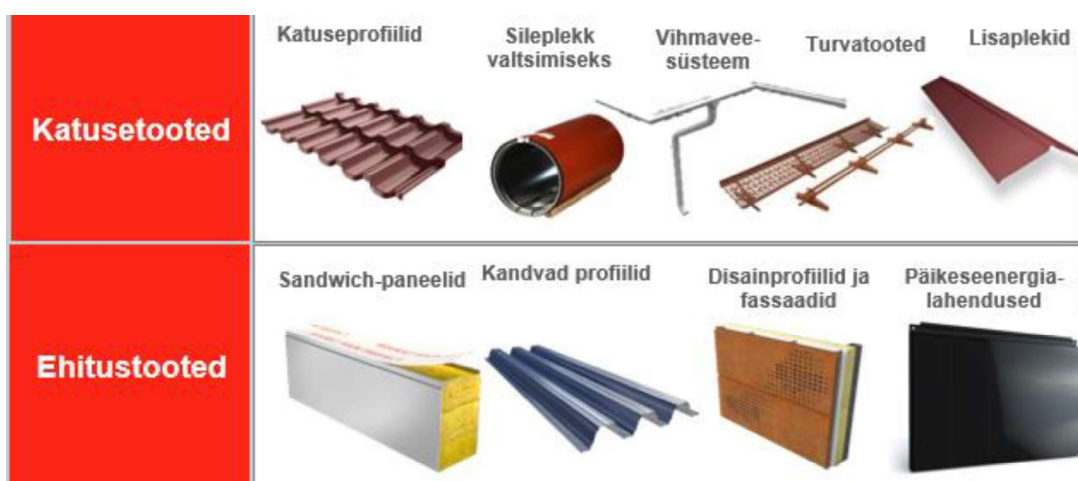
2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Ettevõtte kirjeldus, tegevusala

Juhtumianalüüsi sisustavaks ettevõtteks on lehtterasest ehitustoodete tootmisele spetsialiseerunud tootmisettevõtte Ruukki Products AS (edaspidi Ruukki). Ettevõtte kuulub Ruukki Constructioni ettevõtete kontserni, mis on omakorda Skandinaavia terasetootja Swedish Steel AB (SSAB) divisjoniks.

SSAB on spetsialiseerunud eriteraste (*Advanced High-Strength Steel*) tootmisele ja on valdkonnas ülemaailmne turuliider. Põhilised sihtsegmendid on autotööstus, rasketehnika tootjad ja ehitussektor. Rootsis, Soomes ja Ameerika Ühendriikides paiknevate tehaste aastane terase tootmiskaht on ~8,8 miljonit tonni (2021). Kontsernis töötab üle 14 000 inimese enam kui 50-s riigis. SSAB on noteeritud Nasdaq Stockholmi börsil, sekundaarse noteeringuga Helsingi börsil.

Ruukki Construction on alates 2014. aastal SSAB-ga ühinemisest spetsialiseerunud metallist ehitusmaterjalide tootmisele ja turustamisele Skandinaavias, Baltikumis, Kesk- ja Ida-Euroopas. Kontserni kuulub kokku kaksteist tehist eri riikides: Rootsis (4), Soomes (3), Eestis (2), Poolas (2) ja Ukrainas (1). Toodetakse lehtmetailist kliendi spetsifikatsioonile vastavalt ehitustooteid (*made-to-order*). Ruukki Constructioni põhilised tootegrupid, toodud joonis 2.1, on *sandwich*-paneelid, teraskatused, metallfassaadid, vihmaveesüsteemid ja terasest turvatooted hoonete hoolduse teostamiseks.



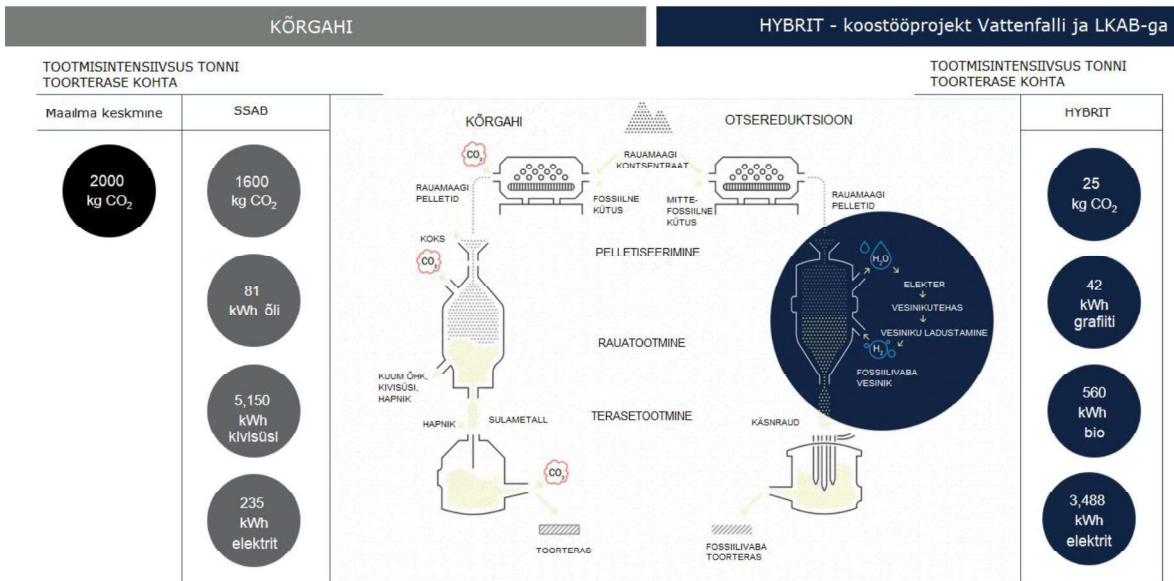
Joonis 2.1 Ruukki Construction-i tootegrupid äriüksuste kaupa

Ruukki on 1992. aastal Pärnus tegevust alustanud teraskatuste ja metallfassaadide tootja. Lisaks tootmisüksustele majandab ettevõtte ka oma jaemüügivõrku kaubamärgiga Ruukki Expressi katusekeskus. Ruukki koduturguteks on teraskatuste tootegrupis Baltikum, metallfassaadide tarnimisel kogu Ruukki Constructioni turuala. Tarnimine toimub ehitusobjektile vastavalt tellija graafikule.

2.2. Kestlikkus ettevõtte strateegias

IEA järgi [53] põhjustab terasetootmine vähemalt 7% ülemaailmsest aastasest inimtekkelisest KHG heitmest. SSAB strateegiline eesmärk [54] on lansseerida 2026. aastal tööstuslikul skaalal fossiilse päritoluga sisendmaterjalita (kütus, tooraine) terasetootmine. Suurim samm selleks on muudatus terasetootmise tehnoloogias, kus koks redutseerijana asendatakse tuuleenergia abil toodetud vesinikuga. Tulemuseks on tootmise kõrvalsaadusena süsinikdioksiidi (CO₂) asemel vesi (H₂O). Kogu protsessi kirjeldab joonis 2.2. Vajalikus koguses vesiniku ettetoomiseks ja varundamiseks on loodud koostöö Skandinaavia roheenergiatootja Vattenfalliga. Uus tehnoloogiline lähenemine on nimetatud HYBRIT-ks, mille testtehas on töötanud Põhja-Rootsis alates 2020. aastast. Lisaks terasetootmistehnoloogia muudatusele on SSAB võtnud eesmärgiks ka muude fossiilset päritolu energiaallikate asendamise, sh tootmises ja materjalide transpordis kasutatav kütus.

SSAB, kui kontsernisisesse toormetarnija pretsedenditu lähenemine loob Ruukki Constructioni jaoks tugeva vundamendi ehitustoodete keskkonnamõju vähendamiseks. Ruukki Constructioni strateegiline suund [56] on aastaks 2026 vähendada tootmistegevusest tekkiva CO₂ intensiivsust vähemalt 25% võrra võrdlusaasta (2019) suhtes ja alustada hiljemalt 2026. aastal fossiilivabast terasest ehitustoodete laialdast turustamist oma turupiirkonnas.



Joonis 2.2 HYBRIT terasetootmine
 Allikas: kohandatud SSAB 2021. kalendriaasta aastaaruande põhjal [55]

Kui Ruukki on strateegias leidnud viisi, kuidas lähitulevikus majanduslik edu ja keskkondlik säästlikkus omavahel siduda, on viiakse ellu tegevusi ka ühiskondliku panuse osas. Järgitakse ettevõttesisest poliitikat ja protsesse tarnijate hindamiseks ESG vaatest, kontsernis on pika ajalooga praktika eesmärgistada ja edendada tööõnnetuste ennetamist ja vältimist (võtmemöödikuks LTI ehk kaotatud tööajaga õnnetuste arv). Ühiskondlikult poolelt tegeleb Ruukki hariduse, spordi ja ettevõtluse edendamise läbi Tallinna Tehnikaülikooli üliõpilaste, Pärnu meeskonnasporti (korvpall, võrkpall) ja Pärnu linnas tähtsava ettevõtluse toetamisega.

2.2.1. Süsiniku jalajälje senine kaardistus ettevõttes

Ruukki võeti KHG heite kaardistamine tegevuskavasse 2021. aasta suvel eesmärgiga tuvastada suurima potentsiaaliga tegevused vähendamaks tootmistegevuse KHG heidet 2026. aastaks vähemalt 25%. Kontsernisiseselt kokkuleppena võeti vaatluse alla kasutatav energia (elekter, hoonete küte ja transpordikütused), pakendiplastiku kasutus ja jäätmete teke (ohtlikud-, olme- ja tehnoloogilised jäätmed sh teras). Kõik kaardistused tehti 2019. aasta kohta, kuna võrdlusaastana sooviti kasutada võimalikult värskeid sisendandmeid ning 2020. aastat peeti äärmiselt ebatavaliseks COVID19 pandeemiast põhjustatud nõudlus- ja pakkumishäirete tõttu. Oluline on märkida, et

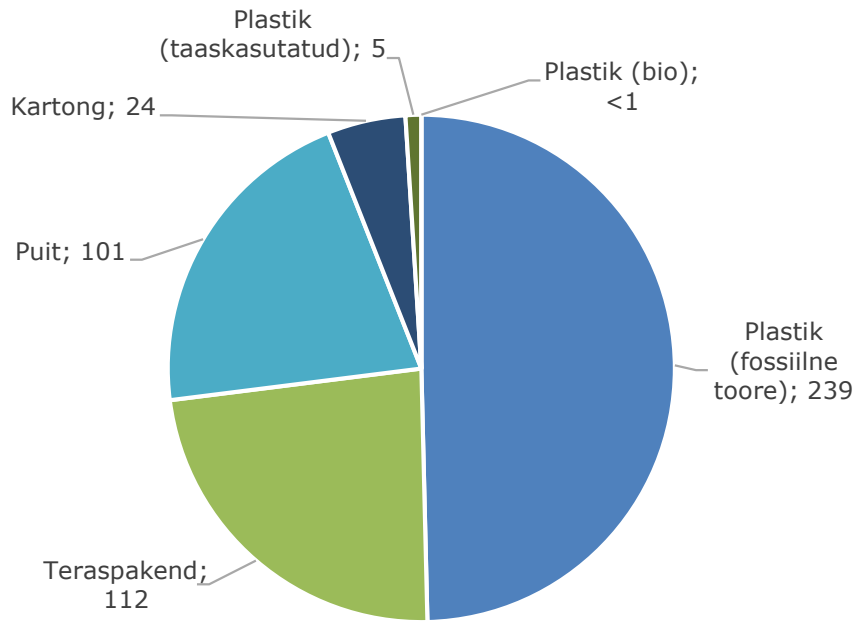
ettevõtte alustas KHG kaardistust ilma konkreetset tunnustatud metoodikat valimata. 2024. aastal planeeritakse ühtlustada mõõtmised GHG protokollide metoodikale.

2019. aasta energiatarbimise moodustas:

1. elektrienergia tarbimine tootmiseseadmete, valgustuse ja osaliselt büroopindade KVJ-süsteemide töötamiseks,
2. diiselmootori kasutus tööstuskite opereerimiseks ja
3. soojusenergia kohalikust koostootmisjaamast.

Vaatlusalusel aastal tarbis Pärnu tootmisbaas 1 371 MWh elektrienergiat, 1 133 MWh soojusenergiat ja 38 000 liitrit diiselmootori tööstuskite opereerimiseks. Elektrienergia osas toetus ettevõtte täielikult võrguelekttrile. Soojusenergiaga varustab tootmisbaasi Pärnus 2011. aastal ehitatud Gren Eesti AS koostootmisjaam, kus peamise kütusena kasutatakse hakkpuitu. Diiselmootorit ostetakse tootmishoonete lähistel paiknevatest tanklatest (Olerex AS, Alexela AS). Nende mahtude ja tarnijatelt saadud info baasilt on kokku arvatud energiakasutusest KHG heite suuruseks 2019. aastal 1387,4 tCO₂e.

Pakendimaterjalidest moodustavad massi järgi suurima osakaalu puit (68%), fossiilsest toormest plastik (14%) ja teraspakend (10%). Kogu aasta jooksul saadeti Baltikumi klientidele 870,5 tonni pakkematerjali. Ettevõtte eripäradena tuleb välja tuua: 1) turule paisatud teraspakendid on peaaegu täielikult valmistatud tootmisjäätmetest (vinkliid profiilipakkide servade kaitseks); 2) üle poole turule paisatud plastpakendist pärineb kontsernisestelt tarnijatelt. Ümberarvestatud KHG heiteks, olid suurimad allikad fossiilsest toormest plastik (50%), teraspakend (23%) ja puit (21%), nagu ilmestab ka joonis 2.3. Lisaks kasutatakse veel kartongi (60,5 tonni aastas; 100% taaskasutatud paberist) ja vähesel määral taaskasutatud plastikust pakendeid (9,6 tonni aastas). Summaarne pakenditest tulenevaks CO₂-heites on arvatud 481,3 tonni. Kuna plastiku puhul on massi järgi kogus suhteliselt väike võrreldes plastikuga seotud KHG heite koguhulga osakaaluga, on arusaadavalt plastiku kasutuse vähendamine ja taaskasutatud-/bioplasti suurem kasutuselevõtt ennustatavalt suurima mõjuga tegevused.



Joonis 2.3 KHG heite osakaalud ja kogused 2019. aastal turule paisatud pakendimaterjalide lõikes, tCO_{2e}
Allikas: Ruukki

Kolmanda grupina on Ruukkis vaatluse all olnud järgmised jäätmekategooriad: ladestamisele suunatud jäätmekategooriad (sorteerimata olmejäätmed), ringlusesse võetud mitteohtlikud jäätmekategooriad (peamiselt paberjäätmed), ohtlikud jäätmekategooriad (peamiselt õlid ja muud määrdeained, kuid 2019. aastal utiliseeriti erandlikult põhiäriga seotud ehitustegevusest asbesti sisaldavaid katuseplaate 23,7 tonni), terasjäätmed.

Tabel 2.1 nähtub, et valdav osa (>90%) jäätmekategooriast on ümbertöötlemisele suunatavad terasmaterjalid. Ohtlike jäätmekategooriate tüüpiline aastane teke on Ruukkis väga väike (~1 tonni). Peamised arengusuunad on suurendada olmejäätmete sorteerimist ja vähendada terasjäätmete teket, millesse on potentsiaalselt peidetud sadu tuhandeid eurosid säästu. Kokku on 2019. aasta jäätmekategooriast arvestatud KHG heiteks 935,2 tCO_{2e}.

Tabel 2.1 Ruukki tekitatud jäätmekategooriate kogused 2019. aastal. Allikas: Ruukki

Jäätmetekategooria	tonni
Olmejäätmed	26,2
Ringlusesse suunatud jäätmekategooriad	25,1
Ohtlikud jäätmekategooriad	24,9
Metallijäätmed ümbertöötlemisele	725

Kolme grupi peale kokku on 2019. aasta KHG heiteks arvestatud 2803,9 tCO_{2e}. Kuna pakendimaterjalide puhul on fookus seatud eelkõige plastile, jättes puidu, kartongi ja terase kõrvale (kõik kolm praegusel juhul kas taaskasutatud materjalist või taastuvast

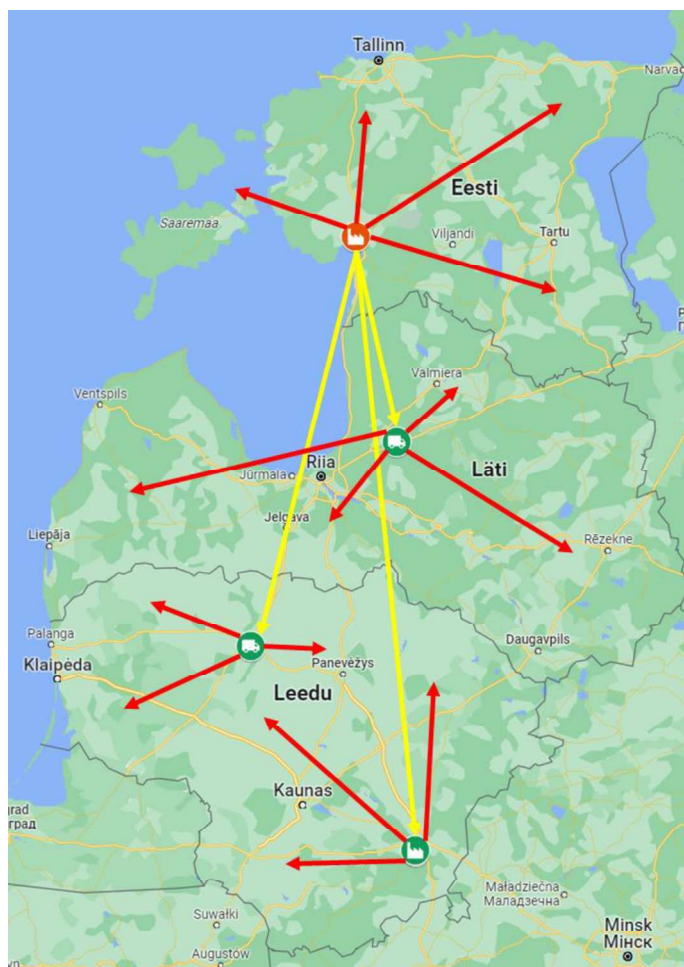
materjalist), siis on edasiste ettevõtte tegevusplaanide ja mõõdikute jaoks 2019. aasta võrdlusarvuks võetud 2566,2 tCO₂e.

2.2.2. Valmistoodetetranspordi KHG heide

Ruukki toodete põhigrupiks on katuse- ja seinamaterjalid, mis toodetakse vastavalt püstitatava või renoveeritava ehitise joonistele. Iga kliendi tellimus on alus unikaalse tootelahenduse koostamiseks, sh vastavalt ehitise konstruktsiooniosa mõõtudele lehtmetailist detailide vormimine. Taolised detailid võivad olla kuni 12,5 meetri pikkused ja vajavad tarnimist vähemalt päeva täpsusega otse kliendi ehitusobjektile, et seejärel paigaldusega alustada. Tarne lõpptarbijani („viimase milli tarne“) vajab kas kliendipoolset väga head projektijuhtimist või tarnijapoolset lahendust eritehnika kasutamisega, et tooted veomasinalt maha tõsta just siis, kui veomasin objektile saabub. Aastatepikkuse praktika tulemusena teostab Ruukki Baltikumis tarneid allhanke korras veomasinatega, millel on iseseisev tõstevõimekus. Kuna eritehnikaga varustatud veomasinate kasutamine on tavapärasest kulukam, kasutatakse Baltikumis kolme ristlaadimiskeskust, joonis 2.4 kujutab tegevuspunktidevahelisi kaubavoogusid. Tehasest ristlaadimiskeskustesse transporditakse klientide tellitud tooted laialt levinud kardinhaagiseid kasutavate vedukitega, et minimeerida eritehnika läbitavaid sõidukilomeetreid.

Väljavõtted ettevõtte ERP-tarkvara aruannetest näitab, et 2019. aastal sõitsid taolised veomasinad Baltikumis objektitarnele kokku ~1 235 000 kilomeetrit, ristlaadimisjaamadesse teostati kaubavedu veel ~320 000 km, seega võib hinnata potentsiaalseks transporditegevuse KHG heitmete suurusjärguks 1200-2000 tCO₂e. Võrreldes seda hinnangut ettevõtte poolt juba teostatud oma tegevusest tekkivate KHG heitmete arvestustulemustega, on valmistoodangu transport samuti märkimisväärne KHG heitmete allikas, mis on seni käsitlemata. Oluline takistus transpordi KHG heitmete arvestuseks on olnud sobiva meetodika valik. Ettevõtte peab oluliseks, et sobilik meetodika oleks:

- rakendatav hetkel kättesaadavate andmetega,
- annaks usaldusväärse tulemuse ehk toetuks võimalikult vähestele erisustele,
- taasesitatav (auditeeritav),
- esitatav vähemalt koormapõhiselt.



Joonis 2.4 Ruukki jaotusvõrk Baltikumis
 Kollased vood on veod tehasesest ristlaadimisjaamadesse, punased vood on jaotusveod
 Allikas: autori koostatud

Kuigi Ruukki valmistoodangu tarneahelas on kasutusel ka terminalid ja mitmed logistikategevuste KHG heitmete arvutusmeetodikad võimaldavad ka ladude ja terminalide tegevust katta, ei kuulu Ruukki näitel terminalide poolt tekitatud KHG heide järgnevasse käsitlesse topeltarvestuse vältimiseks - terminalide tegevusest tekkiv KHG heide võetakse arvesse teistes mõjualades ja kategooriates.

2.3. Metoodika

Põhilised erinevused peatükkides 1.7-1.9 tutvustatud KHG heitmete kvantifitseerimismetoodikate vahel on toodud Tabel 2.2. Kõik neli vaatlusalust metoodikakogumikku on globaalselt rakendatavad, kuid põhilised erinevused tulenevad

lubatud minimaalsest süsteemi piirist ja arvutusteks vajalike kordajate osas suunise andmisega. Iga meetodika puhul on kasutajal võimalik sisse tuua isiklikku eelistust, mis kokkuvõttes töötab vastu võrdluse võimalikkusele tegevusvaldkonna sees.

Tabel 2.2 Transporditegevuse KHG heitmete arvutusmeetodikate võrdlus.

	Metoodika			
	GHG protokoll	GLEC raamistik v2	ISO 14083	GLEC raamistik v3
Avaldatud	2004/2011/2013	2019	2023	2023
Tegevusandmete suunis	SFD	PD/GCD	SFD/GCD	SFD/GCD
Kütuse KHG heitmete minimaalne süsteemi piir	TTW	WTW	WTW	WTW
Tühisõitude arvestamise nõue	ei (valikuline)	jah	jah, sisaldub TOC-is	jah, sisaldub TOC-is
DAF-i kasutamine	ei	jah, väärtus antud	jah, väärtus antud	jah, tuleb arvutada
Annab ette eriheitetegurid (energia/tegevus)	ei	jah, mõlemad	jah, energia	jah, mõlemad

Meetodite arvutustulemuste erinevuse tuvastamiseks teostati arvutused järgmistel meetodivariatsioonidel, millest annab ülevaate Tabel 2.3. Variatsioonide valikul lähtuti iga meetodika lõikes järgnevatest kriteeriumitest, mis iseloomustavad enim kasutatud andmete kvaliteeti:

- esmalt maksimaalselt esmastele andmetele toetuv (täpseima võimaliku täpsusega tulemuse andev),
- seejärel meetodikas soovitatud lihtsustusi kasutav ja
- viimaks vähima hulga esmaste andmetega arvutusmeetod, mida konkreetne meetodika lubaks.

Eeldused, millega variatsioonide koostamisel ei arvestatud ja mis võivad olla tulemusi olulisteks mõjutavateks asjaoludeks on esiteks saadetiste tegeliku massi andmete olemasolu, kuna ei kasutata keskmisi vaikeväärtusi koormatuse kohta, sest analüüs teostatakse kaubasaatja vaatest ja teiseks, masinate täituvus 50% massi järgi tulenevalt Ruukki toodete eripärast ja pikaajalisest kogemusest, mille põhjal on jaotusvedude puhul üle 6 tonnise koorma väljasaatmine pigem haruldane ning terminalide vahelised koormad on tüüpiliselt keskmise massiga 11 tonni, mis

saavutatakse töömahuka saadetiste konsolideerimise ja sorteerimisega. Kui meetoodika seda nõudis, leiti lisaks KHG heite mahule ka heiteintensiivsus.

Tabel 2.3 Meetoodikavariatsioonides kasutatud andmete liigituse ülevaade.

Meetoodika	Variatsioon	Heitmete andmed	Tegevusandmed
GHG protokoll	A1	esmased	-
GHG protokoll	A2	teisesed	esmased
GHG protokoll	A3	esmased	esmased
GHG protokoll	A4	vaike	teisesed
GHG protokoll	A5	vaike	-
GLEC v2	B1	esmased	esmased
GLEC v2	B2	esmased	teisesed
GLEC v2	B3	vaike	teisesed
ISO 14083	C1	esmased	esmased
ISO 14083	C2	teisesed	teisesed
ISO 14083	C3	vaike	teisesed
GLEC v3	D1	teisesed	esmased
GLEC v3	D2	vaike	esmased
GLEC v3	D3	vaike	teisesed

2.3.1. Andmete kogumismetoodika

GHG protokoll, GLEC raamistiku ja ISO 14083 järgi arvutuste teostamiseks on vajalik koguda andmeid peamiselt ettevõtte majandustarkvarast, tarnijate esitatud arvetelt ja telemaatikatarkvarast (FleetComplete). Kuna jaotustranspordi planeerimise vastutus on Ruukki käes, on telemaatikalahendused ka vedajatega integreeritud: jaotust teostavad veomasinad on reaajas jälgitavad ja ettevõtte valdab ka läbisõidu andmeid. Lisaks on allokatsiooni teostamiseks vajalike SFD väärtuste leidmiseks kasutatud kaardirakendust Bing Maps, kuna ettevõtte tänane kasutatav telemaatika- ja transpordiinfo haldamistarkvara baseerub sellel kaardirakendusel. Vedajate arvetelt oli võimalik koguda transpordikulu summad, aga ka arveldatud kilomeetrite kogus (hinnastamine läbisõidu alusel). Transporditud kaupade massid ja sihtpunktid oli kättesaadav majandustarkvarast (saadetise tasemel). Agregeeritud koormapõhised sisendandmed on toodud Lisa 1 Koormapõhised tegevusandmed-s. Saadetise tasemel detailsemad sisendandmed leiab Lisa 2 Saadetisepõhised tegevusandmed.

Tegeliku KHG heitmekoguse leidmiseks on vajalik aga ka tegelikult kulunud kütuse koguse infot, mida on võimalik saada ainult vedajatelt. Kuna ettevõtte teeb koostööd

vedajatega, kus töötab 1-5 töötajat ja tüüpiliselt ollakse juhtumettevõttega sõltuvussuhtes (pärib üle 70% käibest), on kütuseinfo kui suurima tegevuskulukomponendi väljastamine vedajate vaatest tundlik äritegevusinfo. Et säilitada mõnetine vedaja äritegevuse läbipaistmatus, pärib viiest Eesti vedajast suurimalt kütuseandmeid 2019. aasta aprilli ja juuli kohta. Kalendrikuud valiti selliselt, kuna *made-to-order* ehitusmaterjalide tootmises esineb tuntav sesoonsus. Juuli on tüüpiliselt aasta lõikes kõrge käibega kuu ja aprill keskmise tegevusintensiivsusega. Nende kuude keskmiste kütusekulude võrdlemine annab indikatsiooni, kas mahu suurenemisest tekib märgatav mastaabiefekt või mitte ja kas edaspidi on seega võimalik juba ka aprilli baasil intensiivsustegureid tervele aastale laiendada. Kütuseandmed saadi vedaja kolme sarnase veomasina kohta, et oleks võimalik arvutada TOC eriheitetegur.

Vaikeandmete kasutamisel pärinesid need reeglina konkreetsetes meetodikas viidatud või soovitatud allikast, kui see puudus, siis kasutati DESNZ andmebaasi 2023. aasta versiooni. Kasutatud vaikeandmed on toodud Tabel 2.4. Märgatav on, isegi diislikütuse eriheitetegur erineb allikate vahel oluliselt. Kahes meetodikas, mis avaldati kuue kuu pikkuse ajavahega, on selle fundamentaalse kordaja väärtuse vahe ~10%.

Tabel 2.4 Arvutustes kasutatud diislikütuse eriheitetegurid ja tegevusintensiivsuse kordajad.

Kirjeldus	Ühik	Väärtus	Allikas	Kasutatud variatsioonis
Diislikütus, WTW	kgCO ₂ e/kg	3,74	ISO 14083	C1, C2
Diislikütus, WTW	kgCO ₂ e/kg	4,13	GLEC v3/ecoinvent 3.9.1	D1
Diislikütus, WTW	kgCO ₂ e/kg	3,90	GLEC v2	B1, B2
Diislikütus, TTW	kgCO ₂ e/l	2,642	Kliimaministeerium / AR4	A1, A2, A3
Raskeveok, jäiga kerega, >17 täismassiga, 50% koormatusega	kgCO ₂ e/tkm	0,20142	UK DESNZ, 2023	A4
Raskeveok, jäiga kerega, >17 täismassiga, 50% koormatusega	kgCO ₂ e/km	0,90836	UK DESNZ, 2023	C3
Raskeveok, jäiga kerega, 26-32 täismassiga, 60% koormatusega, 17% tühisõidud, WTW	gCO ₂ e/tkm	98	GLEC v2	B3
Raskeveok, jäiga kerega, 26-32 täismassiga, 60% koormatusega, 17% tühisõidud, WTW	gCO ₂ e/tkm	117	GLEC v3	D2, D3

Töö eesmärgiks on metoodika valik, mitte kalendriaasta KHG heidete arvutamine ja raporteerimine, seega on ühe kalendrikuu (aprill) transporditegevuse analüüs läbi eri meetodite rakendamise ettevõttele sobilik lähenemine. Õnnestunud metoodikavaliku puhul on edaspidi võimalik arvutuskäike laiendada juba tervele kalendriaastale.

Veotehnika ja vaatlusalusel perioodil teostatud vedude konsolideeritud andmed on toodud Tabel 2.5. Veomasinad oli tarvilik valida võimalikult sarnased, et oleks võimalik TOC loomine ja KHG heiteintensiivsuse arvutamine. Kõik kolm klassifitseeruvad jäiga kerega raskeveokiks (*rigid HGV*), on veoskeemiga 6x2 ja esmaregistreerimisajaastaga 90-ndates.

Tabel 2.5 Analüüsi valitud veomasinate karakteristikud ja perioodil 2019 aprill teostatud tegevusmahud

Parameeter	Veomasin 1	Veomasin 2	Veomasin 3	Kokku
Transporditud saadetisi, tk	81	87	88	256
Teostatud koormaid, tk	14	13	15	42
Läbitud vahemaa, km	5970	4967	5943	16880
Läbitud vahemaa koormatult, km	3728	3092	3866	10686
Kulutatud kütuse kogus, l	2165	1665	1938	5768
Transporditud saadetiste mass, kg	94684	61232	93843	249758
Veomasina täismass, t	26,5	26,0	27,5	
Mootori võimsus, kW	207	279	228	

2.3.2. Arvutusmetoodika

Arvutused teostati Microsoft 365 Excel tarkvaraga. Iga meetodivariatsiooni puhul järgiti vastava metoodikakogumi juhiseid, mida on kirjeldatud eelnevates peatükkides.

Lühiülevaade variatsioonide arvutuskäikudest:

A1 – KHG heitmed arvutatati tegelikult kasutatud kütuse kogus korrutamisel TTW kütuse eriheiteteguriga. Tegevuse mahu leidmiseks korrutati läbi iga saadetise mass ja tegelikult läbitud kilomeetrid. Heiteintensiivsus leiti KHG koguheitme jagamisel tonn-kilomeetritega.

A2 – KHG heitmed arvutati kasutades veomasinate tehase poolt väljastatud keskmist kütusekulu ja tegelikult läbitud vahemaid, mille korrutamisel saadi kasutatud kütuse kogus. Masinapõhised tulemused liideti ja seejärel korrutati TTW kütuse eriheiteteguriga KHG heitmete koguse saamiseks. Heiteintensiivsuse leidmiseks jagati heitmete kogus tonn-kilomeetritega (tegelikud).

A3 – KHG heitmed arvutamiseks vajati vedajapõhist heiteintensiivsuse kordajat. Selle arvutamiseks kasutati aprilli tegevusandmeid. Liideti kasutatud kütuse kogused, korrutati tulemus TTW kütuse eriheiteteguriga ja seejärel jagati teostatud tonn-kilomeetritega (tegelikud ja koormatud).

A4 – KHG heitmete leidmiseks kasutati DESNZ 2023. aasta heitetegurite andmebaasist sobivat väärtust (50% koormatusega, >17t jäiga kerega raskeveok), mis korrutati tonn-kilomeetritega (planeeritud, ilma tühisõitudeta).

A5 – KHG heitmete leidmiseks summeeriti tellitud transpordikulu, konverteeriti see 2019. aasta USD/EUR valuutakursiga dollariteks ja korrutati seejärel läbi US EEIO andmebaasi maanteetranspordi KHG heitmekordajatega. Tegevusintensiivsuse leidmiseks jagati KHG heitmete kogus läbitud tonn-kilomeetritega (planeeritud, tühisõitudeta).

B1 - Vedajapõhise heiteintensiivsuskordaja leidmiseks leiti sõidukipõhised heiteintensiivsused ja seejärel arvutati nende keskmine. Tulemus korrutati tonn-kilomeetritega (tegelike vahemaade alusel). Sõidukipõhine heiteintensiivsus leiti veoki kasutatud kütusekoguse korrutamisel diisli eriheiteteguriga (WTW), mis seejärel jagati veoki poolt tarnitud kauba massi ja keskmise saadetisepõhise läbitud distantsi korrutisega.

B2 - Kasutati B1 variatsioonis leitud vedajapõhist intensiivsuskordajat, kuid tulemus korrutati planeeritud vahemaade alusel leitud tonn-kilomeetritega.

B3 – Kasutati GLEC raamistiku versioon 2 teises moodulis välja toodud tegevuse intensiivsuskordajat (26-32 t jäiga kerega veomasin, 60% koormatus, 17% tühisõidu määr ja kasutatud E5 diiselkütust), mis seejärel korrutati planeeritud vahemaade alusel arvutatud tonn-kilomeetrite väärtusega.

C1 – TOC arvutati: summeerides kõikide gruppi kuuluvate transpordioperatsioonide mahu saadetise kaupa ADD alusel, KHG heitmete kogus leiti samade

transpordioperatsioonide kulutatud kütusemahu ja ISO 14083 lisas toodud eriheiteteguri (WTW süsteemipiiriga) korrutisena. TOC-i tegevusintensiivsus leiti KHG heitmete summa jagamisel TOC-i tegevusmahuga. TCE-de KHG heitmete summeerimine teostati ADD alusel.

C2 - kasutati C1-s leitud TOC tegevusmahtu (tegelike vahemaade alusel), TOC-i KHG heitmed leiti aga keskmise kütusekulu väärtust korrutades läbi ADD-ga ja korrutades tulemust omakorda ISO 14083 lisas toodud kütuse eriheiteteguriga (WTW süsteemipiir). TOC-i heiteintensiivsus leiti heitmete tegevusmahuga jagamisega. TCE tegevusmahu arvutuses kasutati saadetisepõhist SFD-d.

C3 – TOC-i väärtuse arvutamisel kasutati DESNZ andmebaasi sobivat vaikeväärtust (sama, mis variatsioonis A4) ja tegevusmahuks kasutati planeeritud vahemaad.

D1 – GLEC raamistiku versioon 3 on meetodikalt ja kasutatud terminoloogialt ühildatud ISO 14083-ga. Variatsioonis D1 arvutati TOC-i intensiivsus planeeritud transpordivahemaade (sh tühjalt naasmine) ja vedaja keskmise tegeliku kütusekulu alusel, leides nende korrutisega planeeritud kütusekulu ja kütuse eriheiteteguriga korrutamisel TOC-i KHG heitmete hulga. Saadud tulemus jagati tegevusmahuga (planeeritud vahemaade alusel) ja saadi TOC-i heiteintensiivsus. Kuna TCE-de KHG heitmete arvutamine teostati tegelikult läbitud vahemaade alusel, oli eelneva sammuna tarvilik leida ka situatsioonispetsiifiline DAF, jagades tegelikult läbitud vahemaade summa samade saadetiste planeeritud transpordivahemaaga.

D2 – TOC-i tegevusintensiivsusena kasutati GLEC raamistiku v3-s toodud sobivaimat (jäiga kerega raskeveoki, täismass vahemikus 26-32 tonni, WTW) tegevusintensiivsuse vaikeväärust. TCE-de kaupa KHG heitmete kogused arvutati kasutades tegelikult läbitud vahemaadega arvutatud tegevusmahtu.

D3 – toodi sisse variatsioon D2 arvutuskäiku erisus, kus kasutati TCE-de KHG heitmete arvutamiseks tegelikult läbitud vahemaade asemel planeeritud vahemaade alusel arvutatud tegevusmahtu.

3. ANALÜÜS JA SÜNTEES

Kokku teostati erinevate meetodikate ja sisendandmete kombinatsioonides arvutused 14-s variatsioonis, mis on kokkuvõtlikult esitatud Tabel 3.1. Iga meetodika puhul vaadati andmete kombinatsiooni, kus nii heitmete kui tegevuse arvutus teostati esmaste andmete alusel. Seejärel variatsiooni, kus vähemalt üks komponentidest leiti teisest andmetega, milleks võis olla nt tegevusandmete simuleerimine või heitmete arvutuses sarnaselt tegevuselt ülekantud kütusekulu kasutamist. Viimase variatsioonina arvutati juht, kus kasutati heiteandmete tuletamiseks maksimaalselt vaikeandmeid.

Tabel 3.1 Variatsioonidesse valitud erisused sisendandmetes.

Viide	Metoodika	Tegevus- andmete erisus	KHG heitmete erisus
A1	GHG protokoll, kütusepõhine	-	Tegelik kütusekulu (tühisõidud arvestatud, TTW)
A2	GHG protokoll, kütusepõhine	ADD, tühisõidud mittearvestatud	Vaikeandmed: keskmine kütusekulu masinatüübil
A3	GHG protokoll, vahemaapõhine	ADD	Vedajapõhine eriheitetegur (tühisõidud välja arvestatud)
A4	GHG protokoll, vahemaapõhine	SFD, tühisõidud mittearvestatud	Vaikeandmed: tegevuspõhine eriheitetegur
A5	GHG protokoll, kulupõhine	-	-
B1	GLEC raamistiku v2	ADD	Vedajapõhine eriheitetegur (ADD)
B2	GLEC raamistiku v2	PD	Vedajapõhine eriheitetegur (ADD)
B3	GLEC raamistiku v2	PD	Vaikeandmed lisast
C1	ISO 14083	TCE: ADD	TOC: tegeliku kütusekuluga, ADD
C2	ISO 14083	TCE: SFD	TOC: keskmine kütusekulu, ADD
C3	ISO 14083	TCE: SFD	TOC: vaikeandmed
D1	GLEC raamistiku v3	TCE: ADD	TOC: kütuseandmed keskmise kütusekulu järgi; SFD tegevusmaht
D2	GLEC raamistiku v3	TCE: ADD	TOC: vaikeandmed lisast
D3	GLEC raamistiku v3	TCE: SFD	TOC: vaikeandmed lisast

Erinevates meetodikates on läbivalt kasutatud samu sisendandmeid, millest eelkõige saadetisepõhiste tegevusandmete leidmine oli väga töömahukas. Iga saadetise puhul leiti GPS-positsioneerimisajaloo alusel nii ADD, kaardirakenduse ja marsruudiplaneerimise abil PD ning samuti kaardirakendusest ka SFD. Viimase kahe erinevus on, et jaotusvedude puhul läbib PD puhul iga järgnev saadetis eelneva saadetise sihtpunkti. SFD puhul aga kehtib teoreetiline olukord, kus saadetis reisib sõltumatult ja kõige otsemat teekonda pidi. SFD väärtuste leidmine on peamiselt vajalik KHG heitmete õiglaseimaks allokeerimiseks saadetisele, kui puudub võimalus leida saadetisepõhine tegevusintensiivsus tonn-kilomeetrites.

Vaatlusaluse tegevuse puhul kujunes ADD alusel arvatud tegevusmahuks 43 419 tkm. PD alusel arvatud tegevusmahuks oli 41 629 tkm. Lisaks Tabel 2.5 toodud tegelikult läbitud vahemaadele olid saadetisepõhiselt vajalik arvutada ka veel PD: 16 119 km, millest 9 375 km olid koormatud.

3.1. Tulemused GHG protokollis metoodikaga

Rakendati kõiki GHG protokollis toodud KHG heitmete arvutusvariante: kütuse-, vahemaa- ja kulupõhist. Variatsioonide kaupa teostatud arvutuste tulemused on välja toodud Tabel 3.2. Kuna GHG protokoll ei näe ette heiteintensiivsuste arvutamist ja KHG koguheitemahuga koos esitlemist, siis seda ka ei teostatud.

Variatsioon A1 annab küllaltki usaldusväärse tulemuse, kuna arvutus on teostatud kasutades tegelikult tarbitud kütusekoguseid ja ühtlasi on arvutusse kaasatud ka tühisõidud, kuna vedajal puudub võimalus täpselt eristada koormatud vedudeks kulunud kütuse kogust tühivedude kulust. Meetodi nõrkusteks võib pidada vabadust kasutada arvutustes TTW eriheitetegurit ja andmete kättesaadavust, kuna terve raporteerimisperioodi kohta kasutatud kütuse koguste info jagamine transporditeenuste pakkujate ja kasutajate vahel ei ole realistlik nii halduskoormuse kui ka allokatsiooni vajaduse tõttu, kui samade transpordivahenditega on teostatud vedusid samaaegselt mitmetele ettevõtetele.

Tabel 3.2 GHG protokollis metoodika variatsioonide A1-A5 arvutustulemused

Variatsioon	KHG heitmeid, kgCO ₂ e
A1	15 239
A2	9 458
A3	13 526
A4	8 385
A5	35 224

Variatsiooni A2 puhul kasutati teiselt väga sarnase tegevusega vedajalt üle kantud keskmist kütusekulu, mis on lubatud lihtsustus, kuid vähendab ka sisendandmete kvaliteedimäära. Tulemuse suure erinevuse A1 variatsioonist tingib aga võimalus tühisõituseid mitte arvestada. Käsitletud andmete puhul oli tühisõitude osakaal aga võrdlemisi suur (40%+), mistõttu on suur osa KHG heitmeid ka arvutustulemusse

mittearvestatud. Kuna tulemus saadi läbisõitu kasutades, mitte tegevusmahtu, tuleb saadetise tasemel raporteerimiseks kasutada allokatsiooni.

Variatsiooni A3 võiks pidada üheks mugavamaks arvutusmeetodiks, sest see toetub vedaja antud tegevuse heiteintensiivsusele, teisest küljest on see ka variatsiooni nõrkuseks, sest sõltub paljuski vedaja kasutatavast arvutusmeetodist. Töös arvutati vedajapõhine intensiivsustegur eeldusel, et vedaja arvutaks oma KHG intensiivsuse samuti GHG protokollis juhiseid järgides, seega diisli eriheiteteguriga, mille süsteemi piires on TTW, kasutades ka lihtsustusi: tegevusmahu arvutuseks kasutati koormapõhist koormatud vahemaa keskmist ja ka ainult koormatud vahemaadele eelduslikult kulunud kütuse kogust (veokipõhise tegeliku keskmise kütusekulu alusel). Lisaks eeldab A3 saadetisepõhise tegevusmahu (tegeliku või planeeritud) olemasolu.

Variatsioonis A4 kasutati heiteintensiivsuseks DESNZ 2023. aasta andmebaasist valitud kasutusjuhule sobivaimat vaiketegurit ja planeeritud vahemaade alusel arvutatud tegevusmahtu. Vaikintensiivsus oli siiski oluliselt madalam tegelikust, mistõttu ei kajasta saadud tulemus väga hästi tegelikku olukorda.

Variatsioon A5 arvutus teostati illustreerimaks erinevust, mida võib saavutada väga ebamääraste vaikeandmete kasutamisega. USA-põhised EEIO väärtused võivad turgude teenuste hindade suurte erinevuste tõttu väga elukauged tulemusi anda.

GHG protokollis järgi KHG heitmete arvutamine annab väga erinevaid tulemusi, sõltuvalt kasutatud sisendandmete liigist ja kvaliteedist. Siiski, isegi parima kvaliteediga sisendit kasutades, on GHG protokollis meetodikat kasutades võimalik KHG heitmeid teiste meetodikatega võrreldes alaraporteerida, esiteks kuna sisseostetud transporditeenusel tekkinud KHG heitmete raporteerimisel võib piirduda ainult teenusepakkuja mõjuala 1 ja mõjuala 2 KHG heitmete arvestamisega - transpordikütuse puhul tähendab see TTW süsteemi piires kasutamist WTW asemel, ja teiseks, tühisõituseid võib arvutustest välja jätta. Kui raporteeriv ettevõtte teeb otsuse GHG protokollis rakendata täiendavate tingimustega, sh kütuste täit elutsükli arvestava eriheiteteguri kasutamisega ja tühisõituse arvestamisega, on GHG protokoll hea variant KHG heitmete arvestuseks, kuid ei pruugi olla võimalik teostada võrdlust teiste sarnaste ettevõtetega.

3.2. Tulemused GLEC raamistiku versioon 2 metoodikaga

GLEC raamistiku teise versiooni alusel saadud tulemused on esitatud Tabel 3.3. GLEC näeb ette heidete kogumahu esitlemist koos heiteintensiivsusega.

Tabel 3.3 GLEC raamistiku v2 metoodika variatsioonide B1-B3 arvutustulemused

Variatsioon	KHG heitmeid, kgCO ₂ e	Heiteintensiivsus, kgCO ₂ e/tkm	Heiteintensiivsus, kgCO ₂ e/km
B1	15 525	0,358	1,453
B2	16 411	0,394	1,750
B3	4 080	0,098	0,435

Variatsioon B1 põhineb vedajal antud intensiivsusteguril ja tegeliku vahemaa alusel arvutatud tegevusmahul. Variatsiooni nõrkuseks on vedaja valitud meetod intensiivsusteguri arvutamiseks ja saadetisepõhiste tegelike läbitud distantside tuvastamine.

B2 puhul kasutati sama vedajapõhist intensiivsustegurit, kuid tegevusmaht arvutati planeeritud vahemaade alusel. Kuna intensiivsustegur ja tegevusmaht olid arvutatud erinevate vahemaade alusel (tegelik ja planeeritud), tuli kasutada DAF-i. Ebatäpsuste risk tuleneb peamiselt vedaja intensiivsustegurist ja mittekonkreetses DAF-kordajast, mida GLEC v2-s soovitatud kasutada.

Variatsioon B3-s kasutati heitmete arvutamiseks tegevusintensiivsuse vaikeväärtust, mis on GLEC v2 lisast leitav ja planeeritud vahemaade alusel arvutatud tegevusmahtu. Vaikeväärtus erines olulisel määral teiste meetoditega leitud intensiivsusest, seega võib arvata, et juhtumettevõtte puhul pole GLEC v2 toodud vaikeväärtus asjakohane.

3.3. Tulemused ISO 14083 metoodikaga

ISO 14083 standardi alusel arvutatud KHG heitmete mahud ja vastavat heiteintensiivsused on toodud Tabel 3.4.

Tabel 3.4 ISO 14083 meetodika variatsioonide C1-C3 arvutustulemused

Variatsioon	KHG heitmeid, kgCO ₂ e	Heiteintensiivsus, kgCO ₂ e/tkm	Heiteintensiivsus, kgCO ₂ e/km
C1	17 948	0,413	1,680
C2	16 209	0,405	1,647
C3	8 516	0,201	0,908

Variatsioonis C1 kasutati arvutusteks nii esmaseid heiteandmeid kui ka tegevusandmeid. Kuna TOC-i heiteintensiivsuse arvutamine käis väga hea kvaliteediga ja detailsete andmete põhjal (kasutatud kütuse kogus, saadetisepõhiste tegevusmahtude summa tegelike vahemaade alusel) ning asjakohased süsteemiirid ei jätnud kõrvale kütuse hankefaasi heitmeid ega tühisõite, võib C1 alusel arvutatud tulemust hinnata täpsemaks võimalikuks. Meetodikavariatsiooni miinuseks võib pidada andmete kättesaadavust.

Variatsioonis C2 leiti KHG heitmete maht erinevalt C1-st keskmise ülekantud kütusekulu kasutades. Lisaks kasutati TCE-de heitmete arvutuse juures PD-d, mis tingis omakorda ka DAF-i kasutamise. Variatsiooni miinuseks on üldjuhuline DAF ja kütusekulu kaudne arvutusviis, mis võib tingida täiendava ebatäpsuse. Kuna TOC-i puhul kasutati ADD-d ja TCE puhul PD-d, siis võib ka selle variatsiooni puhul andmete hankimine töömahukaks osutada.

C3-s kasutati DESNZ andmebaasist hangitud tegevuse intensiivsuse vaikeväärtust ja planeeritud vahemaid nii TOC-i kui TCE arvutustes. Miinuseks võib taaskord lugeda vaikeväärtusest tuleneva suure erinevuse reaalsusega.

3.4. Tulemused GLEC raamistiku versioon 3 meetodikaga

GLEC raamistiku v3 kasutades saadud tulemusi kajastab Tabel 3.5. Kuna GLEC v3 ja ISO 14083 on ühtlustumisest tulenevalt meetodiliselt sisuliselt identsed, võeti GLEC v3 variatsioonides vaatluse alla võimalused, mida GLEC lisab arvutuskäikudele. Nendeks on tegevuste heiteintensiivsuste vaikeväärtuste etteandmine.

Variatsioonis D1 kasutati TOC-i arvutustes keskmist küttekulu ja planeeritud vahemaade väärtusi. TCE-de puhul kasutati tegelikult läbitud vahemaade väärtusi,

seega KHG heitmete arvutuse juures rakendus taaskord DAF. Kuna GLEC v3 ei anna DAF-ile ühtegi väärtust ette, tuleb see ise juhtumipõhiste andmete pealt tuletada. Variatsiooni miinuseks võib lugeda andmete kättesaadavust, kuna TCE-d on arvutatud ADD-ga, TOC SFD-ga ja DAF-i tuletamiseks on samuti mõlemaid vaja.

Tabel 3.5 GLEC raamistiku v3 metoodika variatsioonide D1-D3 arvutustulemused

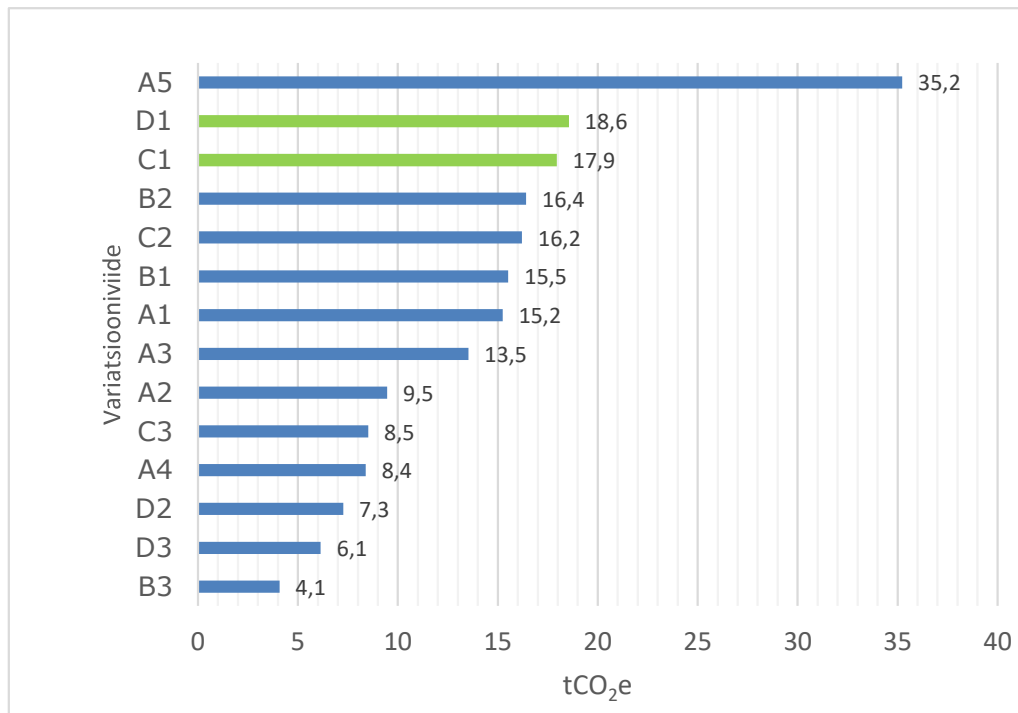
Variatsioon	KHG heitmeid, kgCO ₂ e	Heiteintensiivsus, kgCO ₂ e/tkm	Heiteintensiivsus, kgCO ₂ e/km
D1	18 555	0,446	1,979
D2	7 265	0,117	0,430
D3	6 137	0,117	0,364

Variatsioonides D2 ja D3 rakendati mõlemas heiteintensiivsusena GLEC v3-s välja toodud sobivaid tegevuse intensiivsustegureid, kuid TCE arvutuses kasutati vastavalt kas ADD-d või PD-d. Ka GLEC v3-s toodud heiteintensiivsused jäiga kerega raskeveoki tegevusele on võrreldes juhtumiga märgatavalt väiksemad.

3.5. Metoodikate võrdlus

Seades kõik vaadeldud metoodikate variatsioonid omavahel võrdlusesse, on võimalik tuvastada proportsionaalsed erinevused arvutustulemuste vahel ja potentsiaalselt leida ka reeglipärasusi. Tõenäoliselt täpsemaks tulemuseks võib lugeda variatsiooni C1, kus ei tehtud andmete kvaliteedi osas ühtegi kompromissi ja rakendati logistikaheitmete arvestuse normiks kujunenud süsteemiipiire. Küll aga ka seda saab täiendada, kasutades värskemaid andmed kütuse eriheitetegurite kohta. ISO 14083 seda ka soovitab teha, kui standardi kasutajal on andmeid uuendatud eriheitetegurite kohta.

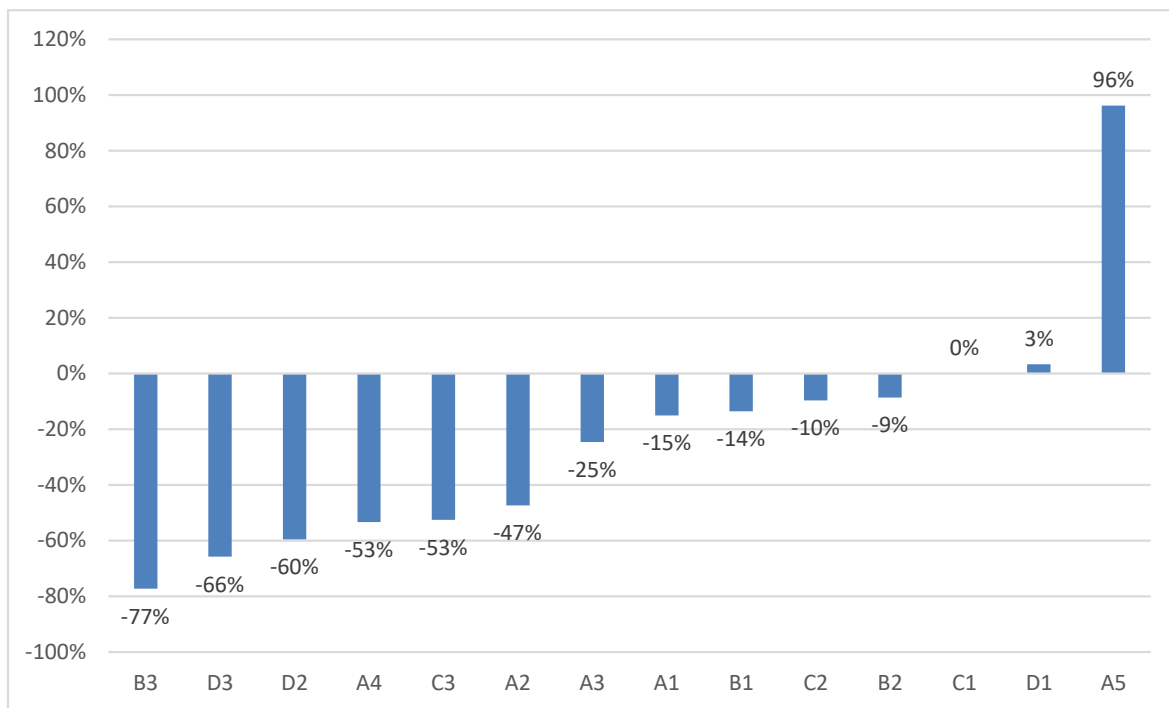
Joonis 3.1 on asetatud kõigi variatsiooni KHG heitmete mahud kõrvuti ja joonistub välja mitu eraldiseisvat gruppi. Esmalt, graafiliselt kujutatud vääruste järgi ~1/3 kõige madalamatest tulemustest (variatsioonid B3, D3, D2, A4, ja C3) koosneva grupi ühisnimetajaks on tegevusintensiivsuse vaikeväärtuste kasutamine. Silma paistab veel variatsioon A5 teistest tunduvalt kõrgem tulemus, mis on selgitatav kulupõhise lähenemise aluseks oleva EEIO andmete äärmuslikule üldistatusele ja ka turuspetsiifilisusele, kuna sisendandmed pärinevad Ameerika Ühendriikidest.



Joonis 3.1 meetodikavariatsioonide KHG heitmete arvutustulemused

Variatsioonidest, kus tegevusintensiivsuse vaikeväärtusi ei kasutatud, võib välja tuua veel A1 ja A3-e, kus on tegu puuduliku süsteemi piiiriga: esimeses on arvestatud heitmetena ainult kütuse kasutusfaasi heitmeid ja teises pole arvestatud tühisõitude mahuga. Järelejäänud variatsioonide grupp 4: C1, D1, B2, C3, B1 on ±7%-lise erinevuse raamides, mis tuleneb arvutuslikest lihtsustustest, hõlbustades andmete kogumist ja töötlemist. Nende ühisnimetajaks on KHG heitmete arvutamisel tegeliku kütusetarbituse andmete kasutamine: tarbitud kütuse koguse, keskmise (tegeliku) kütusekulu või vedajalt saadud heiteintensiivsuse (eeldusel, et see on tegelike andmetega arvutatud) rakendamine.

Joonis 3.2 illustreerib potentsiaalseid erinevusi KHG heitmete raporteerimisel, sõltuvalt missugust meetodikat ja sisendandmete variatsiooni kasutatud on. Võttes võrdluspunktiks C1 variatsiooni tulemust, on erinevuse skaala alates 77% vähem kuni 96% rohkem KHG heitmeid samadest tegevustest. Kõige murettekitavam on asjaolu, et iga tulemuse puhul on võimalik viidata, et see on arvutatud vastavalt ühele laialt tunnustatud meetodikale. Transpordist tekkinud KHG heitmete arvutustulemuste usaldusväärsus on seega seotud eelkõige meetodikate pakutavate vabadustega teha erisusi lähenemises, nt kütuse eriheitetegurite valikul, tühisõitude heitme kaasamise küsimuses, tegevusandmete vaikeväärtuste kasutamisel.



Joonis 3.2 transpordi KHG heitmete üle-/alaraporteerimise ulatus andmestiku näitel

3.6. Metoodika valik ja puudujäägid

Esimene raskuspunkt metoodika üle otsustamisel on tegevusandmete kogumine. Täpseima tulemuse saamiseks peaks kõik arvutused olla teostatud saadetise tasemel ADD põhjal, kuid sellisel juhul saab arvutusi teostada ainult *ex-post*. ADD väärtuste kogumine muutub eriti keerukaks, kui transport toimub mitme vedaja koostöös. SFD põhjal arvutuste tegemine on sõltuv hetkest, mil andmete kogumine teostati, kuna erinevad rakendused lähtuvad erinevatest marsruudi optimeerimise eeldustest, samuti muutuvad ajas teeseisukord ja infrastruktuur. Davydenko jt hinnangul [57] on PD kasutamise põhiline probleemkoht hilisem auditeerimine, kuna auditi läbiviijatel on vajalik ligipääs planeerimistarkvarale.

Teostatud arvutustest ilmneb, et transpordi KHG heitmete arvestusega alustamisel vaikeandmetele toetudes võib saada tegelikkusest olulisel määral erineva tulemuse, mis võib viia ekslike ja seega kehvade äriotsuste ning tegevusplaanide koostamiseni.

Ülalt-alla arvutused annavad küll informatiivseid transpordikategooriapõhiseid eriheitetegurite keskväärtusi, kuid põhimõtteliselt on kõik transpordioperatsioonid unikaalsed, erinedes veduki, haagise tüübi, koormatud ja tühisõidu määra,

marsruudiplaneerimise, kauba massi, autojuhi käitumise, liiklusolukorra, sõidukiiruse jpm nüansside poolest, mida teoreetilised simulatsioonid kütusekulu arvestuseks paratamatult ei saa täielikult arvesse võtta. Seetõttu on ka Du Plessis jt leidnud [58], et KHG heitmete arvestuse parema täpsuse saavutamiseks vajalik hinnata KHG heitmeid iga üksiku transpordioperatsiooni (veo) tasemel – see tähendab ka, et kütusekasutuse andmeid oleks ideaalis vajalik saada samal tasemel.

Eraldi probleemkoht on kohaldatud süsteemi piires: saavutamaks võrreldavust ja järgides kaasaegsemaid praktikaid, on soovituslik vältida GHG protokolliga kasutamist transpordiheitmete kvantifitseerimiseks, vaid pigem kasutada ISO 14083 või GLEC raamistiku (versioon 3) metoodikat, mis on esmalt logistikavaldkonnale loodud, lisaks aga lubavad vähem paindlikkust süsteemi piiride seadmisel. Nõutud on kasutada kogu kütuse elutsükli eriheitetegurid ja tühisõitudest tuleneva KHG heitme arvestamist.

Ruukki jaoks on kättesaadavad väga hea kvaliteediga veoandmed: nii ADD kui ka SFD andmed, seda ka saadetise tasemel. Nii ISO 14083 kui ka GLEC versioon 3 soovivad kasutada SFD/PD vahemaid just põhjusel, et transporditeenuse tarbija jaoks on tegelikult läbitud vahemaad harva kättesaadavad. Ruukki varundatakse mõlemat tüüpi läbisõiduandmeid ettevõtte transpordiplaneerimistööriistast ja ka dokumentide arhiivis, mis võimaldab hiljem tegevusmahuarvutusi vajadusel kontrollida.

Järelikult, võttes arvesse metoodika valikule püstitatud kriteeriumeid: toetumine esmastele andmetele, objektiivsus, kontrollitavus ja raporteeritavus vähemalt koormapõhiselt, oleks sobilikud kasutada nii ISO 14083 kui ka GLEC raamistiku versioon 3. GLEC raamistiku versioon 2 rakendamine on võimalik, kuid nagu ka arvutustulemused ilmestavad, on GLEC raamistiku versioon 2 lisades välja toodud vaikeandmed aegunud. Ka on tõenäoline, et logistikasektoris ühtlustub järgnevatel aastatel jooksul metoodikate kasutamine just uues standardis ja GLEC raamistiku versioon 3-s toodud transpordioperatsioonikategooriate loogika suunas.

Võrreldes ISO 14083 ja GLEC raamistiku III versiooni laiemalt, kui ettevõtte seatud kriteeriumid, pakub GLEC ajakohasemaid energiakandjate eriheitetegurid ning täiendavat tuge KHG heitmete mõõdikute arendamisel ja äriprotsessidesse integreerimisel. Kuna GLEC raamistik on ühilduv ka ISO 14083-ga, on võimalik selle metoodika alusel raporteerimisel ka tähendada, et tulemused on esitatud vastavalt standardile. Seega, kui ettevõtte huvi on laiem kui ainult arvutusmetoodika, pakub GLEC raamistiku versioon 3 suuremat väärtust ja tuge ettevõtte kestlikkuseesmärkide täitmiseks.

KOKKUVÕTE

Transpordist tekkivate KHG heitmete mõõtmiseks puudus siiaamaani globaalne tunnustatud ja efektiivne meetodika, mistõttu on heitmete arvutuspraktika äärmiselt killustunud ja ettevõtete vahel raskesti võrreldavad. 2023. aastal avaldati kauaoodatud uus rahvusvaheline standard ISO 14083, mille ambitsiooniks on transpordisektori KHG heitmete meetodika ühtlustamine. Ruukki Products AS vaatevinklist on võimalike rakendatavate valikute hulk seega taaskord veelgi suurem. Ettevõtte on eesmärgistanud oma tegevusest tekkivate KHG heitmete vähendamise ja soovib tegevusplaan laiendada ka tarneahelale, sh sisseostetud transporditeenusele. Magistritöö eesmärgiks seati transpordi KHG heitmete arvutusmeetodika valikuks ettepaneku tegemine. Eesmärgi saavutamiseks püstitati uurimisküsimused:

- 1) Millised on rahvusvaheliselt tunnustatud maanteetranspordi KHG heitmete arvutusmeetodikad?
- 2) Mis andmeid on KHG heitmete arvutuseks vaja ja mis neist on ettevõttele kättesaadavad?
- 3) Kui erinevad on eri meetodikatega saadud tulemused?
- 4) Missugune meetodika vastab ettevõtte ootustele?

Töö esimeses osas anti ülevaade kohalikul ja regionaalsel tasandil ettevõtete mõjutavatest keskkonnapoliitika suundadest, tehti lühiülevaade hiljutistest ettevõtete KHG heitmete arvutusi käsitletud diplomitöödest ja nende leidudest transpordiheitmete arvutuste vallas ning tutvustati detailselt tunnustatuid transpordi KHG heitmete arvutusteks kasutatavaid meetodikaid: GHG protokoll, GLEC raamistik (versioon 2, versioon 3) ja ISO 14083 standardit.

Teises osas tutvustati juhtumettevõtte Ruukki tegevusvaldkonda ja äriprotsesside eripärasid, toodi välja ettevõtte strateegiline positsioon kestlikkuse alal, sh seniteostatud KHG heitmete kaardistusmahud. Kirjeldati andmetekogumismetodikat ja arvutusmeetodikat. Käsitletud neljast meetodikast loodi 14 arvutusvariatsiooni, et analüüsida potentsiaalset KHG heitmete üle- või alaraporteerimise ulatust ja meetodikatevahelisi erinevusi. Iga meetodika lõikes liikusid variatsiooni parima kvaliteediga sisendandmete kasutamisest kehvema andmekvaliteediga variandini. Ettevõttest kogutud andmete alusel anti umbmäärane hinnang terve kalendriaasta transpordi KHG heitmete võimalikule vahemikule, et mõista töö transpordi KHG heitmete mõju ulatust. Andmete kogumine ja korrastamine osutus ootuspäraselt töömahukaks. Lisaks toodi välja variatsioonides vajaminevad eri allikatest pärit eriheitetegurid ja leiti,

et isegi diiselkütuse WTW eriheitetegurit väärtus võib meetodikate vahel olulisel määral erineda.

Kolmandas peatükis teostati variatsioonide arvutustulemuste võrdlus ja leiti, et transpordi KHG heitmete arvutamisel on võimalik saavutada tulemusi skaalal 77% vähem kuni 96% rohkem võrreldes variatsiooniga, milles kasutati parima kvaliteediga andmeid, kütuse WTW eriheitetegurit ja kaasati KHG heide tühisõitudest. Lisaks tuvastati, et tegevusmahtude vaikeandmete kasutamine ei anna Ruukki näitel tegelikkusele ligilähedastki tulemust, mistõttu tuleks enam fookust seada kvaliteetsete andmete kogumisele. Ruukkil on ligipääs esmastele tegevusandmetele, kuid heitmete arvutuseks vajaliku kütusekulu info tuleb koostööpartneritelt pärida kas tegevuse intensiivsustegurite näol või reaalsuses mõõdetud keskmise kütusekuluna. Võrdluse tulemusena tuvastati, et nii uus standard ISO 14083 kui ka selle baasilt uuendatud GLEC raamistiku III versioon on mõlemad Ruukki jaoks sobilikud meetodikad transpordi KHG heitmete arvutuste teostamiseks.

Teostatud töö järgselt on ettevõttel enesekindlus transpordi KHG heitmete mõõtmisega alustamiseks. Võimalik on koostada plaan, millega kategoriseeritakse vedajate masinapark, tutvustatakse transporditeenuse pakkujatele oma kavatsusi ja seatakse sisse rutiinid kütusekuluinfo vahetamiseks. Taoliselt toimides on võimalik transpordist tekkivate KHG heitmete arvutus teostada kõrge täpsusega, mis toetab edasist eesmärgistamist ja keskkonnaoptimaalsemate lahenduste suunas töötamist. Magistritööga on seega vastatud kõigile uurimisküsimustele ja täidetud püstitatud eesmärk.

SUMMARY

To date, there has been no globally recognized and effective methodology for measuring GHG emissions from transport, which is why the practice of calculating emissions is extremely fragmented and difficult to compare between companies. In 2023, the long-awaited new international standard ISO 14083 was published, the ambition of which is to harmonize the methodology of GHG emissions quantification in the transport sector. From the point of view of Ruukki Products AS, the range of possible applicable options is thus once again even greater. The company has set a goal of reducing GHG emissions from its operations and wants to extend its operational plans to the supply chain, including outsourced transport services. The goal of the master's thesis was to make a proposal for the selection of the calculation methodology for transport GHG emissions. To achieve the goal, the research questions were set:

- 1) What are the internationally recognized GHG emission calculation methodologies for road transport?
- 2) What data is needed to calculate GHG emissions and which of them are available to the company?
- 3) How different are the results calculated with various methodologies?
- 4) What kind of methodology meets the company's expectations?

In the first part of the work, an overview of the environmental policy trends affecting the company at the local and regional level was given, a brief overview was given of recent diploma theses dealing with the calculations of GHG emissions of companies and their findings in the field of transport emissions calculations, and the more recognized methodologies used for calculations of transport GHG emissions were introduced in detail: GHG protocol, GLEC framework (version 2, version 3) and ISO 14083 standard.

In the second part, the nature of operation of the case company Ruukki and the specificities of its business processes were introduced, the company's strategic position in the field of sustainability was brought out, including the results of GHG emissions quantification carried out so far. Data collection methodology and calculation methodology were described. From the four methodologies discussed, 14 calculation variations were created to analyze potential extents of over- or under-reporting of GHG emissions and differences between methodologies. Across each methodology, the variation moved from using the best quality input data to a variant with poorer data quality. Based on the data collected from the company, a rough estimate of the possible range of transport GHG emissions for the entire calendar year was made to understand

the potential extent of the impact of current work. Collecting and organizing the data turned out to be labor-intensive, as expected. In addition, the specific emission factors from different sources needed in the variations were brought out and it was found that even the value of the WTW specific emission factor of diesel fuel can differ significantly between the methodologies.

In the third chapter, a comparison of the calculation results of the variations was carried out and it was found that the calculation of transport GHG emissions can achieve results on the scale of 77% less to 96% more compared to the variation that used the best quality data, the WTW specific emission factor of the fuel and included the GHG emissions from empty backhauls. In addition, it was established that the use of default data on activity volumes does not give a result close to reality, as in Ruukki's example, so more focus should be placed on the collection of high-quality data. Ruukki has access to the primary operational data, but the fuel consumption information needed to calculate emissions must be obtained from cooperation partners either in the form of activity intensity factors or as average fuel consumption measured in real conditions. As a result of the comparison, it was determined that both the new standard ISO 14083 and the III version of the GLEC framework, updated based on ISO standard, are both suitable methodologies for Ruukki to calculate transport GHG emissions.

After the work performed, the company has the confidence to start measuring transport GHG emissions. It is possible to prepare a plan that categorizes the carriers' fleet, informs the transport service providers of the company's intentions and establishes routines for exchanging fuel consumption information. By acting in this way, it is possible to perform the calculation of transport GHG emissions with high accuracy, which supports further goal setting and working towards more environmentally optimal solutions. The master's thesis has therefore answered all the research questions and fulfilled the set goal.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Säästva Eesti instituut ja SEI Tallinn, „Säästva arengu sõnastik“, Sõnaseletusi. Loetud aadressil: http://www.seit.ee/sass/?word=kasvuhoonegaas&ID=1&showing=2&search_word=Otsi&keel=ee&type=hagus. Kasutatud: 10.09.2022.
- [2] S. Arrhenius, „On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground“, *Philosophical Magazine and Journal of Science*, kd 41, lk 237–276, 1896, [Online]. Loetud aadressil: https://www.rsc.org/images/Arrhenius1896_tcm18-173546.pdf. Kasutatud: 1.11.2022.
- [3] G. S. Callendar, „The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature“, *Quart J Royal Meteor Soc*, kd 64, nr 275, lk 223–240, 1938, doi: 10.1002/qj.49706427503. Loetud aadressil: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.49706427503>. Kasutatud: 22.11.2022.
- [4] G. N. Plass, „The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change“, *Tellus*, kd 8, nr 2, lk 140–154, 1956, doi: 10.3402/tellusa.v8i2.8969. Loetud aadressil: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3402/tellusa.v8i2.8969>. Kasutatud: 22.11.2022.
- [5] G. S. Callendar, „On the Amount of Carbon Dioxide in the Atmosphere“, *Tellus*, kd 10, nr 2, lk 243–248, 1958, doi: 10.3402/tellusa.v10i2.9231. Loetud aadressil: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3402/tellusa.v10i2.9231>. Kasutatud: 22.11.2022.
- [6] C. D. Keeling, „The Concentration and Isotopic Abundances of Carbon Dioxide in the Atmosphere“, *Tellus*, kd 12, nr 2, lk 200–203, 1960, doi: 10.3402/tellusa.v12i2.9366. Loetud aadressil: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3402/tellusa.v12i2.9366>. Kasutatud: 22.11.2022.
- [7] J. C. Pales ja C. D. Keeling, „The concentration of atmospheric carbon dioxide in Hawaii“, *J. Geophys. Res.*, kd 70, nr 24, lk 6053–6076, dets 1965, doi: 10.1029/JZ070i024p06053. Loetud aadressil: <http://doi.wiley.com/10.1029/JZ070i024p06053>. Kasutatud: 22.11.2022.
- [8] C. D. Keeling et al., „Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii“, *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, kd 28, nr 6, lk 538, jaan 1976, doi: 10.3402/tellusa.v28i6.11322. Loetud aadressil: <https://a.tellusjournals.se/article/10.3402/tellusa.v28i6.11322/>. Kasutatud: 22.11.2022.

- [9] „Report of the United Nations Conference on the Human Environment“, United Nations, Stockholm, juuni 1972. Loetud aadressil: <http://undocs.org/en/A/CONF.48/14/Rev>. Kasutatud: 22.11.2022.
- [10] Ad Hoc Study Group on Carbon Dioxide and Climate, Climate Research Board, Assembly of Mathematical and Physical Sciences, ja National Research Council, *Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment*. Washington, D.C.: National Academies Press, 1979. doi: 10.17226/12181. Loetud aadressil: <https://www.nap.edu/catalog/12181>. Kasutatud: 22.11.2022.
- [11] United Nations, „General Assembly resolution 43/53“, A/RES/43/53. dets 1988. Loetud aadressil: <https://undocs.org/en/A/RES/43/53>. Kasutatud: 22.11.2022.
- [12] U. Nations, „United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, 3-14 June 1992“, *United Nations*. Loetud aadressil: <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>. Kasutatud: 22.11.2022.
- [13] *Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni kliimamuutuste raamkonventsioon*. Vastu võetud 12.06.1992. RT II 1994, 14, 43. Kasutatud 22.11.2022.
- [14] *Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni kliimamuutuste raamkonventsiooni Kyoto protokoll*. Vastu võetud 11.12.1997. RT II 2002, 26, 111. Kasutatud 22.11.2022.
- [15] *Kyoto protokoll Doha muudatus*. Vastu võetud 08.12.2012. RT II, 05.03.2015, 4. Kasutatud 22.11.2022.
- [16] *Pariisi kokkulepe*. Vastu võetud 12.12.2015. RT II, 01.11.2016, 3. Kasutatud 20.12.2022.
- [17] The White House. *Statement by President Trump on the Paris Climate Accord*. [www] <https://trumpwhitehouse.archives.gov/briefings-statements/statement-president-trump-paris-climate-accord/>. Kasutatud 19.12.2022.
- [18] United States Department of State. *The United States Officially Rejoins the Paris Agreement*. [www] <https://www.state.gov/the-united-states-officially-rejoins-the-paris-agreement/>. Kasutatud: 19.12.2022.
- [19] Euroopa Parlament. *Kliimamuutused Euroopas: faktid ja arvud*. 25. juuli 2018. [www] <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/society/20180703STO07123/kliimamuutused-euroopas-faktid-ja-arvud>. Kasutatud: 26.10.2023.
- [20] Euroopa Parlament. *Sõiduautode CO2 heide: faktid ja arvud*. 4. oktoober 2019. [www] <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/society/20190313STO31218/soiduautode-co2-heide-faktid-ja-arvud-infograafika>. Kasutatud: 26.10.2023.
- [21] I. Davydenko, M. Hopman, R. N. Van Gijlswijk Bsc, A. Rondaij, ja J. S. Spreen, „Towards harmonization of Carbon Footprinting methodologies: a recipe for reporting in compliance with the GLEC Framework, Objectif CO2 and SmartWay for

- the accounting tool BigMile™, Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO), 2019, doi: 10.13140/RG.2.2.10883.45601. Loetud aadressil: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.10883.45601>. Kasutatud: 6.11.2023.
- [22] V. Fulzele ja R. Shankar, „Improving freight transportation performance through sustainability best practices“, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, kd 165, lk 285–299, 2022, doi: 10.1016/j.tra.2022.09.009. Loetud aadressil: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965856422002373>. Kasutatud: 6.11.2023.
- [23] Euroopa Komisjon, „Euroopa roheline kokkulepe“ (komisjoni teatis), 11.12.2019, COM(2019) 640 final. Kasutatud: 8.11.2023.
- [24] Euroopa Komisjon, *Euroopa roheline kokkulepe elluviimine: otsustav kümnend*. LU: Publications Office, 2021. Loetud aadressil: <https://data.europa.eu/doi/10.2775/332>. Kasutatud: 8.11.2023.
- [25] Euroopa Komisjon. *Ettevõtete kestlikkusaruandlus*. [www] https://finance.ec/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en?prefLang=et&etrans=et. Kasutatud: 8.11.2023.
- [26] Euroopa Komisjon, „EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU MÄÄRUS transporditeenuste kasvuhoonegaaside heite arvestuse kohta“ (ettepanek), 11.07.2023, COM(2023) 441 final. Kasutatud: 8.11.2023.
- [27] Euroopa Komisjon. *Tagasiside Smart Freight Centre-lt*. 17.12.2021 [www] https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13217-Arvestage-oma-transpordist-parit-heidet-CountEmissions-EU/F2763910_et. Kasutatud: 8.11.2023.
- [28] Eesti Vabariigi Riigikantselei. *Rohepöörde tegevusplaan 2023-2025*. (eelnõu) [www] <https://www.valitsus.ee/valitsuse-eesmargid-ja-tegevused/rohepoliitika/tegevusplaan>. Kasutatud: 8.11.2023.
- [29] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. *Transpordi ja liikuvuse arengukava 2021-2035*. <https://www.mkm.ee/transport-ja-liikuvus/transpordi-tulevik>. Kasutatud: 8.11.2023
- [30] S. Hyken, „Your Company’s Purpose (And It’s Not Profit)“, *Forbes*. Loetud aadressil: <https://www.forbes.com/sites/shephyken/2020/12/13/your-companys-purpose-and-its-not-profit/>. Kasutatud: 8.11.2023
- [31] *Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification, ISO 14067, 2018*.
- [32] L. Kokk, „Süsiniku jalajälg ettevõttes KPMG Baltics OÜ“, [Magistritöö], Eesti Maaülikool, Tartu, 2022. [Online] Loetud aadressil: <https://dspace.emu.ee//handle/10492/7353>. Kasutatud: 8.11.2023.

- [33] R. Jürgens, „Süsiniku jalajälg ettevõttes Telia Eesti AS“, [Magistritöö], Tallinna Tehnikaülikool, Tartu, 2023. [Online] Loetud aadressil: <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/53f17533-1461-4f6c-b499-ba26edb5194b>. Kasutatud: 26.10.2023.
- [34] K. Sarap, „Süsinikuheidete vähendamine AS-i Standard näitel“, [Magistritöö], Eesti Maaülikool, Tartu, 2022. [Online] Loetud aadressil: <https://dspace.emu.ee//handle/10492/7432>. Kasutatud: 8.11.2023.
- [35] L. Lõhmus, „Ettevõtte süsiniku jalajälje arvestamine GHG protokolliskoop 3 raamistiku alusel“, [Magistritöö], Eesti Maaülikool, Tartu, 2022. [Online] Loetud aadressil: <https://dspace.emu.ee//handle/10492/7413>. Kasutatud: 8.11.2023.
- [36] J. Danilov, „ABB Robotics heitkoguste aruandluse funktsionaalsuse arendamine“, [Magistritöö], Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2022. [Online] Loetud aadressil: <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/a4501225-6f1d-4261-b525-97c725e6e90f>. Kasutatud: 26.10.2023.
- [37] H. Stevens, „Towards an adequate methodology for GHG emissions accounting in logistics“, [Masters Thesis], Delft University of Technology, Delft, Netherlands, 2018. Loetud aadressil: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:b3a00c85-e0f6-4351-9b18-76217b69822c>. Kasutatud: 7.11.2023.
- [38] P. Dehdari, H. Wlcek, ja K. Furmans, „An updated literature review of CO₂e calculation in road freight transportation“, *Multimodal Transportation*, kd 2, nr 2, 2023, doi: 10.1016/j.multra.2022.100068. Loetud aadressil: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2772586322000685>. Kasutatud: 26.10.2023.
- [39] GHG Protocol, *About Us*. [www] <https://ghgprotocol.org/about-us>. Kasutatud: 23.08.2023.
- [40] R. Gould, „Towards a net-zero logistics sector“, *ISO*, 20. jaanuar 2023. Loetud aadressil: <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/news/2023/01/a-net-zero-logistics-sector.color-C12.html>. Kasutatud: 23.08.2023.
- [41] P. Wild, „Recommendations for a future global CO₂-calculation standard for transport and logistics“, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, kd 100, 2021, doi: 10.1016/j.trd.2021.103024. Loetud aadressil: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1361920921003229>. Kasutatud: 6.11.2023.
- [42] Smart Freight Centre. „Overview Calculation Tools for Logistics Emissions“. EU Horizon 2020 project LEARN. 2019. doi: 10.3030/723984. Loetud aadressil: https://nucms.nl/tpl/learn/upload/190401_calculation_tool_summary_description%20overview%20-%20FINAL.pdf. Kasutatud: 6.01.2024.

- [43] *Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals, ISO 14064-1, 2018.*
- [44] J. Ranganathan ja P. Bhatia, *The greenhouse gas protocol: a corporate accounting and reporting standard*, Rev. ed. Geneva, Switzerland; Washington, DC: WBCSD; WRI, 2004.
- [45] World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, *Greenhouse gas protocol: corporate value chain (Scope 3) accounting and reporting standard: supplement to the GHG protocol corporate accounting and reporting standard*. Washington DC: WRI, 2011.
- [46] World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions: supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard*. Washington DC: WRI, 2013.
- [47] H. Moora, P. Kuldna, K. Martin, *KHG jalajälje hindamise juhend*. Keskkonnaministeerium, 2022. [Online] Loetud aadressil: <https://kliimaministeerium.ee/organisatsioonide-khg-jalajalg#juhendmaterjal>. Kasutatud: 26.10.2023.
- [48] G. Fancello, D. M. Vitiello, ja P. Serra, „Evaluating the Environmental Sustainability of an Intermodal Freight Logistic Chain Using the GLEC Framework“, *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2023 Workshops*, O. Gervasi, B. Murgante, A. M. A. C. Rocha, C. Garau, F. Scorza, Y. Karaca, ja C. M. Torre, Toim, Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, lk 563–576. doi: 10.1007/978-3-031-37123-3_39. Loetud aadressil: https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-37123-3_39. Kasutatud: 7.11.2023.
- [49] Smart Freight Centre. *Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting*, v2.0 edition. Amsterdam: SFC, 2019.
- [50] *Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations, ISO 14083, 2023.*
- [51] Smart Freight Centre. *Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting*, v3.0 edition. Amsterdam: SFC, 2023.
- [52] European Commission, „Future-proof GHG and environmental emissions factors for accounting emissions from transport and logistics operations“, *Funding & tenders*, 2023. [www] <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-cl5-2023-d6-01-08>. Kasutatud: 10.11.2023.
- [53] International Energy Agency, „Iron and Steel Technology Roadmap - Towards more sustainable steelmaking“, France, 2020. Loetud aadressil:

- https://iea.blob.core.windows.net/assets/eb0c8ec1-3665-4959-97d0-187ceca189a8/Iron_and_Steel_Technology_Roadmap.pdf. Kasutatud: 20.11.2023.
- [54] Swedish Steel AB. *Fossil free steel*. [www] <https://www.ssab.com/en/fossil-free-steel>. Kasutatud: 7.02.2023.
- [55] Swedish Steel AB. *SSAB Annual Report 2021 – Leading the green transition of the steel industry*. 2021. Loetud aadressil: https://www.ssab.com/-/media/files/company/investors/annual-reports/2021/ssab_annual_report_2021_en.pdf?m=20220316083802. Kasutatud: 07.02.2023.
- [56] Ruukki Construction. *Towards carbon-neutral building products*. [www] <https://www.ruukki.com/about-ruukki/sustainability#sustainable-operations>. Kasutatud: 07.02.2023.
- [57] I. Davydenko, R. T. M. Smokers, W. M. M. Hopman and H. Wagter, „Great circle distance as the optimal distance metric for CO2 allocation in freight transport“, Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO), 2021. [Online] Loetud aadressil: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:6e3d257c-ab6e-4f55-b254-ddc6ea33ce71>. Kasutatud: 7.11.2023.
- [58] M. J. Du Plessis, J. Van Eeden, L. Goedhals-Gerber, ja J. Else, „Calculating Fuel Usage and Emissions for Refrigerated Road Transport Using Real-World Data“, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, kd 117, 2023, doi: 10.1016/j.trd.2023.103623. Loetud aadressil: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1361920923000202>. Kasutatud: 6.11.2023.

LISAD

Lisa 1 Koormapõhised tegevusandmed

Koorem	Veomasin	Mass, kg	PD koor- matud, km	PD tühi- sõit, km	ADD koor- matud, km	ADD tühi- sõit, km
1	2	4 962	248	101	200	181
2	3	4 749	211	128	239	140
3	2	6 075	386	239	417	214
4	3	7 822	232	212	319	166
5	1	6 013	233	121	245	138
6	3	3 473	160	135	174	136
7	3	4 123	133	133	139	132
8	1	12 185	247	143	269	136
9	1	4 913	315	258	467	181
10	3	13 566	141	142	162	140
11	1	6 367	218	151	229	119
12	1	4 100	238	185	302	138
13	1	2 225	109	105	133	88
14	2	5 276	214	143	273	100
15	1	11 217	184	185	192	181
16	3	4 050	363	296	362	283
17	2	2 400	207	201	282	140
18	3	6 898	395	153	439	145
19	2	7 745	69	22	90	22
20	1	6 060	210	190	201	185
21	2	3 669	405	223	342	216
22	1	9 438	190	188	238	173
23	2	4 650	167	141	161	153
24	3	3 928	264	172	323	153
25	3	5 610	162	144	169	144
26	2	5 690	180	127	205	143
27	3	13 524	103	86	134	91
28	1	8 266	195	175	220	174
29	1	5 488	432	143	456	142
30	1	6 924	310	297	369	273
31	2	4 272	215	123	262	90
32	3	3 803	345	175	358	178
33	3	2 703	43	39	59	43
34	2	3 693	226	120	230	114
35	3	4 306	302	248	524	97
36	3	8 568	191	184	269	112
37	2	5 419	321	296	365	281
38	2	2 982	252	178	240	196
39	3	6 721	167	133	196	117
40	2	4 399	19	9	25	25
41	1	7 475	214	180	207	197
42	1	4 013	159	120	200	117

Lisa 2 Saadetisepõhised tegevusandmed

Koorem	Tellimus	Veomasin	MASS, kg	SFD, km	PD, km	ADD, km	Tkm (PD)	Tkm (ADD)
1	1	2	326	120	121	120	39	39
1	2	2	950	139	143	141	136	134
1	3	2	95	139	143	141	14	13
1	4	2	570	139	143	141	82	80
1	5	2	21	139	144	142	3	3
1	6	2	1 232	139	144	142	177	175
1	7	2	14	139	144	142	2	2
1	8	2	15	139	144	142	2	2
1	9	2	75	139	144	142	11	11
1	10	2	1 097	167	173	173	190	190
1	11	2	71	107	232	237	17	17
1	12	2	495	102	249	253	123	125
2	13	3	896	7	6	11	5	10
2	14	3	861	110	119	113	102	97
2	15	3	67	142	177	209	12	14
2	16	3	84	142	178	208	15	18
2	17	3	1 786	129	200	147	357	263
2	18	3	1 055	127	212	158	224	167
3	19	2	118	134	137	137	16	16
3	20	2	173	149	153	152	26	26
3	21	2	570	190	196	193	112	110
3	22	2	2 794	187	201	192	562	536
3	23	2	184	296	323	317	60	58
3	24	2	1 760	293	328	312	577	549
3	25	2	225	239	384	379	87	85
3	26	2	250	239	386	380	97	95
4	27	3	2 154	4	3	4	6	9
4	28	3	966	165	168	284	162	274
4	29	3	1 710	169	181	172	309	294
4	30	3	2 753	170	193	186	531	512
4	31	3	240	208	232	224	56	54
5	32	1	1 394	102	102	107	142	149
5	33	1	54	102	102	107	5	6
5	34	1	38	167	161	165	6	6
5	35	1	241	138	193	214	47	52
5	36	1	2 672	128	205	197	548	526
5	37	1	76	130	224	230	17	18
5	38	1	30	120	235	242	7	7
5	39	1	1 507	120	235	242	354	365
6	40	3	314	4	4	4	1	1
6	41	3	222	6	10	6	2	1

Lisa 2 tabeli järg

Koorem	Tellimus	Veomasin	MASS, kg	SFD, km	PD, km	ADD, km	Tkm (PD)	Tkm (ADD)
6	42	3	728	6	10	6	7	4
6	43	3	78	110	126	115	10	9
6	44	3	1 337	112	129	119	172	159
6	45	3	23	129	154	144	4	3
6	46	3	45	129	154	144	7	6
6	47	3	15	129	154	144	2	2
6	48	3	570	132	157	148	89	84
6	49	3	141	134	160	151	23	21
7	50	3	4 123	133	133	132	548	544
8	51	1	456	25	25	33	11	15
8	52	1	456	25	25	33	11	15
8	53	1	6 664	25	25	33	167	220
8	54	1	84	97	146	97	12	8
8	55	1	223	100	149	7	33	2
8	56	1	552	136	191	205	105	113
8	57	1	705	147	208	187	147	132
8	58	1	242	150	214	161	52	39
8	59	1	74	150	214	161	16	12
8	60	1	459	150	214	161	98	74
8	61	1	190	150	214	161	41	31
8	62	1	145	147	217	180	31	26
8	63	1	17	147	217	180	4	3
8	64	1	6	147	218	180	1	1
8	65	1	70	148	220	156	15	11
8	66	1	478	148	222	158	106	76
8	67	1	972	148	223	158	217	153
8	68	1	82	148	224	159	18	13
8	69	1	27	148	224	159	6	4
8	70	1	30	148	224	159	7	5
8	71	1	176	157	232	169	41	30
8	72	1	79	143	246	140	19	11
9	73	1	1 154	95	95	115	110	133
9	74	1	5	95	95	115	0	1
9	75	1	215	101	117	139	25	30
9	76	1	719	167	176	230	127	165
9	77	1	132	175	200	259	26	34
9	78	1	66	175	202	262	13	17
9	79	1	148	175	202	262	30	39
9	80	1	193	175	202	262	39	51
9	81	1	1 045	175	202	262	211	274
9	82	1	197	225	221	279	43	55

Lisa 2 tabeli järg

Koorem	Tellimus	Veomasin	MASS, kg	SFD, km	PD, km	ADD, km	Tkm (PD)	Tkm (ADD)
9	83	1	155	229	280	340	43	53
9	84	1	72	292	303	366	22	26
9	85	1	156	292	303	366	47	57
9	86	1	656	253	314	380	206	249
10	87	3	13 566	141	141	146	1 913	1 981
11	88	1	553	94	94	99	52	55
11	89	1	12	120	131	134	2	2
11	90	1	114	124	147	148	17	17
11	91	1	1 120	119	161	222	180	249
11	92	1	4 347	122	163	220	709	956
11	93	1	24	129	187	204	4	5
11	94	1	63	129	194	199	12	13
11	95	1	135	151	218	175	29	24
12	96	1	74	98	98	100	7	7
12	97	1	678	157	168	177	114	120
12	98	1	66	157	168	177	11	12
12	99	1	433	167	181	199	78	86
12	100	1	720	170	190	191	137	138
12	101	1	2 025	186	239	242	484	490
12	102	1	103	186	239	242	25	25
13	103	1	1 882	87	87	131	164	247
13	104	1	343	103	109	109	37	37
14	105	2	364	100	100	243	36	88
14	106	2	92	106	114	228	10	21
14	107	2	324	120	143	194	46	63
14	108	2	886	114	158	118	140	104
14	109	2	276	128	174	134	48	37
14	110	2	986	138	186	176	183	174
14	111	2	204	125	192	183	39	37
14	112	2	1 289	127	195	164	251	211
14	113	2	604	129	201	171	121	103
14	114	2	252	143	213	150	54	38
15	115	1	5 883	178	184	188	1 083	1 106
15	116	1	5 334	178	184	188	981	1 003
16	117	3	42	204	247	206	10	9
16	118	3	1 257	220	272	236	342	297
16	119	3	509	220	272	236	138	120
16	120	3	266	241	293	307	78	82
16	121	3	95	243	301	314	29	30
16	122	3	2	292	308	323	1	1
16	84	3	214	292	308	323	66	69

Lisa 2 tabeli järg

Koorem	Tellimus	Veomasin	MASS, kg	SFD, km	PD, km	ADD, km	Tkm (PD)	Tkm (ADD)
16	123	3	99	292	308	323	30	32
16	124	3	200	292	308	323	62	65
16	125	3	41	292	308	323	13	13
16	126	3	2	292	308	323	1	1
16	127	3	7	292	308	323	2	2
16	128	3	3	292	308	323	1	1
16	129	3	396	248	308	323	122	128
16	130	3	460	248	309	322	142	148
16	131	3	175	282	344	365	60	64
16	132	3	71	295	364	393	26	28
16	133	3	31	295	364	393	11	12
16	134	3	180	296	365	394	66	71
17	135	2	1 469	114	114	116	167	170
17	136	2	813	124	129	130	105	106
17	137	2	40	195	200	207	8	8
17	138	2	78	201	206	212	16	16
18	139	3	307	84	85	86	26	26
18	140	3	966	86	90	92	87	89
18	141	3	196	141	148	423	29	83
18	142	3	721	166	198	369	143	266
18	143	3	104	193	230	311	24	32
18	144	3	125	174	233	315	29	39
18	145	3	120	196	233	315	28	38
18	146	3	30	205	244	327	7	10
18	147	3	1 150	196	285	283	328	326
18	148	3	297	219	312	258	93	77
18	149	3	843	157	383	169	323	143
18	150	3	2 037	152	388	175	790	356
19	151	2	456	24	24	28	11	13
19	152	2	6 664	24	24	28	160	187
19	153	2	601	21	69	75	41	45
19	154	2	24	21	69	75	2	2
20	155	1	188	72	72	307	14	58
20	156	1	81	82	84	297	7	24
20	157	1	1 878	97	119	102	223	192
20	158	1	3 323	180	199	197	661	655
20	159	1	589	184	210	186	124	110
21	160	2	796	218	218	336	173	267
21	161	2	206	226	227	327	47	67
21	162	2	578	248	271	279	157	161
21	163	2	125	248	273	277	34	35

Lisa 2 tabeli järg

Koorem	Tellimus	Veomasin	MASS, kg	SFD, km	PD, km	ADD, km	Tkm (PD)	Tkm (ADD)
21	164	2	223	292	275	275	61	61
21	165	2	84	292	275	275	23	23
21	166	2	681	226	323	312	220	213
21	167	2	145	239	378	261	55	38
21	168	2	600	276	391	247	235	148
21	169	2	232	222	405	233	94	54
22	170	1	7 454	176	176	197	1 312	1 469
22	171	1	1 918	176	176	197	338	378
22	172	1	66	188	189	186	12	12
23	173	2	91	104	106	108	10	10
23	174	2	1 118	119	141	143	158	160
23	175	2	922	121	147	150	135	138
23	176	2	105	121	147	150	15	16
23	177	2	55	135	156	159	9	9
23	178	2	46	135	156	159	7	7
23	179	2	25	135	156	159	4	4
23	180	2	6	135	156	159	1	1
23	181	2	110	135	156	159	17	17
23	182	2	120	135	156	159	19	19
23	183	2	2	135	156	159	0	0
23	184	2	72	135	156	159	11	11
23	185	2	27	135	156	159	4	4
23	186	2	27	135	156	159	4	4
23	187	2	583	129	163	164	95	96
23	188	2	1 341	140	168	169	225	227
24	189	3	43	125	125	131	5	6
24	190	3	29	137	138	156	4	4
24	191	3	1 019	185	197	219	201	223
24	192	3	161	230	248	272	40	44
24	193	3	101	175	253	277	25	28
24	194	3	62	175	253	277	16	17
24	195	3	88	175	253	277	22	24
24	196	3	302	175	255	279	77	84
24	197	3	31	175	255	280	8	9
24	198	3	2 092	172	264	289	552	605
25	199	3	38	122	122	126	5	5
25	200	3	115	126	129	130	15	15
25	201	3	330	135	134	136	44	45
25	202	3	118	135	134	136	16	16
25	203	3	322	129	142	144	46	46
25	204	3	1 075	129	142	144	153	155

Lisa 2 tabeli järg

Koorem	Tellimus	Veomasin	MASS, kg	SFD, km	PD, km	ADD, km	Tkm (PD)	Tkm (ADD)
25	205	3	424	129	142	144	60	61
25	206	3	1 091	133	151	151	165	165
25	207	3	772	133	151	151	117	117
25	208	3	1 326	142	161	162	213	215
26	209	2	219	104	106	106	23	23
26	210	2	772	129	151	194	117	150
26	211	2	900	132	155	163	139	147
26	212	2	1 417	128	157	181	222	256
26	213	2	229	135	163	174	37	40
26	214	2	480	135	163	174	78	84
26	215	2	79	135	163	174	13	14
26	216	2	601	120	176	159	106	96
26	217	2	787	120	176	159	139	125
26	218	2	206	127	182	152	38	31
27	219	3	2 177	24	24	27	52	59
27	220	3	456	24	24	27	11	12
27	221	3	1 173	76	92	93	108	109
27	222	3	9 718	86	103	104	1 001	1 011
28	223	1	2 574	172	178	202	458	520
28	224	1	1 360	181	189	187	257	254
28	225	1	194	177	192	179	37	35
28	226	1	479	177	192	179	92	86
28	227	1	3 659	175	196	182	717	666
29	228	1	741	148	148	148	110	110
29	229	1	326	214	216	226	70	74
29	230	1	1 362	221	223	235	304	320
29	231	1	257	244	248	261	64	67
29	232	1	545	269	276	295	150	161
29	233	1	738	250	313	333	231	246
29	234	1	497	196	368	388	183	193
29	235	1	0	196	368	388	0	0
29	236	1	1 022	142	432	450	441	460
30	237	1	1 041	268	268	363	279	378
30	238	1	4 701	268	268	363	1 260	1 707
30	239	1	245	289	291	329	71	80
30	240	1	194	293	301	299	58	58
30	241	1	108	293	301	299	33	32
30	242	1	119	293	301	299	36	36
30	243	1	17	293	301	299	5	5
30	244	1	153	293	301	299	46	46
30	245	1	234	293	302	315	71	74

Lisa 2 tabeli järg

Koorem	Tellimus	Veomasin	MASS, kg	SFD, km	PD, km	ADD, km	Tkm (PD)	Tkm (ADD)
30	246	1	24	295	305	304	7	7
30	247	1	34	295	305	304	10	10
30	248	1	55	297	309	309	17	17
31	249	2	2 396	5	5	5	12	12
31	250	2	617	93	104	111	64	68
31	251	2	76	100	155	252	12	19
31	252	2	24	110	172	234	4	6
31	253	2	200	110	172	234	34	47
31	254	2	89	123	187	188	17	17
31	255	2	827	124	196	198	162	164
31	256	2	43	124	215	207	9	9
32	257	3	181	194	194	213	35	38
32	258	3	16	194	194	213	3	3
32	259	3	12	194	194	213	2	3
32	260	3	305	193	203	192	62	58
32	261	3	1 157	214	231	243	267	281
32	262	3	1 023	225	255	261	261	267
32	263	3	1 109	177	340	348	377	386
32	264	3	1	176	345	353	0	0
33	265	3	2 702	43	43	47	116	127
33	266	3	1	43	43	47	0	0
34	267	2	127	114	114	216	15	27
34	268	2	947	135	131	223	124	211
34	269	2	81	120	148	203	12	16
34	270	2	21	124	155	196	3	4
34	271	2	58	120	171	181	10	10
34	272	2	58	120	171	181	10	10
34	273	2	0	120	171	181	0	0
34	274	2	1 553	106	189	159	294	247
34	275	2	802	120	227	122	182	98
34	276	2	45	120	227	122	10	5
35	277	3	611	19	19	25	12	15
35	278	3	994	96	100	463	99	460
35	279	3	51	129	139	425	7	22
35	280	3	787	155	165	399	130	314
35	281	3	32	178	208	357	7	12
35	282	3	355	217	255	302	91	107
35	283	3	86	221	261	310	22	27
35	284	3	295	260	297	259	88	76
35	285	3	23	260	298	259	7	6
35	286	3	0	260	298	259	0	0

Lisa 2 tabeli järg

Koorem	Tellimus	Veomasin	MASS, kg	SFD, km	PD, km	ADD, km	Tkm (PD)	Tkm (ADD)
35	287	3	48	248	300	257	14	12
35	288	3	79	248	300	257	24	20
35	289	3	264	248	300	257	79	68
35	290	3	591	292	302	255	178	151
35	291	3	79	292	302	255	24	20
35	292	3	1	292	302	255	0	0
35	293	3	10	292	302	255	3	3
36	294	3	23	113	113	262	3	6
36	295	3	5 056	177	178	196	900	991
36	296	3	566	177	184	188	104	106
36	297	3	110	176	187	186	21	20
36	298	3	50	176	187	186	9	9
36	299	3	92	176	187	186	17	17
36	300	3	2 672	177	192	181	513	484
37	301	2	101	175	176	179	18	18
37	302	2	36	175	176	179	6	6
37	303	2	95	175	176	179	17	17
37	304	2	85	248	246	249	21	21
37	305	2	47	258	255	259	12	12
37	306	2	1 014	258	255	259	259	263
37	307	2	1 169	268	273	357	319	417
37	308	2	384	268	273	360	105	138
37	309	2	1 558	275	283	303	441	472
37	310	2	379	290	300	303	114	115
37	311	2	324	286	310	334	100	108
37	312	2	20	293	317	317	6	6
37	313	2	104	296	322	322	34	34
37	314	2	105	296	322	322	34	34
38	315	2	64	128	128	299	8	19
38	316	2	99	129	128	298	13	30
38	317	2	290	135	137	291	40	84
38	318	2	34	129	144	285	5	10
38	319	2	578	183	198	236	114	136
38	320	2	578	183	198	236	114	136
38	321	2	578	183	198	236	114	136
38	303	2	760	175	253	183	192	139
38	322	2	2	175	253	183	0	0
39	323	3	1 323	116	116	120	153	159
39	324	3	223	123	124	130	28	29
39	325	3	308	120	128	126	39	39
39	326	3	12	121	131	134	2	2

Lisa 2 tabeli järg

Koorem	Tellimus	Veomasin	MASS, kg	SFD, km	PD, km	ADD, km	Tkm (PD)	Tkm (ADD)
39	327	3	67	128	137	141	9	9
39	328	3	458	132	147	152	67	70
39	329	3	3 776	129	167	171	631	646
39	330	3	555	129	167	171	93	95
40	331	2	889	2	2	7	2	6
40	332	2	378	7	11	8	4	3
40	333	2	1 566	9	19	10	30	16
40	334	2	1 566	9	19	10	30	16
41	335	1	765	119	119	117	91	90
41	336	1	1 446	123	130	126	188	182
41	337	1	442	149	157	251	69	111
41	338	1	1 060	152	169	162	179	172
41	339	1	2	152	169	162	0	0
41	340	1	2 846	165	194	149	552	424
41	341	1	913	179	216	203	197	185
42	342	1	256	110	110	125	28	32
42	343	1	1 210	112	116	117	140	142
42	344	1	13	124	129	152	2	2
42	345	1	1 231	110	146	135	180	166
42	346	1	1 303	121	158	192	206	250