

Kasvuhoonegaaside ja
välisõhu saasteainete
aruandluse arendus,
lõpparuanne

2023 a. halduslepingu Lisa 4

Tallinn 2024



Õhuvaliteedi- ja kliimaosakond
Kasvuhoonegaaside ja
välisõhu saasteainete
aruandluse arendus

Lõpparuanne 2023 a.

Tallinn 2024

Kinnitas:

Erik Teinema

Õhu- ja kliimaosakonna juhataja

Aruande koostajad:

Marek Maasikmets

Cris-Tiina Pärn

Hanna-Lii Kupri

Kadi Meltz

Stanislav Štökov

Kristin Puusepp

Keio Vainumäe

Allan Kaasik

Aser Sikk

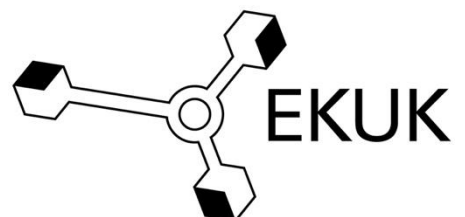
Hannes Keernik

Sirly-Ann Meriküll

Reelika Mägi

Magnar Vainumäe

Eva-Maria Veermäe





Töö nimetus: Kasvuhoonegaaside ja välisõhu saasteainete aruandluse arendus, 2023 a. aruanne

Töö autorid:

Erik Teinemaa
Marek Maasikmets
Cris-Tiina Pärn
Hanna-Liis Kupri
Kadi Meltz
Stanislav Štökov
Kristin Puusepp
Keio Vainumäe
Allan Kaasik
Aser Sikk
Hannes Keernik
Sirly-Ann Meriküll
Reelika Mägi
Magnar Vainumäe
Eva-Maria Veermäe

Töö tellija:

Kliimaministerium
Suur-Ameerika 1, 10122
Tallinn
Eesti

Töö teostaja:

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Marja 4D
Tallinn, 10617
Tel. 6112 900
Fax. 6112 901
info@klab.ee
www.klab.ee
EAK poolt akrediteeritud katselabor registreerimisnumbriga L008.

Tellimuse nr: HL Lisa 4

Töö valmimisaeg: 31.01.2024

Käesolev töö on koostatud ja esitatud kasutamiseks tervikuna. Töös ja selle lisades esitatud kaardid, joonised, arvutused on autoriõiguse objekt ning selle kasutamisel tuleb järgida autoriõiguse seaduses sätestatud korda. Töö omandamine, trükkimine ja/või levitamine ärilistel eesmärkidel on ilma Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ kirjaliku nõusolekuta keelatud. Töös toodud info kasutamine õppe- ja mitteärilistel eesmärkidel on lubatud, kui viidatakse algallikale. Andmete kasutamisel tuleb viidata nende loojale. Labor ei vastuta kliendi esitatud teabe õigsuse eest.



Sisukord

1	Sissejuhatus.....	14
2	Energeetika valdkonna tegevused.....	15
2.1	Kasvuhoonegaaside ja õhusaasteainete riigispetsiifiliste eriheitetegurite ajakohastamiseks kasutatavate mõõtesüsteemide täiendamine, sealhulgas mõõtevõimekuse suurendamine (lõpp 2021).....	15
2.1.1	2020 a. tegevused.....	15
2.1.2	2021 a. tegevused.....	16
2.2	Energeetikasektori KHG ja õhusaasteainete inventuuri kohtkütte sektori ruumilise paiknemise ja sektoris kasutatavate kütteseadmete inventuur (lõpp 2021).....	17
2.2.1	2020 a. tegevused.....	17
2.2.2	2021 a. tegevused.....	23
2.3	Energeetikasektori kodumajapidamiste ja keskmiste põletusseadmete eriheitetegurite kontrollmõõtmised ja andmestike uuendamine KHG ja õhusaasteainete aruandluseks (lõpp 2023).....	26
2.3.1	Esialgsete mõõtmistulemuste eriheidete mõju KHG riiklikele heitkogustele....	33
2.3.2	Emissioonigaaside mõõteseadmed ja meetodikad.....	33
2.3.3	Välisõhu mõõtmised.....	34
2.3.4	Välisõhu mõõtetulemuste kokkuvõte.....	41
2.3.5	Mõõdetud eriheidete valideerimine välisõhu mõõtmiste ja modellerimise kaudu	42
2.3.6	2023 a. tegevused.....	45
2.3.7	Eriheidete arvutused.....	46
3	Kasvuhoonegaaside inventuuri andmetöötluskeskkonna arendamine (lõpp 2023).....	58
4	Transpordi valdkonna tegevused.....	64
4.1	Transpordisektori KHG inventuuri Exceli arvutuste üleminek COPERTi mudelile arvutustele (lõpp 2021).....	64
4.2	Teiste liikuvate heiteallikate heitkoguste arvutuspõhimõtete ülevaatamine (lõpp 2021)	64
4.3	Transpordisektori KHG ja õhusaasteainete eriheitetegurite uuendamine (lõpp 2021)	83
4.4	Transpordisektori biokütuste analüüs (lõpp 2022).....	94
4.5	Integreeritud KHG ja õhusaasteainete transpordiprognoside süsteem (lõpp 2023)	110
4.6	Maanteetranspordi heitkoguste arvutuspõhimõtete ülevaatamine (lõpp 2023)...	110
4.1.1	Uute sõidukitüüpide lisamine arvutustesse ja senise sõidupargi detailsem klassifitseerimine.....	111
4.1.2	Veoautode statistika.....	115
4.1.3	Busside statistika.....	122
5	Tööstuse valdkonna tegevused.....	123



5.1	Tööstusprotsesside sektori õhusaasteainete eriheitetegurite uuendamine (lõpp 2021)	123
5.1.1	Asfaltsegud ja nende laotamine.....	123
5.1.2	Heited asfaldi laotamisest	125
5.1.3	Kirjanduse ülevaade - saasteainete kontsentratsioonid ja eriheited	126
5.1.4	Kasutatud mõõtemetoodikad	129
5.1.5	Heitkoguste ja heitetegurite määramise metoodika	131
5.1.6	Heitetegurite leidmine	133
5.1.7	Teostatud mõõtmised ja asfaltsegud	133
5.1.8	Tulemused	136
6	Põllumajanduse valdkonna tegevused	139
6.1	Eesti lauda- ja sõnnikukäitlustehnoloogiate ja nende mõju kaardistamine (lõpp 2021)	139
6.1.1	2020 a. tegevused	139
6.1.2	2021 a. tegevused	149
6.1.3	2022 a. tegevused	156
6.2	Kariloomade söödaplaanide uuring (lõpp 2022).....	161
6.3	Biogaasi põllumajanduslikest ressursidest tootmise KHG heite hindamise mudeli arendamine, algandmete kogumine, riigispetsiifilise eriheite väljatöötamine (lõpp 2023)	162
6.4	Põllumajanduses kasutatavate anorgaaniliste väetiste algandmete väljaselgitamine (lõpp 2021).....	170
6.1.4	2020 ja 2021 a. tegevused	170
6.5	Eesti lämmastikubilansi süsteemi loomise analüüs (lõpp 2023).....	172
6.6	Põllumajandusliku maakasutuse muutuse analüüs sõltuvalt tulevikustsenaariumitest (lõpp 2022).....	182
7	LULUCF valdkonna tegevused.....	184
7.1	Eesti põllumajandusmuldade süsinikuvaru dünaamika täpsem hindamine riiklikus kasvuhoonegaaside inventuuris (lõpp 2023).....	184
7.2	Eesti kuivendatud metsamaa turvasmuldade (drained organic forest soils) heite ja süsinikuvaru dünaamika täpsem hindamine riiklikus kasvuhoonegaaside inventuuris	186
8	Prügilas põletatud ja OSISE/KOTKASE andmebaasis raporteeritud prügilagaasi koguste kontroll ja analüüs	187
9	KHG aruandluse arendustegevuste potentsiaalsed mõjud Eesti kasvuhoonegaaside heitkogustele 2022 a. seisuga	199
9.1	Energeetikasektori kodumajapidamiste ning suurte ja keskmiste põletusseadmete eriheitetegurite kontrollmõõtmised ja andmestike uuendamine KHG ja õhusaasteainete aruandluseks.....	199
9.2	Teiste liikuvate heiteallikate heitkoguste arvutuspõhimõtete ülevaatamine	201
9.3	Kariloomade söödaplaanide uuring.....	202
9.4	Biogaasi põllumajanduslikest ressursidest tootmise KHG heite hindamise mudeli arendamine, algandmete kogumine, riigispetsiifilise eriheite väljatöötamine.....	204



10	Üldkoordineerimine	205
11	Kasutatud kirjandus	206
12	Lisad	209

Tabelid

Tabel 1	Näidis esitatud EHR väljavõttest	21
Tabel 2.	Mõõteseadmed	35
Tabel 3.	Õhukvaliteedi piir- ja sihtväärtused	36
Tabel 4.	Meteoroloogilised parameetrid mõõteperioodil	36
Tabel 5.	Välisõhu kvaliteedi mõõtekampaania tulemused	41
Tabel 6	Hakkepuidu katelde eriheited	46
Tabel 7	Põlevkiviõli katelde eriheited	47
Tabel 8	Maagaasi katelde eriheited	48
Tabel 9	Jäätmepõletuskatla eriheited	49
Tabel 10	Turbakatelde eriheited	49
Tabel 11	Pelletikatelde eriheited	50
Tabel 12	Maagaasil töötava asfalditehase eriheited	50
Tabel 13	Põlevkiviõlil töötava asfalditehase eriheited	50
Tabel 14	Ahja moodulahju eriheited	51
Tabel 15	Pilukoldega ahju eriheited	51
Tabel 16	Restkoldega ahju eriheited	52
Tabel 17	Umbkoldega ahju eriheited	52
Tabel 18	Pilukoldega pliidi eriheited	53
Tabel 19	Restkoldega pliidi eriheited	53
Tabel 20	Ahja moodulahju kondenseeruvate osakeste eriheited	54
Tabel 21	Pilukoldega ahju kondenseeruvate osakeste eriheited	54
Tabel 22	Restkoldega ahju kondenseeruvate osakeste eriheited	55
Tabel 23	Umbkoldega ahju kondenseeruvate osakeste eriheited	55
Tabel 24	Pilukoldega pliidi kondenseeruvate osakeste eriheited	56
Tabel 25	Restkoldega pliidi kondenseeruvate osakeste eriheited	56
Tabel 26	Liikuvate heiteallikate arv sõidukitüüpide lõikes 1990 – 2020, tk	65
Tabel 27	Traktorite jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk	66
Tabel 28	Traktorite jagunemine heitmestandardite kaupa, bensiin tk	67
Tabel 29	Traktorite heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diisel kilotonni	68
Tabel 30	Traktorite heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, bensiin kilotonni	69
Tabel 31	Eskavaatorite jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk	69
Tabel 32	Eskavaatorite heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diisel kilotonni	71
Tabel 33	Kombainide jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk	71
Tabel 34	Kombainide heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diisel kilotonni	72
Tabel 35	Laadurite jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk	73
Tabel 36	Laadurite heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diisel kilotonni	74
Tabel 37	Metsatöömashinate jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk	75
Tabel 38	Metsatöömashinate heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diisel kilotonni	76
Tabel 39	Sihtotstarbelise jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk	77



Tabel 40	Sihtotstarbelise jagunemine heitmestandardite kaupa, bensiin tk.....	77
Tabel 41	Sihtotstarbelise heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diisel kilotonni	79
Tabel 42	Sihtotstarbelise heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, bensiin kilotonni..	80
Tabel 43	Teetöomasinate jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk.....	80
Tabel 44	Teetöomasinate heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diisel kilotonni	81
Tabel 45	Olemasolevad eriheitetegurid 2010 - 2019	84
Tabel 46	Olemasolevad eriheitetegurid 2010-2019.....	84
Tabel 47	Rootsi ja Saksamaa eriheitetegurid sõiduautodele, g/km.....	87
Tabel 48	Lipasto ja EMEP/EEA 2019 eriheitetegurid sõiduautodele, g/km	87
Tabel 49	Eesti eriheitetegurid sõiduautodele, g/km	87
Tabel 50	Rootsi, Saksamaa, Norra eriheitetegurid linnaliinibussidele, g/km.....	87
Tabel 51	Lipasto ja EMEP/EEA 2019 eriheitetegurid sõiduautodele, g/km	88
Tabel 52	Eesti eriheitetegurid linnaliinibussidele, g/km	88
Tabel 53	Rootsi eriheitetegurid kergete veokitele, g/km	88
Tabel 54	Saksamaa eriheitetegurid kergete veokitele, g/km	89
Tabel 55	Eriheitetegurid raskeveokitele	89
Tabel 56	Keskised välisõhutemperatuurid	89
Tabel 57	Olemasolevad andmed vedelate biokütuste kohta.....	97
Tabel 58	Arvutuste teel leitud eriheitetegurid biodiislikütusele ja bioetanoolile.....	98
Tabel 59	Biodiisli ja bioetanooli jaotus 2005-2021.....	99
Tabel 60	Fossiilse süsiniku osakaal FAME proovides.....	100
Tabel 61	Elementide osakaal FAME-s.....	102
Tabel 62	Metüülestrite kütteväärtused.....	103
Tabel 63	FAME proovide ülemised ja alumised kütteväärtused	104
Tabel 64	FAME süsinikusisaldus, CO2 eriheitetegur ja kütteväärtus	105
Tabel 65	HVO kütteväärtus, süsinikusisaldus ja CO2 eriheitetegur	106
Tabel 66	Bioetanooli kütteväärtus, süsinikusisaldus ja CO2 eriheitetegur	107
Tabel 67	ETBE kütteväärtus, süsinikusisaldus ja CO2 eriheitetegur.....	107
Tabel 68	Sõiduautode jaotus suurusklassi.....	111
Tabel 69	EURO-klasside rakendusaastad.....	111
Tabel 70	Bensiini-hübriid sõiduautode jaotus suurusklassi, EURO-klassi ning registreerimisaasta järgi.....	112
Tabel 71	Diisel-hübriid sõiduautode jaotus suurusklassi, EURO-klassi ning registreerimisaasta järgi.....	113
Tabel 72	Välismaal sõitvate raskeveokite läbisõidud sõltuvalt vanuse, EURO-klassi, kütuse tüübi ja täismassist, miljon kilomeetrit	117
Tabel 73	TSP mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid	127
Tabel 74	PM ₁₀ mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid	128
Tabel 75	PM _{2.5} mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid	128
Tabel 76	NM _{VOC} mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid	128
Tabel 77	BC mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid	129



Tabel 78	VOC ja TOC mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid	129
Tabel 79	Proovivõtu kohad ja parameetrid	133
Tabel 80	Pidevmõõtmiste tulemused asfaldi laoturul	136
Tabel 81	Mõõdetud taustakontsentratsioonid	137
Tabel 82	Heitevood kastimeetodi põhjal I	137
Tabel 83	Heitevood kastimeetodi põhjal II	137
Tabel 84	NMVOC heitevood	138
Tabel 85	Heitetegurid I	138
Tabel 86	Heitetegurid II	138
Tabel 87	EMEP/EAA Guidebook eriheitel	143
Tabel 88	PMsum eriheitel (kg/looma või linnu kohta aastas)	147
Tabel 89	Mõõdetud veisekasvatuste hoidlatüübid ning loomade andmed	155
Tabel 90	Mõõdetud seakasvatuste hoidlatüübid ning loomade andmed	155
Tabel 91	Mobair1 välisõhu mõõtmistulemused 2022. aasta suvel sõnnikuhoidlate lõikes	160
Tabel 92	Kasutatud substraatide jaotus ja substraatide keskmine kuivaine sisaldus Koksvere biogaasijaamas	163
Tabel 93	Biogaasijaamades kasutatud sõnniku kogus loomaliikide lõikes	163
Tabel 94.	Biogaasijaamade tootmisprotsessi iseloomustavad üldandmed 2020.a.	165
Tabel 95.	Loomade arv ja sellest lähtuv biogaasijaamades kasutatud arvutuslik sõnniku orgaanilise kuivaine kogus 2020.a.	166
Tabel 96.	Looma- ja linnusõnnikust sünteesitud biogaasi maht ning kogus 2020.a.	166
Tabel 97.	Kääritamata sõnniku vs. digestaadi KHG heide 2020.a.	167
Tabel 98	Lämmastiku kogubilansi koostamiseks vajalik üldandmestik ja selle allikad	175
Tabel 99	Lämmastiku kogubilansi koostamiseks vajalik üldandmestik ja selle allikad	178
Tabel 100	Mineraalväetistega põldudele antud lämmastik (t/aasta)	178
Tabel 101	Orgaaniliste väetiste koostises põllumajanduses kasutatud lämmastiku kogus (t/aasta)	179
Tabel 102	Summaarne lämmastiku sidumine atmosfäärist (t/aasta)	180
Tabel 103	Seemnete ja istikutega mulda viidud lämmastiku kogus	180
Tabel 104	Põllukultuuride jääkidega mulda viidud lämmastiku summaarne kogus (t/aasta)	180
Tabel 105	Taimekasvatussaadustega eemaldatud summaarne lämmastiku kogus (t/aasta)	181
Tabel 106	Lämmastiku kogubilanss (t/aasta)	181
Tabel 107	Väätza Prügila AS andmed prügilagaasi kohta välisõhu saastamisega seotud tegevuse aruandes (KOTKAS) ning ettevõtte enda keskkonnuaruandes	193
Tabel 108	Arenduse käigus korrigeeritud prügilagaasi kogused ning heitkoguse muutus	198
Tabel 109	2018. aasta CH ₄ heitkogused kodumajapidamiste alamsektoris	199
Tabel 110	Näiteid Euroopa Liidu riikide riigispetsiifilistest biomassi CH ₄ eriheiteteguritest ning nende potentsiaalsest mõjust Eesti heitkogustele	199
Tabel 111	Kodumajapidamiste KHG heitkogus 2020.aastal, kt CO ₂ ekv.	200
Tabel 112	Keskliste põletusseadmete KHG heitkogus 2019 aastal, kt CO ₂ ekv.	200



Tabel 113	2018. aasta CH ₄ ja N ₂ O heitkogused liikuvatest heiteallikastest (va maanteetransport, siseriiklik lennundus ja laevandus ning raudteetransport)	201
Tabel 114	Näiteid Euroopa Liidu riikide riigispetsiifilistest bensiini ja diisli CH ₄ ja N ₂ O eriheiteteguritest ning nende potentsiaalsest mõjust Eesti heitkogustele	201
Tabel 115	Piimalehmade sööda kuivaine seeduvus Eestis	202
Tabel 116	Piimalehmade sööda kuivaine seeduvus teistes riikides	202
Tabel 117	Piimalehmade seedeprotsessidest pärineva CH ₄ heide	203
Tabel 118	Eesti potentsiaalne heitkogus Taani näitel	204
Tabel 119	Muudatused võrreldes esialgse kooskõlastatud katelde nimekirjaga	210
Tabel 120	Adven Eesti AS Kose katlamaja üldandmed	212
Tabel 121	Katel 1 parameetrid mõõtmiste ajal	212
Tabel 122	Katel 2 parameetrid mõõtmiste ajal	213
Tabel 123	AS Viru-Nigula Saeveski üldandmed	213
Tabel 124	Katel Lin-Ka parameetrid mõõtmiste ajal	214
Tabel 125	Katel Justsen parameetrid mõõtmiste ajal	214
Tabel 126	Utilitas Eesti AS Keila katlamaja üldandmed	215
Tabel 127	Hakkepuidu katla parameetrid mõõtmiste ajal	215
Tabel 128	11,2 MW Põlevkiviõlikatla parameetrid mõõtmiste ajal	216
Tabel 129	Utilitas Eesti AS Haapsalu katlamaja üldandmed	216
Tabel 130	5,68 MWth põlevkiviõli katla parameetrid mõõtmiste ajal	216
Tabel 131	11,36 MWth põlevkiviõli katla parameetrid mõõtmiste ajal	217
Tabel 132	MO-Puit Jõgeva AS üldandmed	218
Tabel 133	Katel AK1000S parameetrid mõõtmiste ajal	218
Tabel 134	Elering Kiili GRJ üldandmed	219
Tabel 135	Gaasiküttekatel A parameetrid mõõtmiste ajal	219
Tabel 136	Gaasiküttekatel B parameetrid mõõtmiste ajal	219
Tabel 137	Toftan AS üldandmed	220
Tabel 138	8 MW eelkoldega puidukatla parameetrid mõõtmiste ajal	220
Tabel 139	5MW eelkoldega puidukatla parameetrid mõõtmiste ajal	221
Tabel 140	Valio Eesti AS üldandmed	221
Tabel 141	Katel TTK-70 parameetrid mõõtmiste ajal	222
Tabel 142	Katel BOSCH parameetrid mõõtmiste ajal	222
Tabel 143	Tariston Harku ABT üldandmed	223
Tabel 144	Harku ABT parameetrid mõõtmiste ajal	223
Tabel 145	Tariston Raadi ABT üldandmed	224
Tabel 146	Tariston Raadi ABT parameetrid mõõtmiste ajal	224
Tabel 147	UPM-Kymmene Otepää OÜ üldandmed	225
Tabel 148	Kihtkoldega katla parameetrid mõõtmiste ajal	225
Tabel 149	Enefit Green AS Iru elektrijaama üldandmed	225
Tabel 150	Jäätmepõletusploki parameetrid mõõtmiste ajal	226
Tabel 151	Anne Soojus AS üldandmed	227
Tabel 152	Katel WA02 parameetrid mõõtmiste ajal	227
Tabel 153	SW Energia leektorukatla parameetrid mõõtmiste ajal	227
Tabel 154	Tamsalu kalor AS üldandmed	228
Tabel 155	Tamsalu kalor AS biokatla parameetrid mõõtmiste ajal	228
Tabel 156	Adven Eesti AS Viruvere katlamaja üldandmed	229



Tabel 157	Adven Eesti AS Viruvere aurukatla parameetrid mõõtmiste ajal	229
Tabel 158	Adven Eesti AS Kose-Uuemõisa katlamaja üldandmed	230
Tabel 159	Veekatla K-1 parameetrid mõõtmiste ajal	230
Tabel 160	Veekatla K-2 parameetrid mõõtmiste ajal	231
Tabel 161	Adven Eesti AS Viljandi Ekseko seafarmi üldandmed	231
Tabel 162	Biokatla parameetrid mõõtmiste ajal	232
Tabel 163	Katel Vitoplex 200, SA-20 parameetrid mõõtmiste ajal.....	232
Tabel 164	Adven Eesti AS Viru-Nigula katlamaja üldandmed	233
Tabel 165	Veekatel nr.2 parameetrid mõõtmiste ajal.....	233
Tabel 166	Anne Soojus AS Anne katlamaja üldandmed	234
Tabel 167	Veekatel W01 parameetrid mõõtmiste ajal.....	234
Tabel 168	Veekatel W02 parameetrid mõõtmiste ajal.....	235
Tabel 169	Veekatelde W01 ja W02 peale pesurit parameetrid mõõtmiste ajal	235
Tabel 170	Anne Soojus AS Puiestee katlamaja üldandmed.....	236
Tabel 171	100% koormusega gaasikatla parameetrid mõõtmiste ajal.....	236
Tabel 172	30% koormusega gaasikatla parameetrid mõõtmiste ajal.....	237
Tabel 173	Anne Soojus AS Aardla katlamaja üldandmed	237
Tabel 174	Veekatla parameetrid mõõtmiste ajal	238
Tabel 175	Anne Soojus AS Ropka katlamaja üldandmed.....	238
Tabel 176	Katel K-1 parameetrid mõõtmiste ajal	238
Tabel 177	Katel K-2 parameetrid mõõtmiste ajal	239
Tabel 178	Tootsi Turvas AS Lavassaare katlamaja üldandmed	240
Tabel 179	Tootsi Turvas AS Lavassaare katlamaja andmed mõõtmiste ajal	240
Tabel 180	Tootsi Turvas AS Mooste katlamaja üldandmed.....	241
Tabel 181	Hakkepuidu katla parameetrid mõõtmiste ajal	241
Tabel 182	Utilitas Eesti AS Jõgeva katlamaja üldandmed.....	241
Tabel 183	Biokütuse katla parameetrid mõõtmiste ajal.....	242
Tabel 184	Enefit Green AS Paide Elektriijaama üldandmed	242
Tabel 185	HA-40 parameetrid mõõtmiste ajal	243
Tabel 186	Katel Wärtsila Biograte parameetrid mõõtmiste ajal	243
Tabel 187	Jeld-Wen Eesti AS üldandmed.....	244
Tabel 188	Katel LAKA parameetrid mõõtmiste ajal	244

Joonised

Joonis 1	Prognoositav primaarenergia hulk (MJ/m ² /aastas) aastani 2050.....	18
Joonis 2	Prognoositav PM2.5 heide (g/m ² /aastas) aastani 2050	18
Joonis 3	PM2.5 kuupõhine eriheide asulatüüpide lõikes	19
Joonis 4	Väljavõtte katastriüksuse kaardikihist, kus on eristatud kohtkütte katastriüksused (1:750 000)	22
Joonis 5	Väljavõtte Tallinna piirkonna kohtkütte andmebaasist	22
Joonis 6	PM2.5 aastakeskmised kontsentratsioonid (µg/m ³) kohtkütte sektorist	24
Joonis 7	Ahja pilukoldega moodulahi	27
Joonis 8	Pilukoldega ahi	28
Joonis 9	Soome tüüpi restkoldega ahi	29
Joonis 10	Umbkoldega ahi	30



Joonis 11	Pilukoldega pliit	31
Joonis 12	Restkoldega pliit	32
Joonis 13	Mõõtepunkti asukoht, Valdeku 15, Nõmme, Tallinn	35
Joonis 14.	Tuultereos mõõteperioodil	37
Joonis 15.	PM _{2,5} 1h kontsentratsioon.....	37
Joonis 16.	PM ₁₀ 1h kontsentratsioon	38
Joonis 17.	PM ₁₀ 24h kontsentratsioon	38
Joonis 18.	PM ₁₀ 24h kontsentratsioon gravimeetrilisel meetodil.....	39
Joonis 19.	CO 8h keskmistatud kontsentratsioon	39
Joonis 20.	NO _x kontsentratsioon	40
Joonis 21.	NH ₃ kontsentratsioon	40
Joonis 22.	BC kontsentratsioon	41
Joonis 23	Kohtkütte sektori heite eraldumise ajaline dünaamika kuude lõikes.....	42
Joonis 24	Kohtkütte sektori heite eraldumise ajaline dünaamika ööpäeva lõikes.....	43
Joonis 25	PM _{2.5} keskmine modelleerimistulemus (µg/m ³) mõõteperioodi (16.11.2021–15.12.2021) kohta	43
Joonis 26	Mõõdetud ja modelleeritud (PM _{2.5} EF = 249.94 mg/MJ) PM _{2.5} tulemused, µg/m ³ 44	
Joonis 27	Mõõdetud ja modelleeritud (PM _{2.5} EF = 42,06 mg/MJ) PM _{2.5} tulemused, µg/m ³ 45	
Joonis 28	Energeetika (sh transpordi) (1/2) sektori andmetöötluskeskkonna ülesehitus	59
Joonis 29	Energeetika (sh transpordi) (2/2) sektori andmetöötluskeskkonna ülesehitus	59
Joonis 30	Tööstuslike protsesside ja toodete kasutamise (IPPU) andmetöötluskeskkonna ülesehitus	60
Joonis 31	Põllumajanduse sektori (1/2) andmetöötluskeskkonna ülesehitus.....	60
Joonis 32	Põllumajanduse sektori (2/2) andmetöötluskeskkonna ülesehitus.....	61
Joonis 33	Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse (LULUCF) sektori (1/3) andmetöötluskeskkonna ülesehitus	61
Joonis 34	Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse (LULUCF) sektori (2/3) andmetöötluskeskkonna ülesehitus	62
Joonis 35	Jäätmesektori andmetöötluskeskkonna ülesehitus.....	62
Joonis 36	Liikuvate heiteallikate arv sõidukitüüpide lõikes 1990 – 2020, tk.....	66
Joonis 37	Traktorite jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk	67
Joonis 38	Traktorite jagunemine heitmestandardite kaupa, bensiin tk	68
Joonis 39	Ekskavaatorite jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk.....	70
Joonis 40	Kombainide jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk	72
Joonis 41	Laadurite jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk	74
Joonis 42	Metsatöömashinate jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk.....	76
Joonis 43	Sihtotstarbelise jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk	78
Joonis 44	Sihtotstarbelise jagunemine heitmestandardite kaupa, bensiin tk.....	79
Joonis 45	Teetöömashinate jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk	81
Joonis 46	CH ₄ heitkoguste võrdlus 2010-2019.....	91
Joonis 47	N ₂ O heitkoguste võrdlus 2010-2019	91
Joonis 48	NO _x heitkoguste võrdlus 2010-2019	92
Joonis 49	NM VOC heitkoguste võrdlus 2010-2019.....	92
Joonis 50	Kasvuhoonegaaside heitkoguste võrdlus 2010-2019	93



Joonis 51	FAME tootmise keemiline reaktsioon	96
Joonis 52	HVO tootmise keemiline reaktsioon	97
Joonis 53	Bioetanooli tootmise keemiline protsess.....	97
Joonis 54	Biogeenset päritolu CO ₂ heitkoguste võrdlus 2005-2021	108
Joonis 55	Fossiilset päritolu CO ₂ heitkoguste võrdlus 2005-2021	109
Joonis 56	Hübriid sõiduautode jaotus EURO-klasside lõikes 2021. aasta seisuga, tk.....	112
Joonis 57	Raske veokite summaarne ja rahvusvahelistel vedude veosekäive ning läbisõidu osakaal	116
Joonis 58	Busside summaarne ja linnaliinide läbisõit 1990-2020, km.....	122
Joonis 59	Kasutatava tehnika põhimõtteskeem	125
Joonis 60	Asfaltsegu laotusprotsess.....	125
Joonis 61	Kastimeetodi põhimõtte (Ortolando, 1985).....	132
Joonis 62	Laotusprotsess ja heite mõõtepunktid	134
Joonis 63	Laoturi tasanduslaud ja heide	135
Joonis 64	Mõõtmisprotsess ja analüsaatorid laoturil	135
Joonis 65	Mõõtmine dünaamilise vookambriga	136
Joonis 66	Märja katselaudas olevad mõõteseadmed	140
Joonis 67	ACSM, SMPS (15-673 nm) ja Picarro mõõtmistulemustel põhinevad esialgsed korrelatsioonid Märja katselaudas.....	141
Joonis 68	ACSM ja Picarro poolt mõõdetud parameetrite esialgsed kvantiilid ning keskmised, miinimum- ja maksimumväärtused Märja katselaudas	142
Joonis 69	Keskmine osakeste suurusjaotus kasutades ruumilist- ja numbrilist kontsentratsiooni	142
Joonis 70	Näide SMPS mõõdetud osakeste numbrilise kontsentratsiooni ajalisest evolutsioonist vahemikus 22.12.2020 18:00 kuni 25.12.2020 00:00	143
Joonis 71	Picarro mõõdetud parameetrite ööpäevane muutlikkus	149
Joonis 72	Laudas mõõdetud tuule kiiruse, suhtelise õhuniiskuse ja temperatuuri ööpäevane käik.....	150
Joonis 73	ACSM mõõdetud parameetrite ööpäevane muutlikkus	150
Joonis 74	ACSM mõõdetud parameetrite muutlikkus nädala lõikes	151
Joonis 75	Picarro mõõdetud parameetrite muutlikkus nädala lõikes	151
Joonis 76	ACSM, SMPS (14-673 nm) ja Picarro mõõtmistulemustel põhinevad korrelatsioonid Märja katselaudas perioodil 22.12.2020 – 01.04.2021	152
Joonis 77	NH ₃ ja NH ₄ ⁺ vaheline sõltuvus Märja katselaudas perioodil 22.12.2020 – 01.04.2021	153
Joonis 78	Näide SMPS mõõdetud osakeste numbrilise kontsentratsiooni ajalisest evolutsioonist Märja katselaudas vahemikus 15.01.2021 12:00 - 18.01.2021.....	153
Joonis 79	Näide SMPS mõõdetud osakeste numbrilise kontsentratsiooni ajalisest evolutsioonist (võimalik nukleatsioonipuhang) vahemikus 07.10.2021 - 10.10.2021	154
Joonis 80	Keskmine osakeste suurusjaotus Märja katselaudas kasutades normaliseeritud numbrilist- ja ruumilist kontsentratsiooni	154
Joonis 81	Mõõdetud hoidlate asukohad	156
Joonis 828	ACSM mõõdetud PM ₁ komponentide kontsentratsiooni muutlikkus kellaaja lõikes. Joonisel on antud keskmine (tume joon) ning standardhälve.....	158



Joonis 83	SMPS mõõdetud massi- ja numbrilise kontsentratsiooni muutlikkus nädala lõikes. Joonisel on antud keskmine (valge täpp), mediaan (must horisontaalne joon), ülemine ja alumine kvartiil (värvitud ala).....	159
Joonis 84	Lämmastiku, fosfori, kaaliumi taluvärava bilanss toetustüübiti ja Eesti keskmisena aastatel 2015-2018.....	173
Joonis 85	Paikuse prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal	188
Joonis 86	Paikuse prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas 1 ha suuruselt alalt.....	189
Joonis 87	Uikala prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal	190
Joonis 88	Uikala prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuh m ³	190
Joonis 89	Tallinna prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal	191
Joonis 90	Tallinna prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuh m ³	191
Joonis 91	Väätsa prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal	192
Joonis 92	Väätsa prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuh m ³	192
Joonis 93	Torma prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal	194
Joonis 94	Torma prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuh m ³	194
Joonis 95	Viljandi prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal	195
Joonis 96	Viljandi prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuh m ³	196
Joonis 97	Aardlapalu prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal	196
Joonis 98	Aardlapalu prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuh m ³	197



1 Sissejuhatus

KHG heitkoguste vähendamise eesmärgi saavutamise hinnangud tehakse lähtuvalt iga-aastasest KHG inventuurist, mille Eesti esitab nii Euroopa Komisjonile kui ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni sekretariaadile. KHG inventuuri eesmärgiks on saada ülevaadet õhku paisatud KHG kogustest minevikus ja võetud kohustuste täitmisest. Euroopa puhta õhu paketi eesmärk on tagada olukord, kus aastaks 2030 vähendatakse kavandatud meetmete abil õhusaaste kahjulikku mõju inimese tervisele 40% võrreldes aastaga 2005.

Riiklikel KHG ja õhusaasteainete inventuuril on oluline roll ülalmainitud eesmärkide saavutamisel, kuna inventuuri abil hinnatakse riiklikke heitkoguseid, mille juures on määrava tähtsusega inventuuri sisendandmete kvaliteet ning kasutatud eriheidete riigispetsiifilisus. KHG ja õhusaasteainete inventuurist saadud infomatsioon ja selle kvaliteet muutuvad aasta aastalt järjest olulisemaks, mis tähendab, et inventuuri koostamissüsteemi ja algandmete kvaliteet peavad olema väga head ning järjest enam peab tegelema riigispetsiifiliste meetodikate arendamisega. Riikidel on KHG ja õhusaasteainete inventuuri koostamisel võimalik kasutada erineva täpsusastemega meetodikaid (nn Tier 1, Tier 2, Tier 3 meetodikad) ja arvutamisel kasutatavaid eriheitetegureid, mis on kas vaikeväärtused, riigispetsiifilised, või ka ettevõtte spetsiifilised.

Käesoleva ülesandega antavad tegevused panustavad Eesti riikliku KHG ja õhusaasteainete aruandluse edasiarendusse kui ka riigispetsiifiliste meetodikate arendamisse, et saada võimalikult täpseid KHG ja õhusaasteainete heitkoguste hinnanguid, mille põhjal saavad ministriumid kujundada efektiivset keskkonna- ja kliimapoliitikat.

Alljärgnevalt on toodud 2020 kuni 2023 a. tegevuste kirjeldused ning tulemused.



2 Energeetika valdkonna tegevused

2.1 Kasvuhoonegaaside ja õhusaasteainete riigispetsiifiliste eriheitetegurite ajakohastamiseks kasutatavate mõõtesüsteemide täiendamine, sealhulgas mõõtevõimekuse suurendamine (lõpp 2021)

Vastutav täitja: Erik Teinemaa

Kaastäitjad: Aivo Heinsoo, Keio Vainumäe

2.1.1 2020 a. tegevused

Käesoleva tegevuse raames kuulutati välja avalikud mõõteseadmete ja heitgaaside mõõtelabori ajakohastamise ehitamise hanked, mis toimusid ajavahemikul juuni kuni september 2020. 31.12.2020 seisuga on kõik 2020 a. tegevustesse plaanitud hanked läbi viidud, seadmed soetatud ja mõõtelabor ettenähtud mahus ajakohastatud. Avalike hangete läbiviimisel ega täitmisel olulisi tõrkeid ei esinenud. Viibib vaid ühe ahju paigaldus (Ahja Moodulahi), kuna tootjal esines tootmisprotsessis tõrkeid. Ahju paigaldus toimus kokkuleppe kohaselt hiljemalt 14.01.2021.

2021 a. hanked on ettevalmistamisel ning need kuulutatakse välja esimesel võimalusel, et vältida ajalist survet nagu seda esines kohati 2020 a. hangete läbiviimisel. KHG ja saasteainete heitkoguste mõõtmiste seadmepark täienes järgmiste seadmetega:

1. FID analüsaator - võimaldab mõõta suitsugaasidest CH₄ ja THC
2. Portatiivne kalibreerimisgaasi generaator/lahjendusseade – võimaldab kalibreerida heitgaaside mõõteseadmeid ka laborist eemal olles ning vajadusel heitgaase lahjendada
3. Muud laboritarvikud (heitgaasi filtrite kaalud ja kaaluruum, kuivatusahi, tõmbkapp) – võimaldab eel- ja järelkaaluda heitgaaside mõõtmistel kasutatavaid filtreid ning seda saab teha heitgaaside mõõtmiste laborimajas
4. Mobiilne eriotstarbeline heitgaaside mõõtelabor – võimaldab teostada pikemaajalisi heitkoguste mõõtmisi
5. Paul Gothe PM (PMsum, PM10, PM2.5) proovivõtuseadmed – võimaldavad koguda peenosakeste heiteproove erineva kontsentratsiooniga heiteallikatest
6. Tahkekütuse heitgaaside mõõtelabori ajakohastamine.

Ühe olulise tegevusena ajakohastati tahkekütuse heitgaaside mõõtelaborit, mis asub aadressil Marja 4d, Tallinn. Tööd hõlmasid endas uue ruumi väljaehitamist, mis võimaldab hoida ja hooldada, sh kalibreerida heitgaaside mõõtmistel kasutatavaid mõõteseadmeid ühes ruumis. Varasemalt oli selle tarbeks jagatud pind ahjulaboris, kuid ruumipuudusel ei olnud sealsetes tingimustes võimalik teostada seadmete hooldust, hoiustamist ja kalibreerimist ühes ruumis.



Koostöös MTÜ-ga Eesti Pottsepad valitud vastavat kvalifikatsiooni omavate pottseppade poolt toimus kohtküttes kasutatavate ahjude ja pliitide ehitamine, mille tulemusena valmisid järgmised küttekolded:

1. EVS-EN 15544 nõuetele vastav pilukoldega ahi, vastutav täitja Slepe OÜ
2. ÖNORM B8310 nõuetele vastav pilukoldega pliit, vastutav täitja Slepe OÜ
3. Tüüpiline soemüüriga Eesti pliit, vastutav täitja Rakvere Küttesalong OÜ
4. Soome tüüpi kamin-ahi, vastutav täitja Koltsi Kaminad OÜ
5. Ahja moodulahi (seoses tootjapoolse tarneraskustega toimus ahju paigaldus 14.01.2021), vastutav täitja Ahja Moodulahi OÜ
6. Umbkoldega ahi (ehitus toimus jaanuris 2021), vastutav täitja Koltsi Kaminad OÜ. Kuigi hetkel on ahjulaboris olemas toimiv umbkoldega ahi, siis otsustati see lammutada, kuna olemasolev ahi ei ole teisaldatav ning jääb järgnevatele ehitustöödele (lahjendustunneli ehitus) ette.

Kõik ehitatud/ehitatavad ahjud/pliidid on teisaldatavad, mis võimaldab ahjulabori pinda ning valmivat lahjendustunnelit koos mõõtesüsteemidega kõige optimaalsemalt kasutada.

2.1.2 2021 a. tegevused

Käesoleva tegevuse raames kuulutati välja mõõteseadmete hanked ning 31.12.2021 seisuga on kõik planeeritud seadmed soetatud ning mobiilne eriotstarbeline heitgaaside mõõtelabor vajalikus mahus täiendatud. Avalike hangete läbiviimisel olid mõned viivitused seadmete tarnetes seoses seadme komponentide tarneraskustega, mistõttu esines tootjal tootmisprotsessis tõrkeid, kuid sellele vaatamata jõudsid kõik edaspidiseks tööks vajalikud seadmed 2021 a. aasta lõpuks kohale.

Emissioonimõõtmiste seadmepark täienes järgmiste seadmetega

1. Mobiilse eriotstarbelise heitgaaside mõõtelabori soojustamine, varustamine konditsioneeriga ning sundventilatsiooniga, - proovivõtuliinide läbiviikudega, - elektriühendustega ja sondikanduritega – täiendused võimaldavad teostada pikemaajalisi emissioonimõõtmisi;
2. Mobiilne referentsmeetoditel põhinev emissioonigaaside pidevseire süsteem-täiendused võimaldavad teostada pikaajalisi emissioonimõõtmisi referentsmeetoditel (O_2 , SO_2 , NO_x , CO , CO_2 , N_2O);
3. Heitgaaside lahjendustunneli ehitus kondenseeruvate peenosakeste proovivõtuks;
4. NH_3 emissioonigaaside analüsaator;
5. PM välisõhu proovivõtuseade – Seadmega saab täpselt mõõta peenosakeste sisaldust välisõhus eesmärgiga valideerida koduahjude mõõtmiste käigus saadavaid eriheitetegureid;
6. Ahjude kaal – Võimaldab hinnata reaalaajas kütusekulu;
7. CO_2 analüsaator – võimaldab hinnata suitsugaaside lahjendustegurit taustataseme määramise seisukohast.



2.2 Energeetikasektori KHG ja õhusaasteainete inventuuri kohtkütte sektori ruumilise paiknemise ja sektoris kasutatavate kütteseadmete inventuur (lõpp 2021)

Vastutav täitja: Marek Maasikmets

Kaastäitjad: Stanislav Štökov, Marko Kaasik (TÜ Füüsika Instituut)

2.2.1 2020 a. tegevused

Tegevuse raames hinnati kohtkütte sektoris kasutatavate kütteseadmete paiknemist ja nende seisukorda ning inimeste käitumisharjumusi. Teostati küsitlused 136-s majapidamises. Töö tulemusel saadi uuendatud ülevaade Eesti kohtküttesektori kütteseadmetest, täpsustati varasemaid hinnanguid, hinnati olemasolevat olukorda ja teostati prognoos kuni aastani 2050. Esitati heitmete prognoos elamispinna ruutmeetri kohta kuni 2050. aastani. Heitmete prognoosimisel lähtuti ettevaatlikust stsenaariumist, et renoveerimisel väheneb majapidamiste energiatarve proportsionaalselt kõigis primaarenergia liikides, sh. elektri osas, mille tarvet (nii kütte, kui boilerid kui muud majapidamisriistad) hinnati Statistikaameti andmete põhjal. Küsitlusest ilmnis, et paljud soovivad soetada soojuspumpasid. Siiski säilitatakse enamasti soojuspumba kõrval ka puuküte. Palju pööratakse tähelepanu ahjude ja pliitide uuendamisele, seega massilist loobumissoovi küsitlusest ei ilmne. Leidub neidki majapidamisi, kus tahetakse üle minna gaasile. Kaugküttest on huvitatud vähesed majapidamised.

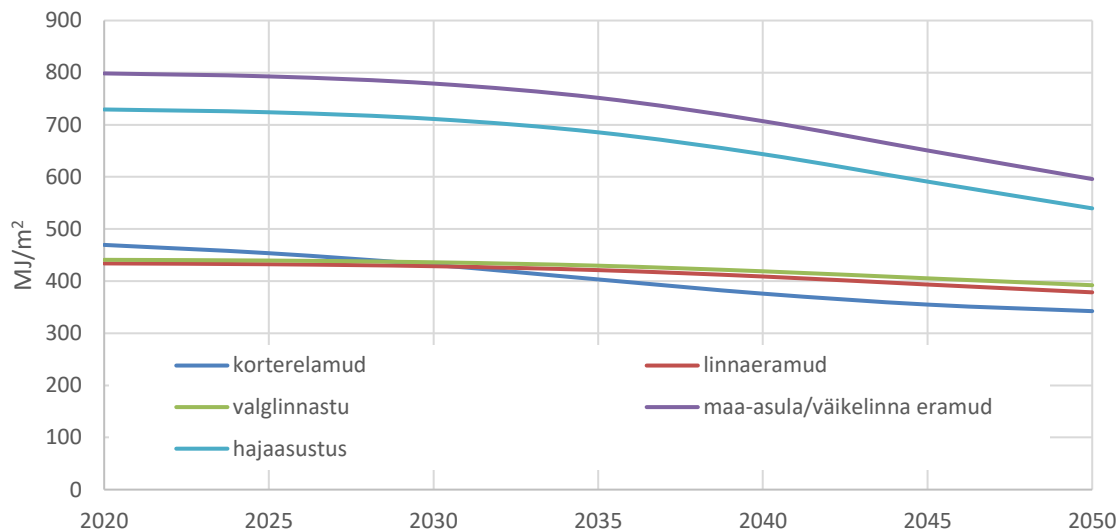
Küsitluse põhjal koostatud metoodika on väga detailiderohke, kuid üldine lähenemine põhines energiamärgise C lävendil 160 kWh aastas eramutele ja 150 kWh aastas kortermajadele, mis teisendati arvutustes SI ühikutesse. Energiatarve, mis on üle selle lävendi, väheneb ajas vastavalt renoveeritud elamispinna osakaalule, mis on saadud Tallinna Tehnikaülikooli koostatud arengukavast ¹. Antud töös pakutud stsenaariumi, et pool eramutest läheb keskküttele ja pool soojuspumpadele, ei ole arvestades Eesti hajusat asustust ning hetkeolukorda arvesse võttes, maapiirkondades kuigi tõenäoline. Arengukavas toodud eluruumide tühjenemise prognoosidega hetkel ei ole arvestatud, kuna see vajab GIS-i põhise analüüsi ning seda saaks teostada peale ehitisregistri põhjal valmiva uuendatud kohtkütte andmebaasi kasutuselevõttu. TalTech-i poolt koostatud arengukavas konstanteeritakse, et 2050.a. võib ääremaadel tühjeneda 80% eluruumidest, samal ajal kui keskustes praktiliselt olukord ei muutu. Kuna aga õhusaaste probleem on just tihedamalt asustatud kohtades, siis praktilises mõttes on tegemist olulise detailiga, mis vajab edasist analüüsi.

Valminud töö põhjal uuendati kohapeal tarvitatava primaarenergia hulka aastas pinnaühiku kohta (Joonis 1) ning selle põhjal tuletatud PM2.5 heidet (Joonis 2). Saadud tulemuste põhjal on võimalik laiendada heitmete hinnangut ka KHG-le ja õhusaasteainetele ning hinnata KHG ja õhusaasteainete aasta, nädala ja ööpäevakeskmist dünaamikat (Joonis 3).

¹ Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia. Tallinna Tehnikaülikool, 2020

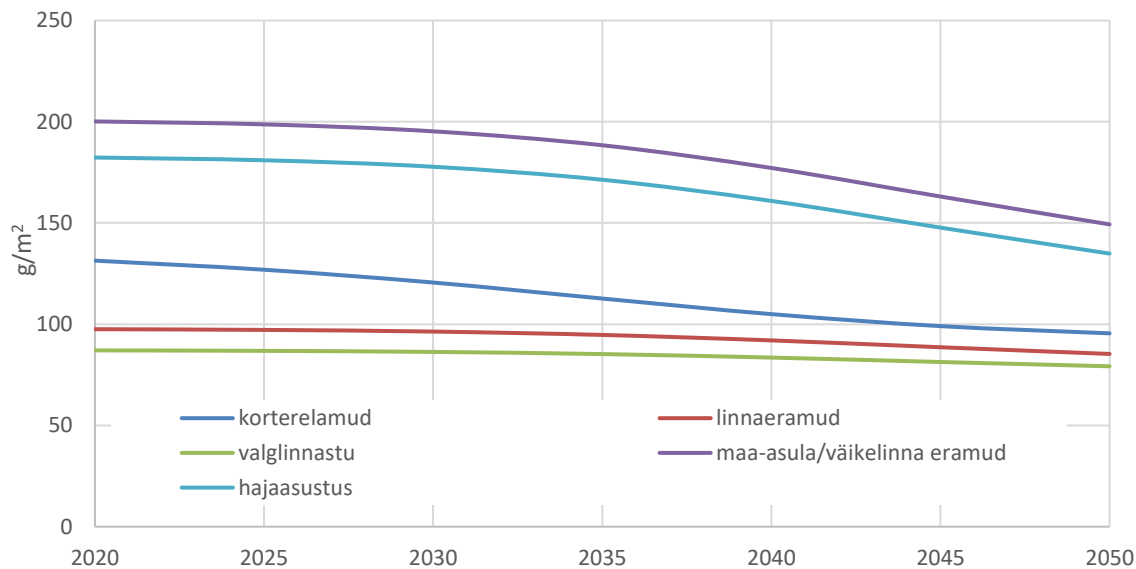


Kohapeal tarvitatav primaarenergia, MJ/m² aastas



Joonis 1 Proгноositav primaarenergia hulk (MJ/m²/aastas) aastani 2050

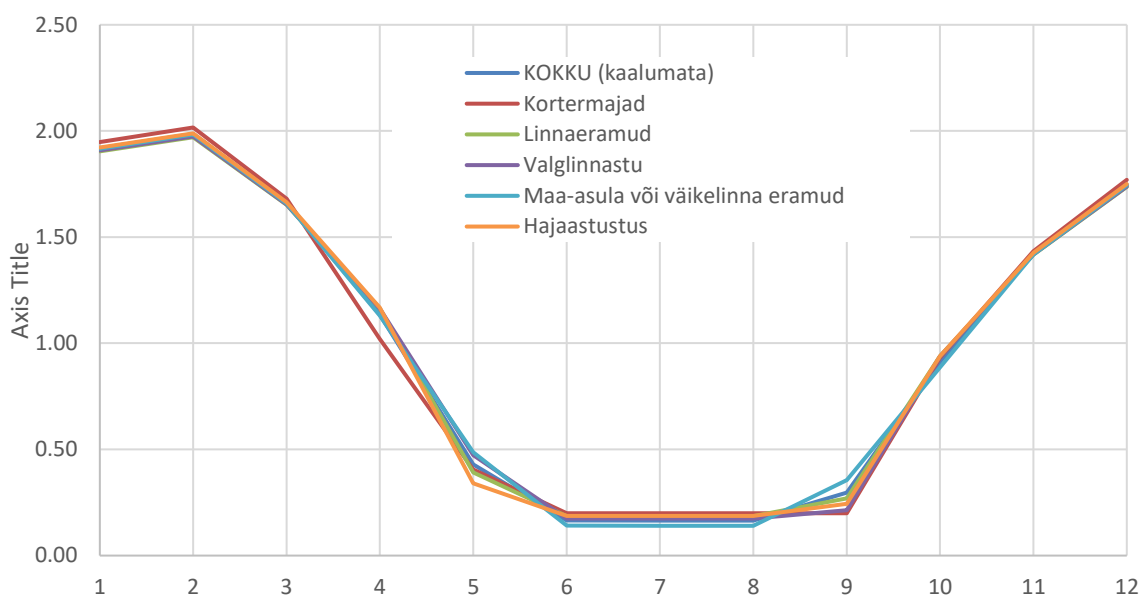
PM2.5 heide, g/m² aastas



Joonis 2 Proгноositav PM2.5 heide (g/m²/aastas) aastani 2050



PM2.5 kuu eriheide aasta keskmise suhtes



Joonis 3 PM2.5 kuupõhine eriheide asulatüüpide lõikes

Kohtkütte sektoris kasutatavate kütteseadmete osas kasutati MKM-i poolt hallatavat digitaalset ehitisregistrit (<https://www.ehr.ee/>) ning töö raames loodi esmased võimalused ehitisregistrist vajalike andmete operatiivseks ülekandmiseks inventuuri ja õhusaasteainete modelleerimissüsteemi töötabelitesse. 27.09.2019 toimus MKM-i, KKM ja EKUKi vaheline koosolek, kus täpsustati ehitisregistri hetkeseisu ning osapoolte huvisid. KHG ja õhusaasteainete inventuuri ja prognooside seisukohast on olulised järgmised sisendandmed: köetava pinna suurus, energiamärgis, kasutatavad kütteseadmed ning need seotakse katastriüksuse kaardikihiga, et oleks võimalik saada kütteseadmete ruumiline jaotus. MKM-i poolt (Taavi Jakobson) toodi välja järgmised arendustööd:

Ehitisregistrisse auditite andmed lisada, E-ehituse platvorm hakkab tulevikus käsitlema kogu ehitise elukaart (e-ehituse roadmap), tehtud E-ehituse teemaveeb ja 3D kaksiku uuring, 3D kaksik programmis ruumiliselt hooned, nt sobivad katused PV-le jm ruumianalüüsi võimekus. Ehitisregister lubade menetlemise süsteem ehk pärast ehitusluba jääb info seisma. Heal juhul pooled soojuspumbad sisse kantud. Päästeametiga korstnapühkimise aktide andmebaasiga sidumine ja selle põhjal ehitusregistrit uuendada. TTJA-ga gaasiseadmete andmebaasi uuendamine arutlusel. Poole aasta jooksul loome võimalused. Korstnapühkijatel 5a välp, gaasiseadmetel 4a välp, see aasta peaks suur osa saama sisse kantud. Soojuspumpasid ei kontrolli keegi. Uusarendustes pangalaenudega seoses inimestel endal huvi andmete sisestamisega. Ehitisregistri ehitame ümber, see aasta (st 2019) lõpp andmete elektrooniline esitamisteatis viiakse sisse KOV-dega ja siis kampaaniad, et inimesed sisestaks andmed. Eestil 1000 erinevat andmekogu, ei peaks juurde neid tegema. Teeme ümber menetluskeskkonda nii, et saab lisada menetlusi, hetkel ehitisregistris ei saa täiendusi teha, kõik jupid saavad



olema sõltumatud. E-ehituse platvormi eesmärk ehituse elukaarega seotud standardiseeritud ja usaldusväärne info liigub kõigi osapoolte pool kadudeta. Halvimal juhul täna ehitusettevõtja ja KOV ametnik suhtleb täna 32 erineva registriga. PWC tegi analüüsi uue menetluskeskkonna jaoks, kvantifitseeris ülemineku võitu, so 90 000 tundi aastas. 3D kaksik on ehitiste tasandil ja hetkel maa alla ja kõrgustesse ei lähe, kuid edaspidi on võimalik arendada. Mikroteenused avatud koodiga ja taaskasutatav. BIM põhine lubade menetluse arendus. Võrgurajatiste andmebaasi funktsionaalsuse arendamine. REGRELII rahvastikupõhine andmeloendus ja andmete parandus 2021. Ehitisregister riiklik, kuid KOV menetluskeskkond, andmed KOV-de omad. Ülelennul saadud andmed 300 000 objekti, sh mõnikümmend tuhat elamut on KOV töö. Paljud objektid ei pruugi olla hooned, hoopis kaetud puuriidad, 25% neist objektidest sees. Arenduste rahastus struktuurifondidest. Päästeameti arendused põhiliselt riigieelarvest leiame. Arendustepipelinesse saame veel lisada teemasid, aga 2021 alguseks lõppevad kõige intensiivsemad arendused. Põhiprobleem andmekorje ja kvaliteet. Oluline, et Päästeamet hakkaks õiget infot koguma. Andmete ajakohastamiseks tuleb leida eraldi raha. 1/3 elamutest puudub ehitusaasta, vaja ajalooliste ortofotode võrdlus saamaks teada ehitusvahemiku. Ehitisregistri andmed praegu ei valideeru ülelendudega, vaid olemasoleva dokumentatsiooni baasil. Nt Tallinnas kord aastas vähemalt ülelend, neil korralik 3D kaksik ja võimalik teha visuaalne võrdlus ehk poolautomaatne järelevalve. Tahaks minna reaalarajas andmeseiresse, et jälgida andmeid reaalarajas. Järgmine aasta lõpuks kogu Eesti kuubikutena kaardistatud, all maa-ameti 3D kaart.

06.10.2020 seisuga on MKM-i andmetel ehitisregistri arendustööd järgmises faasis:

2020. lõpus/2021. alguses muudetakse tehniliste andmete koosseisu ja energiamärgis(t)e andmekoosseisud samaks. Muuhulgas tuuakse sisse primaarse/sekundaarse kütteallika mõiste (või täpsema jaotuse – hetkel otsustamisel). Muuhulgas võimaldab see automatiseerida mitmed energiamärgiste koostamise tegevused ja uuendada EHRi andmekoosseisu;

Hetkel on muu hulgas arendamisel projekt, mille tulemusena hakkab EHR koguma ka dünaamilisi andmeid: elektrienergia ja kaugküte. Selle tulemusena võiks 2021. aasta jooksul tekkida hea ülevaade suure osa Eesti ehitiste reaalsest energiatarbimisest („täisautomaatsed reaalaja energiamärgised“). Kohalikud kütteseadmed valikus ei ole.

Päästeametist ettekirjutuste ja korstnapühkija aktide põhjal informatsiooni ehitisregistrisse kopeerimine info uuendamiseks on plaanis, kuid ajakava ei ole Päästeameti/SMITiga lukus. Ilmselt algavad tegevused aastast 2021 või hiljem. Kahjuks on Päästeameti arendustes võetud objekti identifitseerimiseks aluseks aadressiandmete identifikaator (ADS-OID), mis ei identifitseeri hoonet üheselt – erinevalt EHR koodist ja pole selge kuidas andmevahetuse lahendatud saadakse.

Seejärel teostati päring MKM-i hallatavast ehitisregistrist järgmiste näitajate osas:

1. Väljavõtte olemasolevast ehitisregistrist kõikide kodumajapidamiste kohta kus on kasutusel lokaalkütte allikas.
2. Päritavad andmeväljad:



a. EHR kood	Nimetus	Staatus	Tase1_ID	Maakond
Tase2_ID	Linn/vald	Tase3_ID	Linnaosa/alev/küla	
Katastritunnus	Suletud_kp	Kasulik pind	ehitises	Kõetav pind
Põhilise kasutusotstarbe kood	Põhiline	kasutusotstarve		
Esmane kasutusaasta	Tehnilise näitaja Kood	Tehnilise	näitaja	
nimetus				

Päringu tulemusena esitas MKM ligikaudu 800 000 infokirjega väljavõtte, mis edastati EKUKi 5 Exceli tabeli näol (Tabel 1).

Tabel 1 Näidis esitatud EHR väljavõtetest

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
ehr_kood	nimetus	seisund	taisaadress	katastritunnus	suletud_netopind	koetav_pind	peamise_kasutusotstarbe_nimetus	esmane_kasutus	kl_kood	teh_nait_kood	teh_nait_nimetus		
1	120197016	elamu	EHITIS_SEISUND_EHITAM_LUIHarju maakond, Saue vald, Vatsla küla, 72702:007:0010	165.9	148.5	11101	Üksikelamu	null	TEHNO_SOOJUSA	2503	katel		
2	120197016	elamu	EHITIS_SEISUND_EHITAM_LUIHarju maakond, Saue vald, Vatsla küla, 72702:007:0010	165.9	148.5	11101	Üksikelamu	null	TEHNO_ENERGIA	2503	vedelkütus		
3	120197016	elamu	EHITIS_SEISUND_EHITAM_LUIHarju maakond, Saue vald, Vatsla küla, 72702:007:0010	165.9	148.5	11101	Üksikelamu	null	TEHNO_SOOJAVLIK	2404	lokaalküte		
4	120197019	eramu ja erar	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Tartu maakond, Tartu linn, Tartu linn, A 79517:078:0007	182.9	182.9	11101	Üksikelamu	null	TEHNO_SOOJUSA	2508	elektriseküte		
5	120197019	eramu ja erar	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Tartu maakond, Tartu linn, Tartu linn, A 79517:078:0007	182.9	182.9	11101	Üksikelamu	null	TEHNO_SOOJAVLIK	2405	kohtküte		
6	120197019	eramu ja erar	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Tartu maakond, Tartu linn, Tartu linn, A 79517:078:0007	182.9	182.9	11101	Üksikelamu	null	TEHNO_ENERGIA	2607	elekter		
7	120197019	eramu ja erar	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Tartu maakond, Tartu linn, Tartu linn, A 79517:078:0007	182.9	182.9	11101	Üksikelamu	2019	TEHNO_ENERGIA	2609	õhusoojus + elekter		
8	120213322	välkeelamu	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Laok 29501:009:0210	211.5	172.9	11101	Üksikelamu	2019	TEHNO_SOOJUSA	2504	soojuspump		
9	120213322	välkeelamu	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Laok 29501:009:0210	211.5	172.9	11101	Üksikelamu	2019	TEHNO_SOOJUSA	2507	ahi, kamin, pliit		
10	120213322	välkeelamu	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Laok 29501:009:0210	211.5	172.9	11101	Üksikelamu	2019	TEHNO_SOOJUSA	2508	elektriseküte		
11	120213322	välkeelamu	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Laok 29501:009:0210	211.5	172.9	11101	Üksikelamu	2019	TEHNO_SOOJUSA	2508	elektriseküte		
12	120213322	välkeelamu	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Laok 29501:009:0210	211.5	172.9	11101	Üksikelamu	2019	TEHNO_SOOJAVLIK	2405	kohtküte		
13	120213322	välkeelamu	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Laok 29501:009:0210	211.5	172.9	11101	Üksikelamu	2019	TEHNO_ENERGIA	2607	elekter		
14	120213322	välkeelamu	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Laok 29501:009:0210	211.5	172.9	11101	Üksikelamu	2019	TEHNO_ENERGIA	2606	takke [puut, turvas, bri		
15	120213325	suvila	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Lauu 29501:007:2720	129.8	129.8	11103	Suvila, alamaja	2003	TEHNO_SOOJUSA	2507	ahi, kamin, pliit		
16	120213325	suvila	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Lauu 29501:007:2720	129.8	129.8	11103	Suvila, alamaja	2003	TEHNO_SOOJUSA	2508	elektriseküte		
17	120213325	suvila	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Lauu 29501:007:2720	129.8	129.8	11103	Suvila, alamaja	2003	TEHNO_SOOJAVLIK	2405	kohtküte		
18	120213325	suvila	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Lauu 29501:007:2720	129.8	129.8	11103	Suvila, alamaja	2003	TEHNO_ENERGIA	2607	elekter		
19	120213325	suvila	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Lääne-Harju vald, Lauu 29501:007:2720	129.8	129.8	11103	Suvila, alamaja	2003	TEHNO_ENERGIA	2606	takke [puut, turvas, bri		
20	120213336	alamaja	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Saku vald, Metsanurmi 71808:001:0140	65.7	29.8	11103	Suvila, alamaja	1989	TEHNO_SOOJUSA	2507	ahi, kamin, pliit		
21	120213336	alamaja	EHITIS_SEISUND_KASUTUSEL Harju maakond, Saku vald, Metsanurmi 71808:001:0140	65.7	29.8	11103	Suvila, alamaja	1989	TEHNO_SOOJAVLIK	2405	kohtküte		

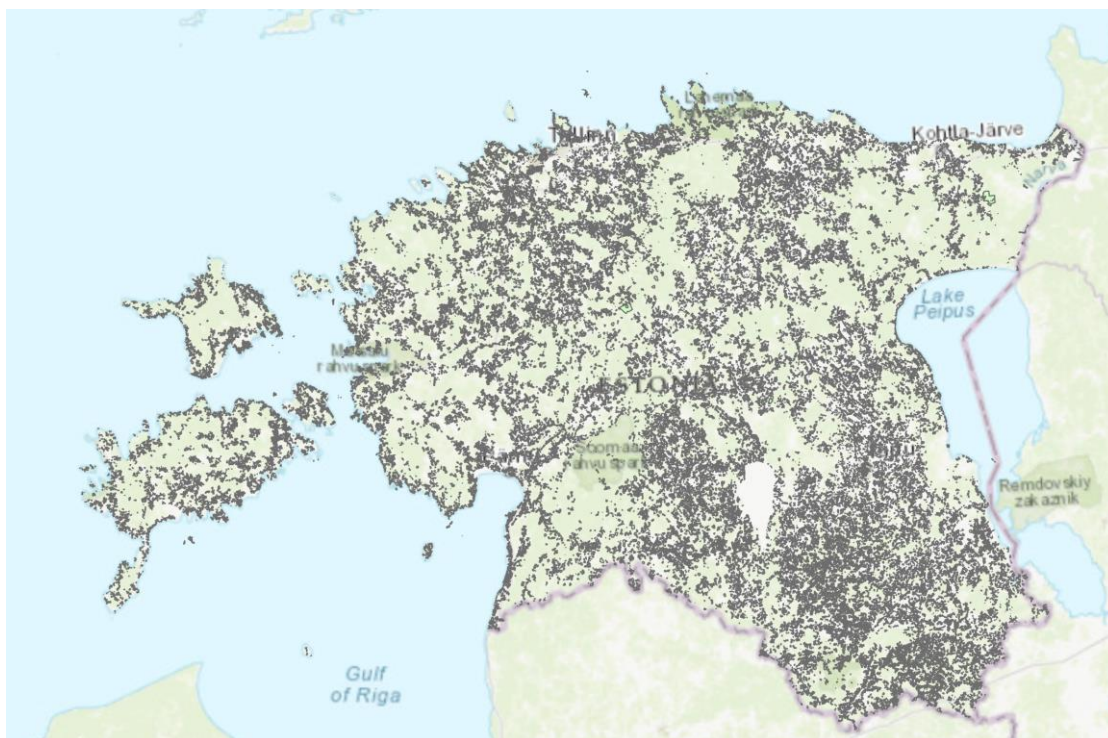
Seejärel tulemused konsolideeriti, valiti välja lokaalkütet ja tahkekütust kasutavad majapidamised (ca 215 000 kirjet), arutati välja iga konkreetse majapidamise peenosakeste heitkogus vastavalt kõetava pinna suursele, kasutades pinnaühikule kuluvat keskmist energiakulu (242,35 kWh/m²), leiti energiakogus MJ ning peenosakeste heitkoguste arvutamisel kasutati järgmisi (vana ahjutüüp) eriheiteid:

PM10 257,63 mg/MJ

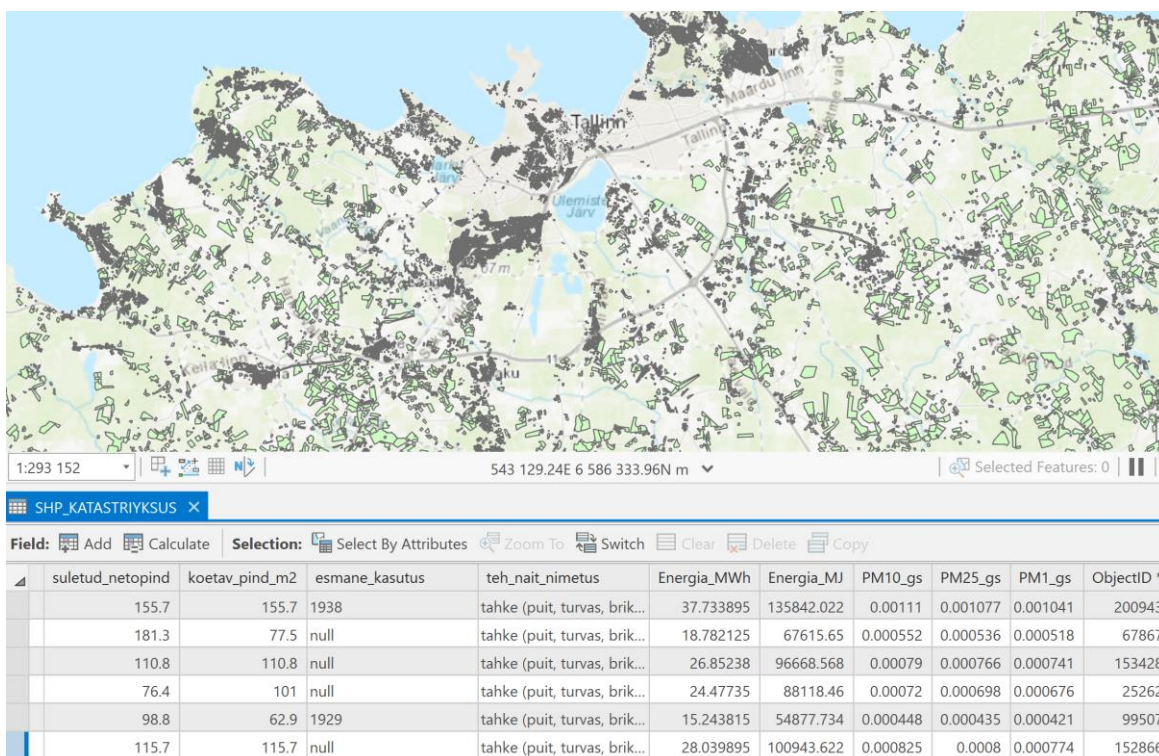
PM2.5 249,94 mg/MJ

PM1.0 241,77 mg/MJ

Seejärel ühendati andmed Maaameti avaliku katastriüksuse kaardikihiga ning selekteeriti katastriüksused millel asub EHR-i andmetel lokaalne tahket kütust kasutav küttesead (Joonis 4, Joonis 5). Tahkekütet seadmete paiknemise andmestik on GIS formaadis ning prognoosandmed kütteseadmete võimaliku jaotumuse osas (TÜ uuring) Exceli formaadis.



Joonis 4 Väljavõtte katastriüksuse kaardikihist, kus on eristatud kohtkütte katastriüksused (1:750 000)



Joonis 5 Väljavõtte Tallinna piirkonna kohtkütte andmebaasist



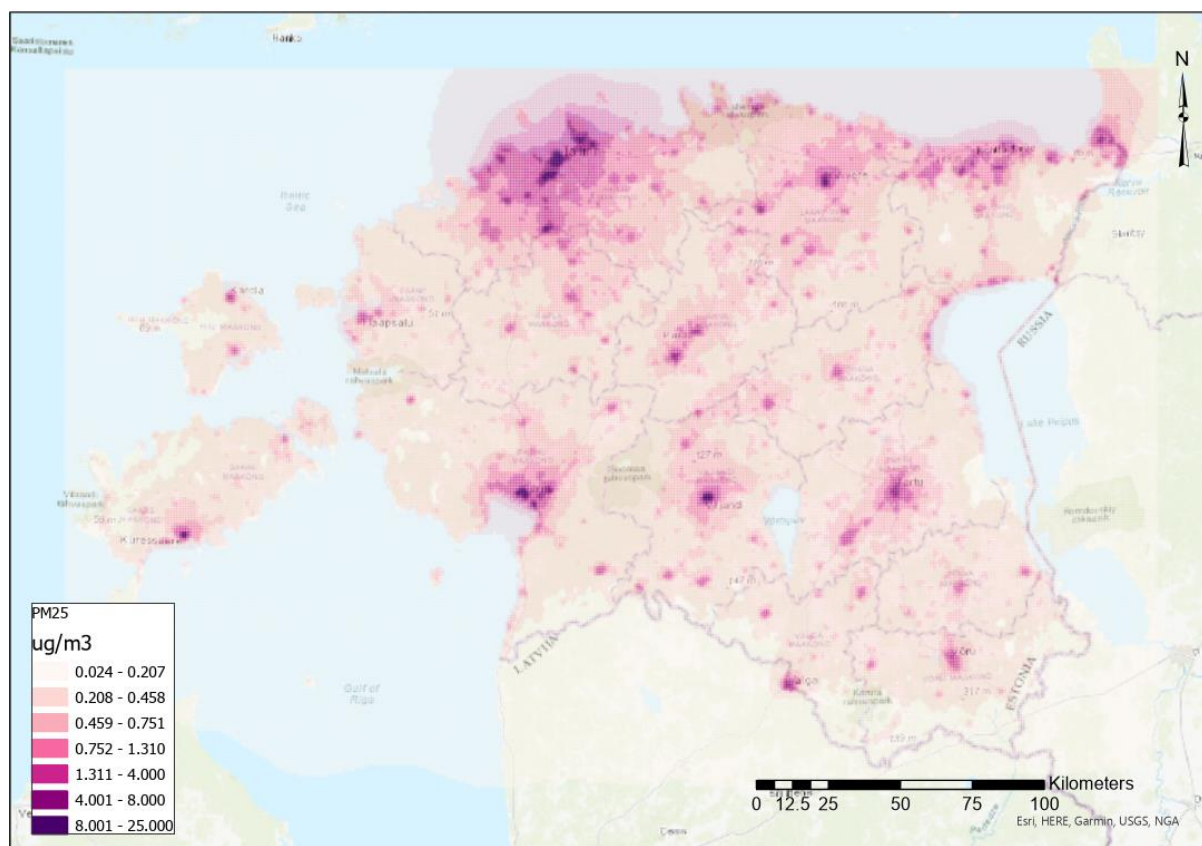
2.2.2 2021 a. tegevused

2021 a. jätkati 2020 a. alustatud tegevustega ning pöhirõhk oli ehitusregistrist (EHR) saadud andmete üleviimine Airviro heitkoguste andmekogusse, mis võimaldab teostada antud töö kontekstis kohtküttesektori õhukvaliteedi hajumisarvutusi ja ka analüüsida kohtküttesektoris kasutatavate küttekollete ruumilist paiknemist.

2020 a. tegevuse tulemusena saadi uuendatud ülevaade Eesti kohtküttesektori kütteseadmetest kuni aastani 2050 ning 2021 a. alustatakse saadud alusandmete kasutuselevõttu kasvuhoonegaaside ja välisõhu saasteainete prognooside koostamisel ja samuti saab antud andmeid kasutada valdkondlike poliitikate kujundamisel kütteseadmete uuendamiseks, sh võimalike toetuskeemide või vähendamismeetmete väljatöötamisel lokaalsel tasemel. Uuendatud andmete põhjal saab täpsustada KHG ja välisõhu saasteainete inventuuris CH₄ ja PM-ide kondenseeruvate osakeste osakaaluga heitkoguseid, mis aitaks oluliselt kaasa vastava jõupingutuste jagamise määrusega kaetud alamsektori heitkoguste täpsustumisele ning Eesti õhusaasteainete vähendamise kohustuste täitmisele.

Uuendatud kohtkütte heitkoguste andmebaasi kasutamine toetuskeemide vähendamismeetmete planeerimisel

2021 a. teostati Keskkonnaministeeriumi tellimusel töö „Kohtkütte piirkondade ja kütteseadmete kaardistamine“, mida kasutati SF21+ meetme „Elamute liitumine kaugküttevõrkudega või tahkel kütusel põhineva kütteseadme uuendamine“ väljatöötamiseks. Meetmega on plaanis hakata toetama tahkel kütusel põhineva kütteseadme uuendamist/väljavahetamist, kaugküttevõrkudega liitumist ning kaugkütte väljaarendamist uutes elamupiirkondades. Nimetatud meede on planeeritud eesmärgiga aidata kaasa õhukvaliteedi parendamisele probleemsetes piirkondades, kus võib esineda õhukvaliteedi piir- ja/või sihtväärtuste ületamisi ning lisaks panustab meede ka KHG heitkoguste vähendamisse, kuna uuemad ahjutüübid, tänu paremale põlemistingimustele, emiteerivad näiteks vähem CH₄-e. Meetme rakendamiseks kasutati antud arendustöö raames loodud kohtkütte andmebaasi ning teostati üle-Eestilised PM_{2.5} hajumisarvutused (Joonis 6), mille põhjal valiti õhukvaliteedi seisukohast probleemsed piirkonnad kus võiks ülalmainitud meedet rakendada. Arenduse raames loodud andmebaasi on võimalik rakendada ka teiste analoogsete hinnangute koostamisel.



Joonis 6 PM2.5 aastakeskmised kontsentratsioonid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kohtkütte sektorist

Kondenseeruvad peenosakesed

Teatavasti on heitgaaside proovivõtumeetodil suur mõju mõõdetud kontsentratsioonidele ning sealtkaudu arvutatavatele eriheidetele (EF). Heitgaasidest tahkete osakeste proovide võtmiseks kasutatakse erinevaid proovivõtumeetodeid, millest võib eristada kaks peamiselt kasutusel olevat:

- Filtrimõõtmised, kus mõõdetakse ainult tahkeid osakesi (solid particles - SP);
- Lahjendustunneli (dilution tunnel – DT) mõõtmised, toimub tahkete osakeste ja kondenseeruvate orgaaniliste ainete (või poollenduvate orgaaniliste ainete) mõõtmine.

Olenevalt SP- või DT-põhise EF-i kasutamise valikust võib esineda kuni viiekordne erinevus tahkete osakeste heitkoguste vahel (Denier van der Gon et al., 2015). Seljeskog jt. (2017) on hinnanud, et keskmiselt võib eriheidete olla DT meetodi puhul olla kuni 6,5 korda kõrgem võrrelduna SP-meetodiga. Peamine erinevus nende kahe meetodi vahel seisneb selles, et SP-meetodil mõõdetakse enamasti tahkeid osakesi ning DT-meetodiga püütakse kinni ka kondenseeruvat orgaanilist ainet, mis võib viia kogumassi kontsentratsioonide alahindamiseni SP-meetodil. DT-meetodi raames püütakse kaasata ja simuleerida korstnast väljuvate osakeste protsessi, kus osakeste saatust mõjutavad kaks olulist protsessi: jahutamine ja lahjendamine (Maasikmets, M, 2019). Korstnast väljuvad suitsugaasid ei ole kunagi ainult



jahutatud, vaid suitsugaaside jahutamine ja lahjendamine toimuvad alati koos (Denier van der Gon et al., 2015). Üldjuhul on kondenseeruvad osakesed olulised kehvides põlemistingimustes, kus nende mass võib ületada tahkete osakeste massi (Nussbaumer et al., 2008).

Euroopa riigid kasutavad EF arvutamiseks mõlemat meetodit, kuna mõlemad meetodid on standardiseeritud ning omavad mõõtmiste seiskohast „võrdset staatust“. Lisaks koosneb EMEP/EEA juhend kas SP või DT meetodil mõõdetud EF-st (EEA, 2016), samas pole antud juhendis selgelt välja toodud, millist meetodit EMEP/EEA EF arvutamisel kasutati.

Seni on Eestis riigispetsiifiliste PM eriheidete mõõtmistel koduahjudest ja – pliitidest kasutatud vaid SP meetodit ning lähtudes ülalmainitud kirjandusallikatest, võib see kaasa tuua orgaanilise osa mõõdetud tulemuste alahindamise ning seetõttu on vaja SP ja DT meetodite võrdlusmõõtmisi, millega on plaanis Eesti Keskkonnauuringute Keskuse ahjulaboris alustada 2022 aastal. Siiski võib seni teostatud EF mõõtmiste ja nii antud töös kui ka varasemate töödes (Maasikmets, M, 2019) modelleeritud välisõhu PM_{2.5} kontsentratsioonide põhjal eeldada, et SP- ja DT-meetodite erinevus ei saa olla viis korda suurem, kui varem viidatud kirjanduses välja pakutud. Seda eelkõige seetõttu, et juba olemasoleva arendustöö raames on näha, et varasem kohtkütte PM_{2.5} eriheide (249,94 mg/MJ) põhjustab tugeva ülehindamise kui teostada antud eriheidet kasutades modelleerimised ning võrrelda tulemusi reaalsete välisõhu mõõtmistega. Uuem, kaalutud keskmine eriheide, mis võtab arvesse erinevate ahju- ja pliititüüpide osakaalusid (42,06 mg/MJ) andis võrdluses reaalsete välisõhu mõõtmistega võrreldava tulemuse. Näiteks Saksamaal kasutatakse kohtkütte sektoris biomassi puhul eriheitega 105 mg/MJ (Struschka et al., 2008), mis on sarnane Eesti tulemusega. Sellele vaatamata tuleb teostada Eestis enimlevinud ja perspektiivsetest ahjudest ja pliitidest eriheidete mõõtmised kasutades selleks lahjendustunneli (DT) meetodit, milleks on arendustööde käigus ka vastavad võimalused Eesti Keskkonnauuringute Keskuse ahjulaboris loodud.



2.3 Energeetikasektori kodumajapidamiste ja keskmiste põletusseadmete eriheitetegurite kontrollmõõtmised ja andmestike uuendamine KHG ja õhusaasteainete aruandluseks (lõpp 2023)

Vastutav täitja: Keio Vainumäe

Kaastäitjad: Aser Sikk, Peeter Priks, Riina Titova, Jelena Tsurkan, Arkadi Ebber, Oliver Järvik (TalTech), Tõnu Pihu (TalTech)

Projekti raames teostati 2021 a. suurte (üle 50 MW_{th}), keskmiste (1–50 MW_{th}) ja kuni 1 MW_{th} põletusseadme mõõtmised eesmärgiga energeetika sektori KHG ja õhusaasteainete inventuuride ühtlustamiseks ning täpsuse parandamiseks CH₄, N₂O, NH₃, PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{sum} ja BC eriheidete osas. Lisaks esialgsele katelde nimekirjale kaasati koostöös TalTech spetsialistidega projekti teisi ettevõtete poolt tellitud katelde mõõtmiste andmeid, mille osas andsid ettevõtted nõusoleku ning kus vajadusel ja võimalusel võeti täiendavaid proove, et saada kõikide ühendite eriheidete arvutamiseks vajalikud andmed. Kokku koos 2020 a. teostatud töödega arutati 43 katla CH₄, N₂O, NH₃, PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{sum} ja BC eriheited, mis on toodud Tabel 6 kuni Tabel 13. Mõõtmiste ajad koos mõõdetud katlamajadega on toodud aruande lisa 1.

2021 a. alustati koduahjudest kuumadest suitsugaaside katsetega. Kohtküttekolletest eristati 6 eri tüüpi Eestis enamlevinud ja/või perspektiivse lahendusega koduahju/pliiti, mis ehitati 2020 a. jooksul Eesti Keskkonnauuringute Keskuse ahjulaborisse koostöös MTÜ-ga Eesti Pottsepad, kelle kaudu teostati küttekollete ehitajate valik.

1. Ahja pilukoldega moodulahi, ehitatud vastavalt EVS-EN 15544 nõuetele (Joonis 7). Ehitaja: Ahja Moodulahi OÜ;
2. Pilukoldega ahi, ehitatud vastavalt EVS-EN 15544 nõuetele (Joonis 8). Ehitaja: Slepe OÜ;
3. Soome tüüpi restkoldega ahi (Joonis 9). Ehitaja: Koltsi Kaminad OÜ;
4. Umbkoldega ahi (Joonis 10). Ehitaja: Koltsi Kaminad OÜ;
5. Pilukoldega pliit (Joonis 11), ehitatud vastavalt ÖNORM B8310. Ehitaja: Slepe OÜ;
6. Restkoldega pliit (Joonis 12). Ehitaja: Rakvere Küttesalong OÜ.

Saadud mõõtetulemuste põhjal arutati riigispetsiifilised eriheited CH₄, N₂O, NH₃, PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{sum} ja BC osas, mis on toodud Tabel 14 kuni Tabel 19

2022 a. alustati koduahjudest lahjendustunneliga suitsugaaside katsetega, mille eesmärgiks oli hinnata kuumade suitsugaaside välisõhku sattumisel tekkivate kondenseeruvate osakeste osakaalu. Kohtküttekolletest teostati mõõtmised kõigi 6 eri tüüpi Eestis enamlevinud ja/või perspektiivse lahendusega koduahju/pliidiga.



Joonis 7 Ahja pilukoldega moodulahi



Joonis 8 Pilukoldega ahi



Joonis 9 Soome tüüpi restkoldega ahi



Joonis 10 Umbkoldega ahi



Joonis 11 Pilukoldega pliit



Joonis 12 Restkoldega pliit



2.3.1 Esialgsete mõõtmistulemuste eriheidete mõju KHG riiklikele heitkogustele

Esialgsete mõõtmistulemuste (seni teostatud mõõtmised) põhjal väheneb kodumajapidamises CH₄ eriheide 94.3% (17.23 kg/TJ) ja N₂O 41.5% (2.34 kg/TJ) võrreldes praegu kasutatavate IPCC vaikeväärtustega Eesti KHG inventuuris (CH₄ 300 kg/TJ ja N₂O 4 kg/TJ). Tulemusena näiteks väheneks KHG inventuuris kodumajapidamise kategooria KHG heitkogus ligikaudu 125 ktCO₂ ekv 2018.aastal. Kodumajapidamised kuuluvad Effort Sharing Decision'i (ESR) ehk Jagatud jõupingutuste otsuse alla.

Esialgsete arvutustulemuste põhjal väheneb keskmise võimsuse biomassi katelde CH₄ eriheide 99.1% (0.27 kg/TJ) ja N₂O 93.7% (2.34 kg/TJ) võrreldes praegu kasutatavate eriheidetega Eesti KHG inventuuris (CH₄ 30 kg/TJ ja N₂O 4 kg/TJ), keskmise võimsuse maagaasi katelde CH₄ eriheide väheneb 98.9% (0.27 kg/TJ) ja N₂O suureneb 26.1% (0.13 kg/TJ) võrreldes praegu kasutatavate eriheidetega Eesti KHG inventuuris (CH₄ 1 kg/TJ ja N₂O 0.1 kg/TJ), keskmise võimsuse kütteõlide katelde CH₄ eriheide väheneb 99.9% (0.004 kg/TJ) ja N₂O 67.9% (0.19 kg/TJ) võrreldes praegu kasutatavate eriheidetega Eesti KHG inventuuris (CH₄ 3 kg/TJ ja N₂O 0.6 kg/TJ) ja segaolmejäätmete põletuse CH₄ eriheide väheneb 99.99% (0.004 kg/TJ) ja N₂O 95.6% (0.18 kg/TJ) võrreldes praegu kasutatavate eriheidetega Eesti KHG inventuuris (CH₄ 30 kg/TJ ja N₂O 4 kg/TJ). Tulemusena näiteks väheneks KHG inventuuris soojustootmise KHG heitkogus ligikaudu 6.5 ktCO₂ ekv 2018.aastal.

2.3.2 Emissioonigaaside mõõteseadmed ja meetodikad

Suitsugaaside koostis

Suitsugaaside koostise sh. O₂, H₂O, CO, CO₂, NO_x, SO₂, N₂O, NH₃ määramiseks kasutati FT-IR (Fourieri teisendusega infrapuna spektroskoop) spektroskoopi Gasmeter DX-4000. Mõõtmistel lähtuti standardtööjuhendist STJnrÕ153.

Summaarsed tahked osakesed (PM_{sum})

Tahkete osakeste (PM_{sum}) kontsentratsioon määrati gravimeetriliselt 45 mm ja 50 mm kvarts-fiiber filtritelt, kasutades proovide kogumiseks Paul Gothe GmbH isokineetilist proovivõtuseadmestikku. Seadme mõõtepiirkond on 0.1 mg/m³ kuni 10 g/m³. Mõõtmistel lähtuti standardist ISO 9096 (EVS-EN 15259) ja VDI 2066 osa 1.

Peenosakesed (PM₁₀, PM_{2.5})

Mõõtmiseks kasutati Paul Gothe GmbH PM_{2.5} ja PM₁₀ kaskaadimpaktorit Johnas II, mis põhineb isokineetisel proovivõtul. Filtritele (QMA) sadestunud osakeste kontsentratsioon määratakse gravimeetriliselt. Mõõtmistel lähtuti standardist VDI 2066 osa 10.

Lenduvad orgaanilised ühendid (CH₄ ja THC)



Analüüsitav gaasiproov juhitakse eelnevalt kalibreeritud leekionisatsioonidetektoriga analüsaatorisse (Enviroment S.A. seade Graphite 52M-D). Tulemuseks saadakse gaasi- või aurufaasis olev summaarne orgaaniline süsinik ja metaan milligrammides kuupmeetri kohta. Seadme mõõtepiirkond on 0–10000 ppm. Summaarse orgaanilise süsiniku määramisel lähtuti standardtööjuhendist STJnrÕ126 ning standardist EVS-EN 12619:2013.

Suitsugaaside füüsilised parameetrid

Gaasi kiirus määrati dünaamilise rõhu kaudu kasutades nii S- kui ka L Pitot-toru ja digitaalset diferentsiaalrõhu manomeetrit Testo 521–2 ning alates 2021 a. Testo 400 Dünaamiline rõhk määratakse täpsusega ± 5 Pa. Temperatuuri mõõtmiseks kasutati termopaari mõõtepiirkonnaga 0–1200 °C. Gaaside joonkiiruse, staatilise rõhu ja temperatuuri määramisel lähtuti standardtööjuhendist STJmÕ104.

BC analüüs

BC analüüs teostati PMsum filtritelt kasutades termooptilist ja optilist meetodit.

2.3.3 Välisõhu mõõtmised

Kodumajapidamistes kasutatavate eriheidete valideerimiseks viidi läbi välisõhu mõõtekampaania perioodil 16.11 – 15.12.2021 (30 päeva) Nõmmel aadressil Valdeku 15 mobiilse mõõtelaboriga Mobair-2. Mõõdetavateks näitajateks olid: PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, CO, BC, NH₃ ja meteoroloogilised tingimused.

Mõõtepunkt :

X: 6583082; Y: 539389 – Valdeku 15, Nõmme, Tallinn

Mõõtepunkti asukoht on toodud Joonis 13.

Lisaks üldistele õhukvaliteeti iseloomustavatele parameetritele mõõdeti samaaegselt ka meteoroloogilisi parameetreid nagu tuule suund ja -kiirus ning välisõhu temperatuur ja suhteline õhuniiskus.



● Mõõtepunkt

Kaardi koostaja:
Eesti Keskkonnauuringute Keskus
Marja 4D
Tallinn 10617
www.klab.ee
info@klab.ee



Kasutatud Maa-ameti aluskaarti
(WMS teenus)

1:800

Joonis 13 Mõõtepunkti asukoht, Valdeku 15, Nõmme, Tallinn

Seadmed ja meetodika

Mõõtebussis Mobair-2 kasutati mõõtmisel järgmiseid mõõteseadmeid erinevate parameetrite määramiseks:

Tabel 2. Mõõteseadmed

Parameeter	Mõõtesead
NO _x	APNA 360
CO	APNA 360
PM ₁₀	BAM 1020
PM _{2,5}	BAM 1020
BC	Aethalometer AE33
Tolmu proovid filtritele	Digitel DHA 80
Meteoroloogilised parameetrid	Vaisala

Välisõhu mõõtetulemused

Alljärgnevatel punktides on kajastatud meteoroloogilised tingimuste ülevaade mõõteperioodil ning mõõtmistulemused PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, CO, BC, PAH kontsentratsioonide



osas. Lisaks on mõõdetud saasteainete õhukvaliteedi piir- ja sihtväärtused on toodud ära Tabel 3.

Tabel 3. Õhukvaliteedi piir- ja sihtväärtused

Saasteaine	Keskmistamisaeg	Piir- või sihtväärtus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Lubatud ületamiste arv aastas
NO _x	1 aasta ²	30	-
NH ₃	1 tund	500	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	1 aasta	8	
CO	8 tundi	10 mg/m ³	-
PM _{2,5}	1 aasta	25	-
PM ₁₀	24 tundi	50	35 päeva
	1 aasta	40	-

Meteoroloogilised tingimused mõõtepunktis

Meteoroloogilised tingimused nagu õhutemperatuur, tuule suund ja -kiirus määravad ära saasteainete püsimise ja levimise õhus. Tuulise ilmaga on saasteainete kontsentratsioonid reeglina madalamad olles tingitud parematest hajumistingimustest. Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodi jooksul on ära toodud Tabel 4.

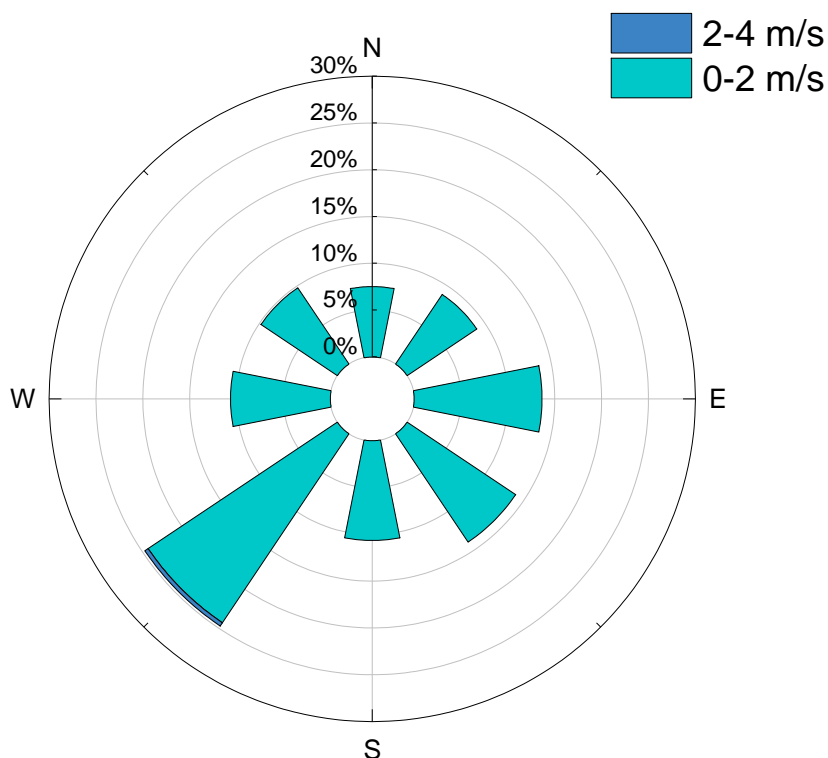
Tabel 4. Meteoroloogilised parameetrid mõõteperioodil

Parameeter	Väärtus
Välisõhu temperatuur	-2,0 °C
sh maksimaalne välisõhu temperatuur	7,2 °C (02.11)
sh minimaalne välisõhu temperatuur	-18,6 °C
Tuule kiirus	0,81 m/s
sh maksimaalne tuule kiirus	4,2 m/s (15.12)
sh minimaalne tuule kiirus	0,1 m/s
Tuule suund	Valdavalt ida-, kagu- ja edela tuul
Suhteline õhuniiskus	80,6 %
sh maksimaalne suhteline õhuniiskus	91,6 %
sh minimaalne suhteline õhuniiskus	52,8 %

Tuulesuundade jaotus mõõtmisperioodi jooksul on ära toodud alljärgneval Joonis 14. Mõõteperioodi jooksul puhus valdavalt edela tuul kiirusega 0-2 m/s.

² Kriitiline häiretase

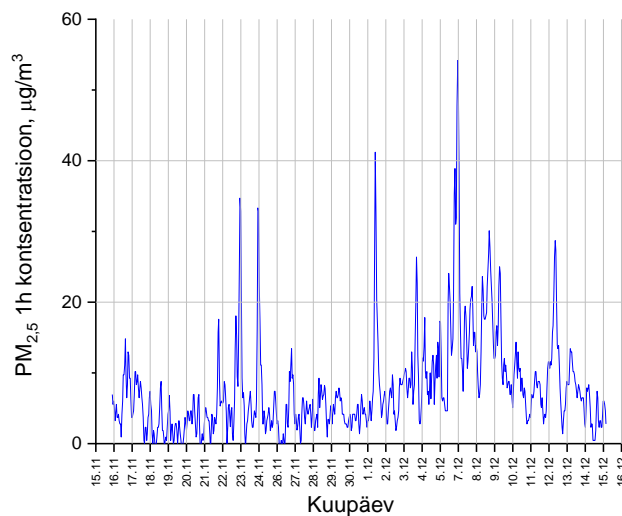
³ Ökosüsteemi kaitse



Joonis 14. Tuulterooos mõõteperioodil

Mõõtetulemused

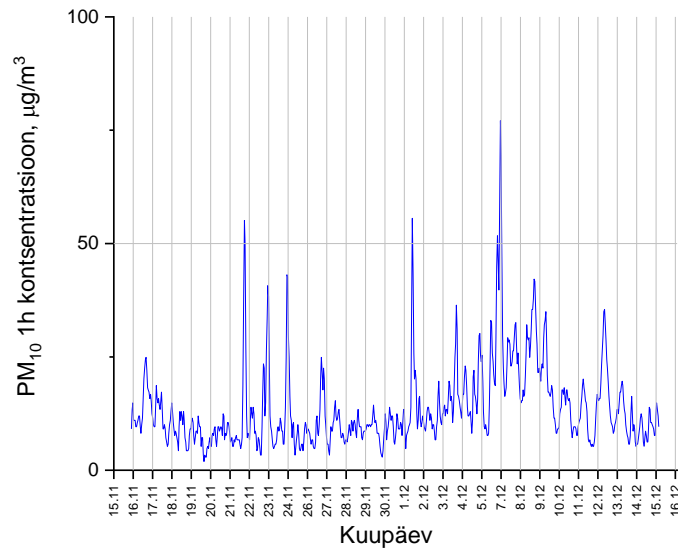
PM_{2,5} 1h mõõteperioodi keskmine kontsentratsioon oli 7,8 µg/m³ ning kõige kõrgem 1h väärtus oli 54,2 µg/m³ (06.12.2021).



Joonis 15. PM_{2,5} 1h kontsentratsioon

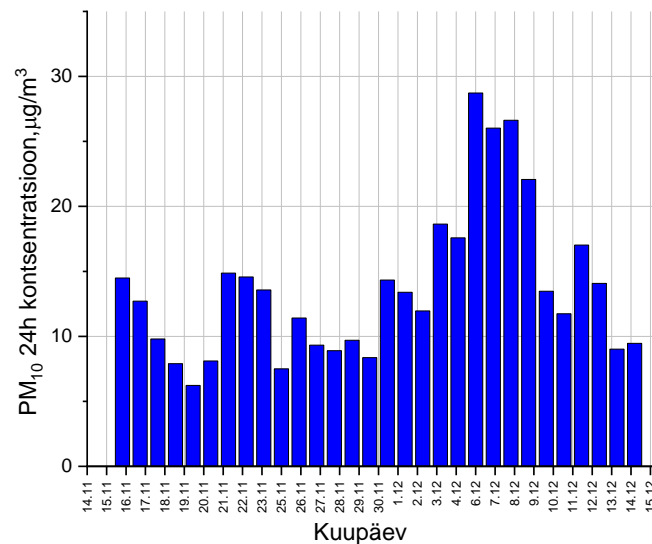


PM₁₀ 1h mõõteperioodi keskmine kontsentratsioon oli 13,7 µg/m³ ning kõige kõrgem väärtus oli 77,1 µg/m³ (06.12.2021 23:00).



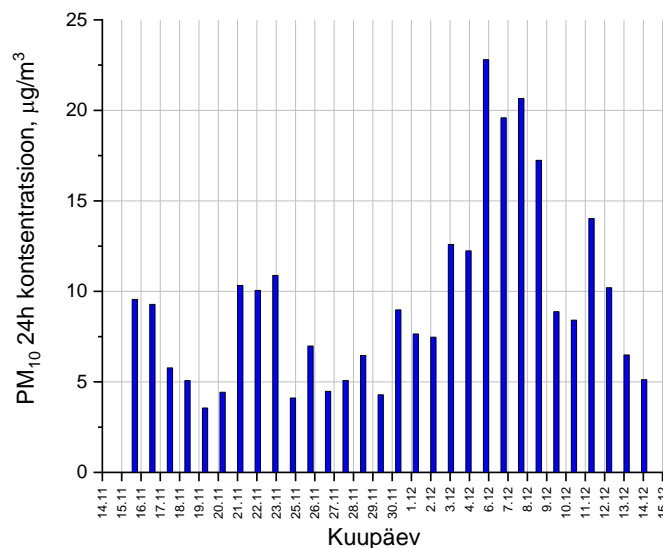
Joonis 16. PM₁₀ 1h kontsentratsioon

PM₁₀ 24h kontsentratsioone mõõdeti 30 päeva ning kõige kõrgem 24 h väärtus oli 28,72 µg/m³ (07.12.2021).



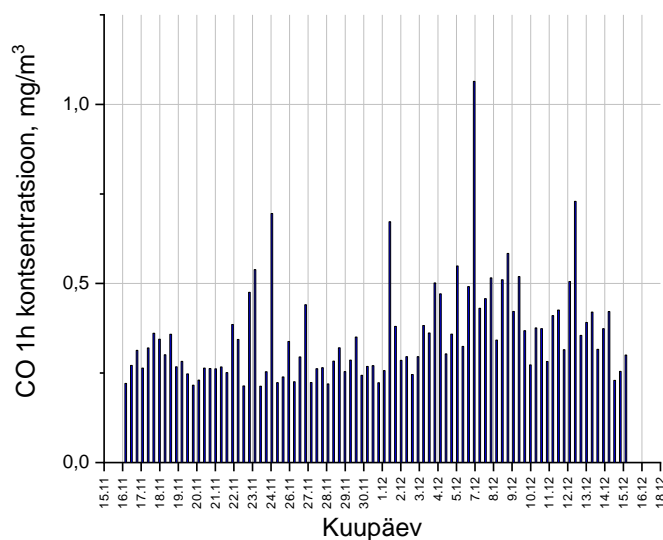
Joonis 17. PM₁₀ 24h kontsentratsioon

PM₁₀ 24h kontsentratsioone mõõdeti 30 päeva ning keskmiseks 24h kontsentratsiooniks oli 9,4 µg/m³. Kõige kõrgem 24h väärtus oli 20,7 µg/m³ (08.12.2021).



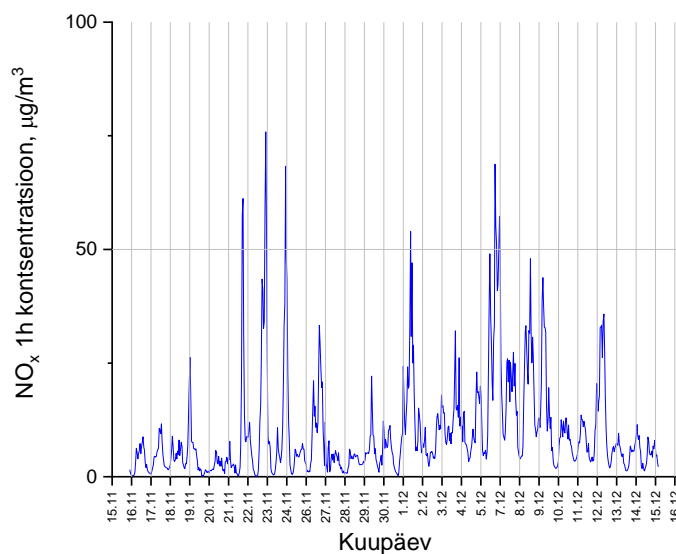
Joonis 18. PM₁₀ 24h kontsentratsioon gravimeetrilisel meetodil

CO mõõteperioodi keskmine kontsentratsioon oli 0,35 mg/m³ ning maksimaalne 1h väärtus oli 1,75 mg/m³ (06.12.2020 23:00) ning maksimaalne 8h keskmistatud kontsentratsioon oli 1,06 mg/m³ (07.12.2021).



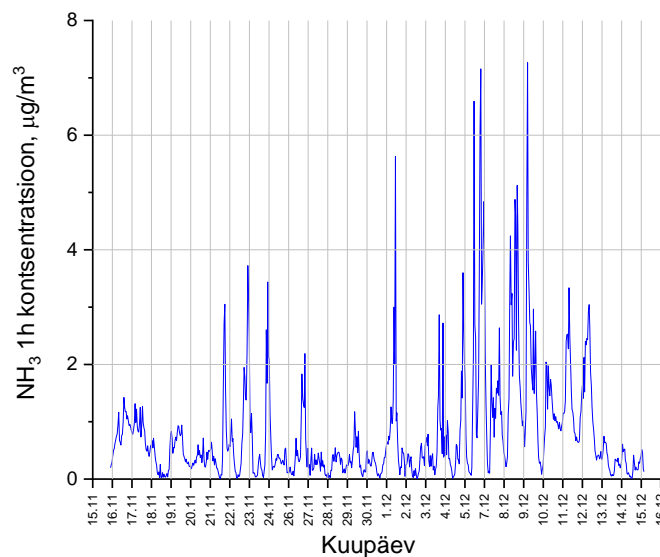
Joonis 19. CO 8h keskmistatud kontsentratsioon

Mõõteperioodi keskmine NO_x kontsentratsioon oli 9,9 µg/m³ ning maksimaalne väärtus 75,9 µg/m³. (23.11.2021 17:00)



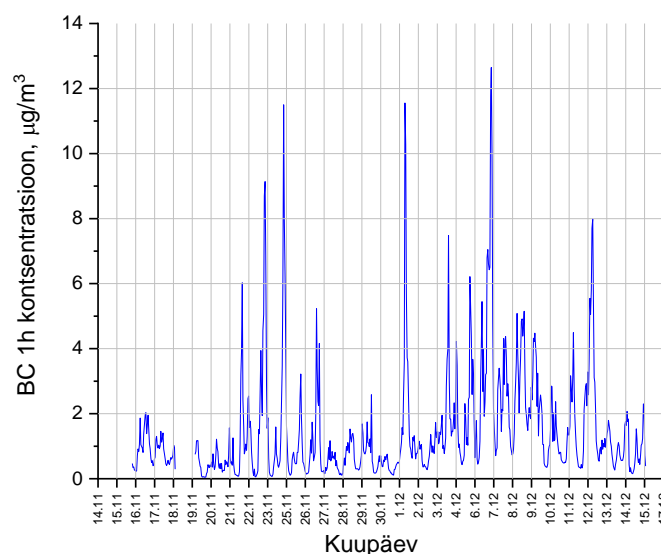
Joonis 20. NO_x kontsentratsioon

Mõõteperioodi keskmine NH₃ kontsentratsioon oli 0,80 µg/m³ ning maksimaalne väärtus 7,26 µg/m³ (09.12.2021 10:00).



Joonis 21. NH₃ kontsentratsioon

Mõõteperioodi BC keskmine kontsentratsioon oli 1,48 µg/m³ ning maksimaalne 1h kontsentratsioon oli 12,65 µg/m³ (06.12.2021 23:00)



Joonis 22. BC kontsentratsioon

2.3.4 Välisõhu mõõtetulemuste kokkuvõte

Mõõteperioodi keskmised ning maksimaalsed kontsentratsioonid on kokkuvõtvalt toodud ära Tabel 5.

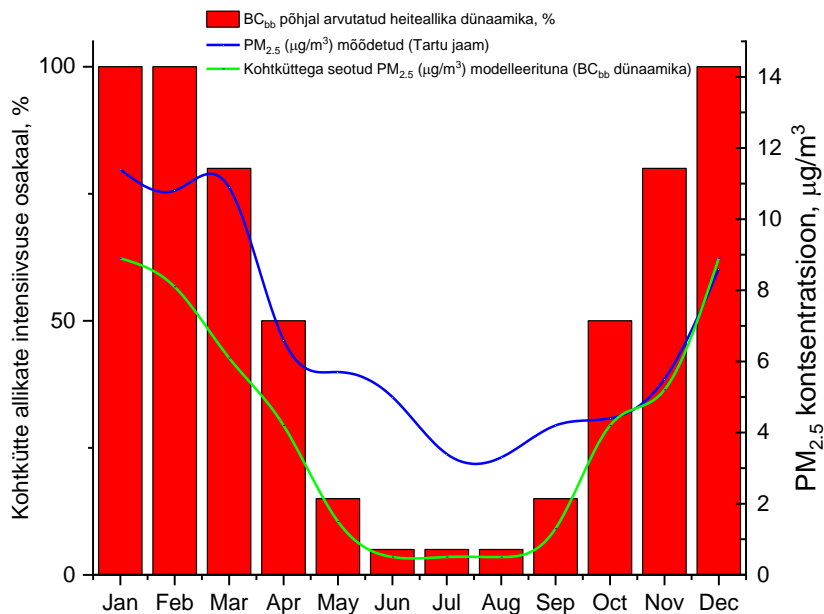
Tabel 5. Välisõhu kvaliteedi mõõtekampania tulemused

Mõõtmise lähteandmed ja keskmised tulemused		Maksimaalsed saasteainete väärtused mõõteperioodil	Piirväärtused/sihtväärtused
Asukoht	Valdeku 15		
Mõõtmiste kestvus	16.11.2021–15.12.2021 (1 kuu)		
Mõõdetud parameetrid	PM ₁₀ , PM _{2,5} , CO, NO _x , NH ₃ , BC, PAH		
PM_{2,5}	7,8 µg/m ³	54,2 µg/m ³ (1h)	1a - 25 µg/m ³
PM₁₀	13,7 µg/m ³	77,1 µg/m ³ (1h) 20,7 µg/m ³ (24h)	1a – 40 µg/m ³ 24h – 50 µg/m ³
CO	0,35 mg/m ³	1,06 mg/m ³ (8h)	8h - 10 mg/m ³
NO_x	9,90 µg/m ³	75,9 µg/m ³ (1h)	1a - 30 µg/m ³
NH₃	0,80 µg/m ³	7,26 µg/m ³ (1h)	Kriitiline tase: 1h – 500 µg/m ³ 1a – 8 µg/m ³
BC	1,48 µg/m ³	12,65 µg/m ³ (1h)	-

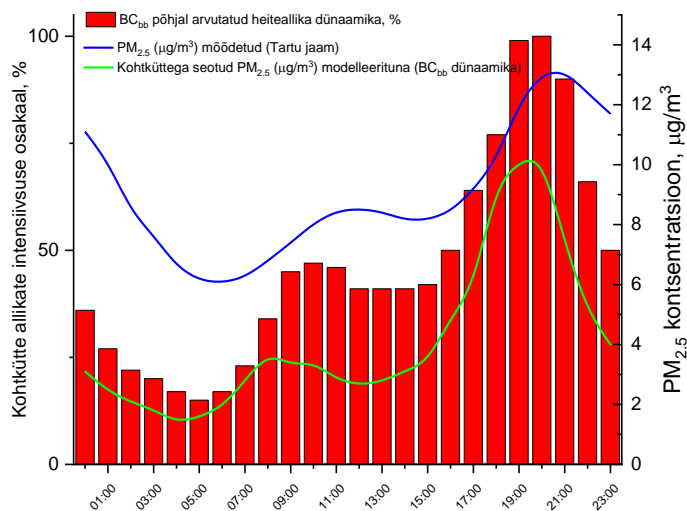


2.3.5 Mõõdetud eriheidete valideerimine välisõhu mõõtmiste ja modelleerimise kaudu

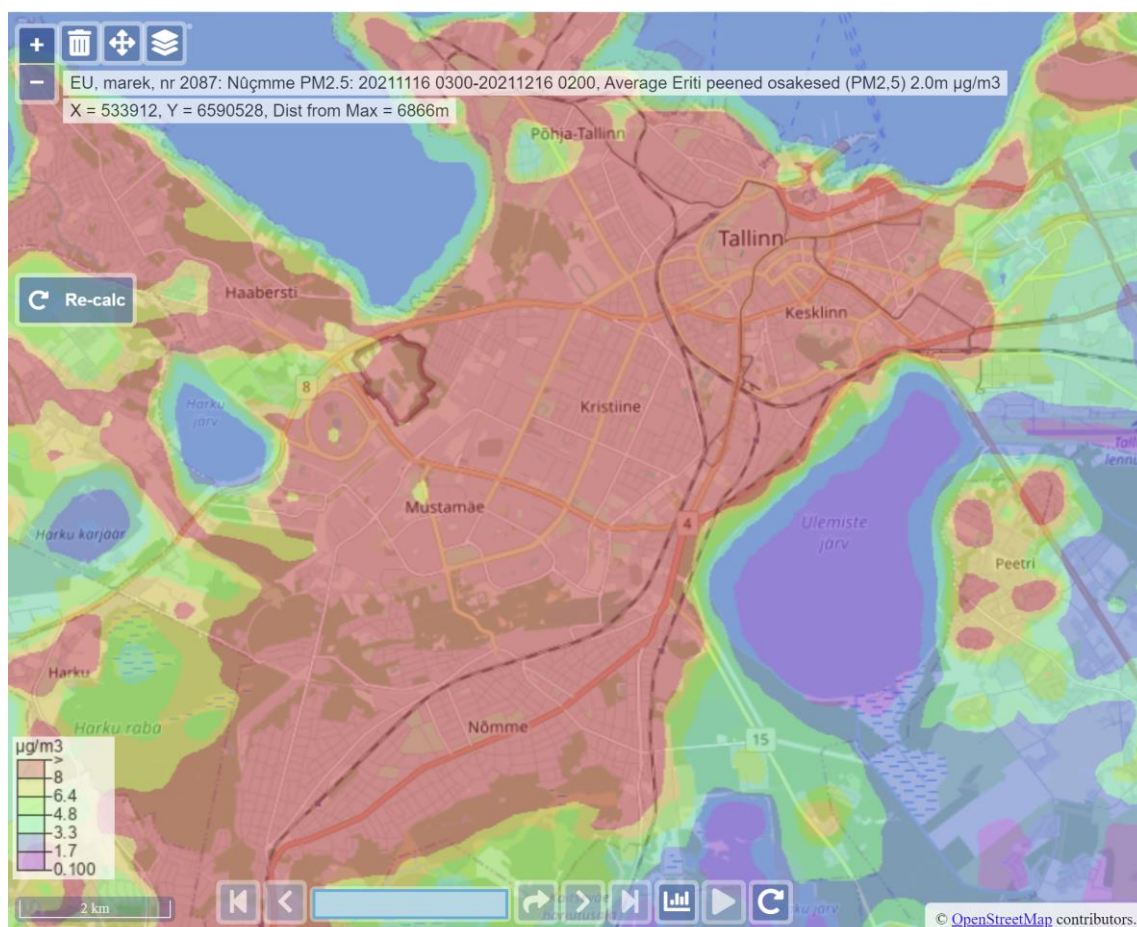
Välisõhu mõõtetulemusi kasutati seejärel mõõdetud kohtkütte PM_{2.5} eriheidete valideerimisel ning eeldatakse, et PM_{2.5} eriheidete kasutamine valideerimisel annab hinnangu ka teiste mõõdetud saasteainete eriheidete sobivuse kohta. Selle tarvis teostati mõõdetud piirkonnas PM_{2.5} hajumisarvutused Airviro keskkonnas, kasutades selleks arendustöö raames leitud eriheideteid ning uuendatud kohtkütte andmebaasi. PM_{2.5} välisõhu modelleerimised teostati kahe erineva PM_{2.5} eriheidetega, millest esimene (249,94 mg/MJ) pärineb varasematest (2013-2014) EKUKi ahjulabori ainult vanemat tüüpi ahju mõõtmistest ning teine eriheidete (42,06 mg/MJ) on antud arendustööde raames mõõdetud kõikide ahjutüüpide kaalutud keskmine tulemus. Õhukvaliteedi modelleerimisel kasutati Airviro keskkonnas asuvat Euleri võrgustikmudelit modelleerimissammuga 50x50 m ning modelleerimisperioodiks võeti analoogne ajaaken välisõhu mõõtmistega. Modelleerimise taustakontsentratsioonina kasutati mõlemas arvutuses Õismäe seirejaama PM_{2.5} mõõtetulemusi. Vanema eriheidetega (249,94 mg/MJ) modelleeritud ajaperioodi keskmine tulemus on toodud Joonis 25. Analoogne modelleerimine teostati ka uuema (42,06 mg/MJ) eriheidetega. Heiteallikate heite eraldumise dünaamika (aasta ja ööpäeva lõikes) määrati varasemate Tartu seirejaama BC_{bb} ja PM_{2.5} mõõtetulemuste põhjal (Joonis 23, Joonis 24)



Joonis 23 Kohtkütte sektori heite eraldumise ajaline dünaamika kuude lõikes



Joonis 24 Kohtkütte sektori heite eraldumise ajaline dünaamika ööpäeva lõikes

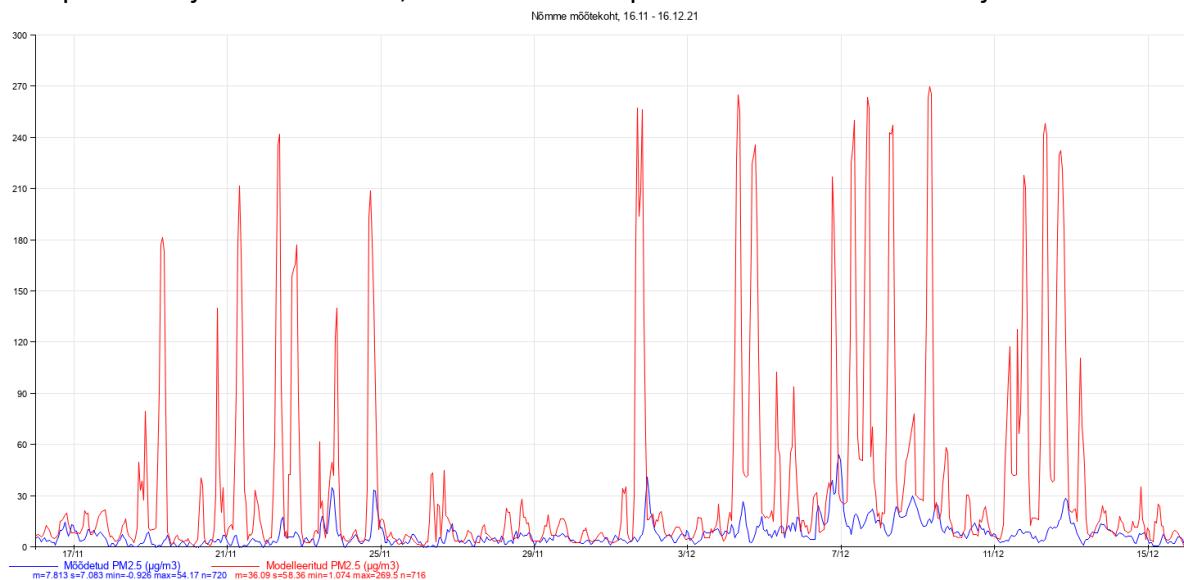


Joonis 25 PM_{2.5} keskmine modelleerimistulemus (µg/m³) mõõteperioodi (16.11.2021–15.12.2021) kohta

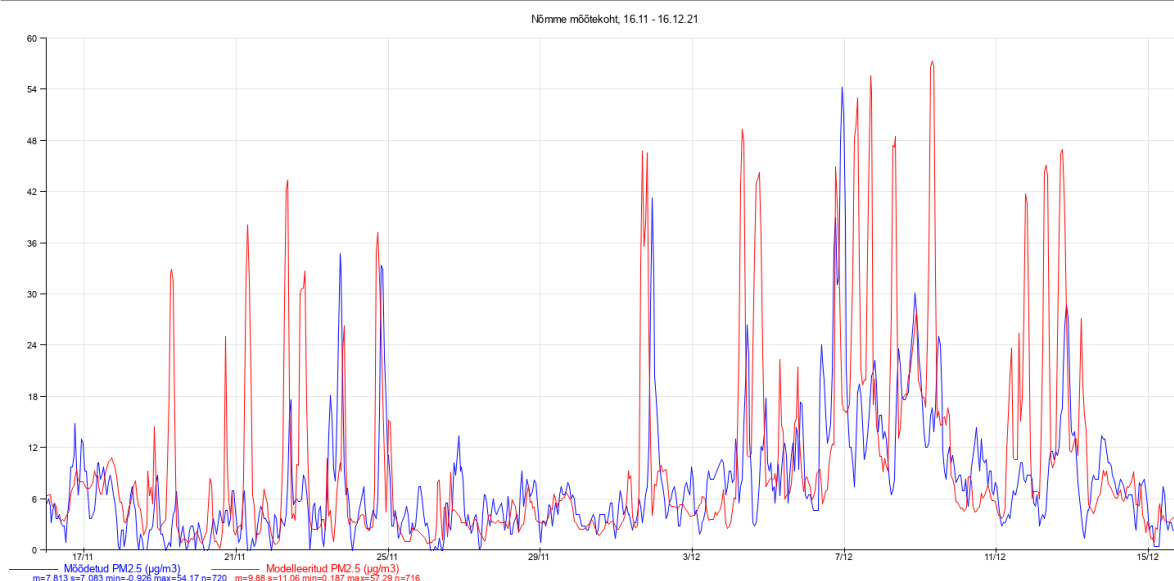


Joonis 26 on toodud modelleeritud (punasega) ja mõõdetud (sinisega) PM_{2.5} kontsentratsioonid (µg/m³) ning jooniselt nähtub, et modelleeritud tulemused (keskmine 36,09 µg/m³) on oluliselt kõrgemad kui mõõdetud (keskmine 7,81 µg/m³) PM_{2.5} kontsentratsioonid, mille põhjal võib järeldada, et kohtkütte modelleerimisel kasutatud PM_{2.5} vanem eriheide (249,94 mg/MJ) on ülehinnatud ning ei ole vähemalt antud piirkonnas esinduslik.

Joonis 27 on toodud PM_{2.5} modelleerimistulemused, millest nähtub, et keskmiste kontsentratsioonide kokkulangevus on hea – 7,81 (mõõdetud) vs 9,88 (modelleeritud) µg/m³. Samuti on modelleeritud ja mõõdetud tulemuste vahel hea korrelatsioon (r=0,4) ning peamine tulemuste lahknevus tuleneb kõrgemate piikide osas, kus modelleerimistulemus on enamasti ülehinnatud. Antud tulemust saaks parandada heite dünaamika (st kui intensiivne heide konkreetses ajaühikus tekib) täpsustamisega, mille tarvis saaks kasutada näiteks välisõhu temperatuuri ja BC_{bb} andmeid, et selle kaudu täpsustada reaalselt kütmisvajadust.



Joonis 26 Mõõdetud ja modelleeritud (PM_{2.5} EF = 249.94 mg/MJ) PM_{2.5} tulemused, µg/m³



Joonis 27 Mõõdetud ja modelleeritud (PM_{2.5} EF = 42,06 mg/MJ) PM_{2.5} tulemsused, µg/m³

2.3.6 2023 a. tegevused

2023 a. korrati koduahjude katseid uuendatud lahjendustunneliga (suurendati lahjendustegurit ca 10-ni, varasema 2-3 korra asemel), et täpsustada lahjendusteguri mõju saadud eriheidetele.

Mõõtmistulemuste põhjal arvutati riigispetsiifilised eriheidet CH₄, N₂O, NH₃, PM_{2.5} PM₁₀, PM_{sum} ja BC osas (vt alljärgnevad tabelid). Lisaks arvutati reaalseste mõõtmistulemuste põhjal kondenseeruvate peenosakeste eriheidet, mis on toodud alljärgnevates tabelites ning on esitatud Eesti KHG ja õhusaasteainete inventuuri spetsialistidele



2.3.7 Eriheidete arvutused

Alljärgnevas tabelites on toodud mõõtetulemuste põhjal leitud eriheidetegurid kütuste ja ahjutüüpide kaupa.

Tabel 6 Hakkepuidu katelde eriheidet

Ettevõtte	Katla nimi	Võimsus, MW	Puhastusseade	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NO_x} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O} , g/GJ	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PM_{sum}} , g/GJ	q _{PM₁₀} , g/GJ	q _{PM_{2.5}} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
AS Viru-Nigula Saeveski	K-1 Justsen	1.7	Multitsüklon	10.58	9.41	13.71	114.11	140.36	5.02	0.00	0.21	0.22	54.06	38.54	23.13	1541.09
AS Viru-Nigula Saeveski	K-2 Lin-Ka	2.5	Multitsüklon	12.71	7.48	11.82	67.56	139.60	8.24	1.11	0.27	0.10	107.18	72.66	41.84	1842.75
Utilitas Eesti AS, Keila katlamaja	Veekatel Danstoker	8.24	Multitsüklon + pesur	4.85	13.69	10.64	107.22	10.97	3.10	0.00	0.13	0.14				
Utilitas Eesti AS, Haapsalu katlamaja	Vertikaalne leeksuitsutorukatel (VP 14.06)	8.24	Multitsüklon + pesur	3.44	11.05	7.62	122.97	8706.15	20.24	225.00	1.79	9.98	84.34	76.17	71.10	0.00
Mo-Puit Jõgeva AS	Veekatel AK1000S	1	Multitsüklon	15.48	4.24	4.76	86.71	1041.58	2.93	9.49	0.38	1.11	298.44	131.50	93.52	18589.64
Toftan AS	Puidukatel eelkoldega, Katel 1	8	Multitsüklon	5.22	13.15	21.86	120.18	2.05	5.25	0.00	0.15	0.06	78.94	60.98	48.82	536.49
Toftan AS	Puidukatel eelkoldega, Katel 2	5	Multitsüklon	7.05	11.24	17.75	72.22	383.30	4.22	4.42	0.37	0.40	49.77	44.43	34.77	6677.30
UPM-Kymmene Otepää OÜ	Kihtkoldega katel	10	Multitsüklon	10.76	8.86	9.34	123.53	115.70	0.30	0.00	0.21	0.36	597.98	358.52	275.86	13289.82
SW Energia OÜ	Justsen Argus Flex 25 Ceramic 4,0	4	Pesur	8.62	10.86	4.99	146.88	149.52	0.26		0.66	0.16	3.02			
Tamsalu Kalor AS	Biokatel BIO-2,5	2.5	Multitsüklon ja suitsugaaside pesur	7.27	10.72	10.41	151.15	269.74	0.25	10.35	0.17	0.07	30.53	15.27	15.13	
Enefit Green AS Paide Elektriijaam	Koostootmisjaam, HA-40	8	ESP filter	5.03	13.67	21.68	102.79	24.93	7.77	0.00	0.15	0.64	53.03	29.64	10.79	
Adven Eesti AS, Viruvere	Aurukatel, K-1	17.65	Multitsüklon, elektrifilter	12.71	6.60	11.08	133.61	21.15	5.45	0.01	0.26	0.10	48.93	27.22	21.87	



Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Ettevõtte	Katla nimi	Võimsus, MW	Puhastusseade	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NO_x} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O} , g/GJ	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
AS Utilitas Eesti, Jõgeva katlamaja	Biokütuse katel Danstoker VHS 25-900	7.06	Multitsüklon, elektrifilter ja suitsugaaside pesur	4.76	12.28	8.72	78.85	1228.10	5.95	23.48	0.52	0.89	2.28	1.09	1.06	
Adven Eesti AS, Viljandi Ekseko seafarm	biokatel	2.5	Multitsüklon	8.68	10.09	17.98	117.24	606.63	5.78	9.58	0.19	4.52	119.50	103.14	88.45	
JELD-WEN EESTI AS	LAKA, PS4000	4	Multitsüklon	12.81	6.75	6.27	92.10	632.23	0.74	1.16	0.51	0.42	239.25	183.01	138.53	
Adven Eesti AS, Viru-Nigula	Veekatel, nr 2	1.23	Tsüklon	11.43	7.93	8.02	56.12	644.07	6.53	1.24	0.23	1.20	104.03	58.51	35.21	
AS Tootsi Turvas, Mooste	Hakkepuidu katel	0	Tsüklon	9.53	9.88	14.29	173.02	74.28	11.66	0.29	0.19	0.38	52.83	40.83	33.74	
Enefit Green AS Paide Elektriijaam	Katel Wärtsilä Biograte	8	Multitsüklon	7.92	10.97	8.88	153.78	0.88	2.10	0.00	0.19	0.16	56.69	50.44	40.60	
AS Anne Soojus, Aardla	Katel K2, veekatel Danstoker	8.2	Suitsugaaside pesur ja multitsüklon	8.64	10.64	10.13	125.51	52.74	1.22	0.00	0.18	0.32	28.33	28.91	26.81	
OÜ Utilitas Tallinna Elektriijaam OÜ	Restkoldega katel	29	ESP filter	4.39	13.99	12.10	77.30	3.86	2.90	0.00	0.13	0.11	0.16	0.22	0.21	
Keskmine				8.59	10.17	11.60	111.14	712.39	5.00	15.06	0.35	1.07	105.75	73.39	55.64	6068.16
Mediaan				8.63	10.68	10.52	115.68	139.98	4.62	0.29	0.21	0.34	54.06	47.43	34.99	1842.75
Standardhälve				3.39	2.62	4.98	31.90	1915.68	4.70	51.20	0.37	2.32	141.36	84.57	65.37	7246.62

Tabel 7 Põlevkiviõli katelde eriheid

Ettevõtte	Katla nimi	Võimsus, MW	Puhastusseade	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NO_x} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O} , g/GJ	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
Utilitas Eesti AS, Keila katlamaja	Vitomax 200	10	Puudub	11.12	7.53	5.81	166.16	0.52	576.04	0.0040	0.212	0.505	32.66	13.80	12.07	97.52
Utilitas Eesti AS, Haapsalu katlamaja	Vapor	5.68	Puudub	11.12	7.53	5.81	166.16	0.516	400.28	0.0040	0.212	0.505	10.76	4.17	2.79	666.82



Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Ettevõte	Katla nimi	Võimsus, MW	Puhastus-seade	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O} , g/GJ	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
Utilitas Eesti AS, Haapsalu katlamaja	Vapor	10	Puudub	8.92	8.96	6.79	141.52	1.47	396.23	0.0033	0.173	0.0669	3.60	2.95	2.28	44.97
Valio Eesti AS, Laeva meierei	Kerge kütteõlikatel, põletiga (TTK-70)	1.9	puudub	4.00	12.01	9.50	157.80	0.0781	408.96	0.00242	0.123	0.167	2.96	3.41	2.60	21.51
Valio Eesti AS, Laeva meierei	Kerge kütteõlikatel, põletiga (Bosch)	2.1	Puudub	4.00	11.83	9.51	160.84	0.597	417.83	0.00242	0.123	0.0475	4.22	2.32	1.74	3.19
Keskmine				7.83	9.57	7.48	158.50	0.64	439.87	0.00	0.17	0.26	10.84	5.33	4.30	166.80
Mediaan				8.92	8.96	6.79	160.84	0.52	408.96	0.00	0.17	0.17	4.22	3.41	2.60	44.97
Standardhälve				3.61	2.22	1.89	10.15	0.51	76.58	0.00	0.04	0.23	12.59	4.79	4.36	281.75

Tabel 8 Maagaasi katelde eriheited

Ettevõte	Katla nimi	Võimsus, MW	Puhastus-seade	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O} , g/GJ	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
Elering AS, Kiili GRJ	Vitoplex 200 Katel A	1.1	Puudub	5.10	7.89	14.95	35.99	0.08	0.52	0.0027	0.13	0.17	0.017	0.067	0.050	0.27
Elering AS, Kiili GRJ	Vitoplex 200 Katel B	1.1	puudub	3.77	8.04	13.54	31.95	0.08	0.18	0.0025	0.12	0.084	0.015	0.062	0.046	0.12
AS Anne Soojus, Ropka	Katel K1, Noviter WT W40	39,36	Puudub	2.36	8.83	16.05	27.98	0.07	2.61	0.0024	0.11	0.51	-	-	-	-
AS Anne Soojus, Ropka	Katel K2, Noviter WT W40	39,36	Puudub	2.55	8.82	15.96	30.63	0.07	2.59	0.0024	0.11	0.24	-	-	-	-
Adven Eesti AS, Viljandi Ekseko seafarm	Katel, Vitpolex 200, SA-20	1.7	Puudub	3.51	8.16	15.67	37.95	0.08	1.83	0.072	0.12	0.56	-	-	-	-
AS Anne Soojus	Gaasikatel, Bosch UT-M 60	16	suitsugaaside retsirkulatsioon	3.54	8.28	15.77	27.35	0.08	1.95	0.0025	0.12	0.27	-	-	-	-
AS Anne Soojus	Gaasikatel, Bosch UT-M 60	16	suitsugaaside retsirkulatsioon	5.35	7.61	14.34	23.72	0.08	1.94	0.0028	0.13	0.25	-	-	-	-
Keskmine				3.74	8.23	15.18	30.80	0.08	1.66	0.01	0.12	0.30	0.02	0.06	0.05	0.20
Mediaan				3.54	8.16	15.67	30.63	0.08	1.94	0.00	0.12	0.25	0.02	0.06	0.05	0.20
Standardhälve				1.14	0.46	0.95	4.99	0.01	0.95	0.03	0.01	0.17	0.00	0.00	0.00	0.11



Tabel 9 Jäätmepõletuskatla eriheid

Ettevõtte	Katla nimi	Võimsus, MW	Puhastus-seade	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O}	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
AS Enefit Green Iru elektrijaam	Jäätmepõletusplakk	80	Aktiivsüsi, lubjapiim, kustutatud lubi, kottfiltrid	8.61	9.72	19.80	162.34	1.54	6.45	0.00390	0.18	0.150	0.152	0.196	0.120	0.615

Tabel 10 Turbakatelde eriheid

Ettevõtte	Katla nimi	Võimsus, MW	Puhastus-seade	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O}	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
Anne Soojus AS	Anne katlamaja veekatel WA02	20.9	Elektrifilter ja pesur	9.13	10.14	9.75	206.19	80.32	88.66	1.72	2.45	0.17	1.57	0.82	0.67	7.21
AS Tootsi Turvas	Turba restkoldega katel „JU-MMV-15	1.667	Tsüklon	10.04	8.61	11.11	233.13	610.46	319.51	11.05	15.09	4.04	846.64	504.99	160.27	
AS Anne Soojus	Katel W01, Veekatel, KB-M-35-150M/TF03	20.9	Elektrifilter ja suitsugaaside pesur	10.74	8.94	15.56	150.71	38.08	7.86	0.00	0.22	2.54	121.53	44.38	22.72	
AS Anne Soojus	Katel W02, Veekatel, KB-M-35-150M/TF03	20.9	Elektrifilter ja suitsugaaside pesur	11.14	7.96	13.79	161.79	364.58	65.78	17.35	2.75	5.11	49.14	8.82	4.36	
AS Anne Soojus	Katel W01 ja katel W02 peale pesurit	41.8	Elektrifilter ja suitsugaaside pesur	9.44	9.79	11.35	111.22	138.68	4.03	1.30	0.19	1.25	10.77	5.78	3.48	
Keskmine				10.10	9.09	12.31	172.61	246.42	97.17	6.29	4.14	2.62	205.93	112.96	38.30	7.21
Mediaan				10.04	8.94	11.35	161.79	138.68	65.78	1.72	2.45	2.54	49.14	8.82	4.36	7.21
Standardhälve				0.85	0.88	2.33	47.84	239.31	129.56	7.59	6.24	2.01	361.27	219.83	68.74	



Tabel 11 Pelletikatelde eriheid

Ettevõte	Katla nimi	Võimsus, MW	Puhastus-seade	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O} , g/GJ	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
Adven Eesti AS, Kose katlamaja	Pelletikatel K1	1.5	Multitsüklon	12.61	7.59	6.76	103.96	81.53	0.364	0.0048	0.250	0.272	77.78	48.21	40.65	478.662
Adven Eesti AS, Kose katlamaja	Pelletikatel K2	1.5	Multitsüklon	12.28	7.84	7.04	108.80	25.72	0.350	0.0046	0.240	0.207	50.67	39.83	37.56	161.481
Adven Eesti AS, Kose-Uuemõisa	Veekatel, K1	1.111	Tsüklon	14.77	4.96	4.86	88.5	673.5	4.75	0.45	0.34	1.07	45.42	46.20	44.00	
Adven Eesti AS, Kose-Uuemõisa	Veekatel, K2	1.111	Tsüklon	14.83	4.90	4.81	88.3	738.8	5.03	0.30	0.34	0.90	83.43	56.88	47.50	
Keskmine				13.62	6.32	5.87	97.37	379.88	2.62	0.19	0.29	0.61	64.33	47.78	42.43	320.07
Mediaan				13.69	6.27	5.81	96.21	377.50	2.56	0.15	0.29	0.59	64.22	47.21	42.33	320.07
Standardhälve				1.37	1.61	1.20	10.58	378.36	2.62	0.22	0.05	0.44	19.06	7.04	4.28	224.28

Tabel 12 Maagaasil töötava asfalditehase eriheid

Ettevõte	Katla nimi	Võimsus, MW	Puhastus-seade	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O} , g/GJ	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
Tariston AS, Harku ABT	Kuivatustrummel	18.4	Kottfilter	15.02	2.12	14.67	59.95	503.13	10.17	14.98	0.90	0.77	122.81	43.49	19.48	1047.63

Tabel 13 Põlevkiviõlil töötava asfalditehase eriheid

Ettevõte	Katla nimi	Võimsus, MW	Puhastus-seade	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O} , g/GJ	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
Tariston AS, Raadi ABT	Kuivatustrummel	15	Kottfilter	16.24	1.46	11.57	150.64	1903.61	154.81	9.86	3.11	0.172	2103.81	1037.31	536.53	47763.44



Tabel 14 Ahja moodulahju eriheid

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O}	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
16.07.2021	Ahja moodulahji	Halupuit	17.20	3.17	4.99	139.63	2198.52	1.96	6.62	1.74	6.99	60.95	30.61	29.81	
20.07.2021	Ahja moodulahji	Halupuit	17.27	2.98	4.74	135.00	1625.63	0.85	8.78	1.90	5.59	44.51	35.83	34.97	
21.07.2021	Ahja moodulahji	Halupuit	17.21	3.15	4.76	139.66	1727.01	2.08	5.49	1.47	6.09	41.80	21.02	20.25	
23.07.2021	Ahja moodulahji	Halupuit	17.66	2.68	4.18	138.50	1910.77	0.95	14.92	2.38	6.14	30.81	25.36	24.69	
3.08.2021	Ahja moodulahji	Halupuit	17.94	2.70	4.57	129.49	2138.93	7.55	19.66	2.11	7.20	99.09	78.35	75.82	
4.08.2021	Ahja moodulahji	Halupuit	18.76	2.14	3.50	147.52	2583.57	8.82	12.96	2.37	9.25	88.89	88.17	86.84	
Keskmine			17.67	2.80	4.46	138.30	2030.74	3.70	11.41	2.00	6.88	61.01	46.56	45.40	
Mediaan			17.46	2.84	4.66	139.06	2024.85	2.02	10.87	2.01	6.57	52.73	33.22	32.39	
Standardhälve			0.61	0.39	0.54	5.95	351.07	3.53	5.44	0.36	1.31	27.50	29.03	28.48	

Tabel 15 Pilukoldega ahju eriheid

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O}	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
23.08.2021	Pilukoldega ahi	Halupuit	18.19	2.57	4.09	154.28	2231.39	5.49	36.25	2.74	6.07	39.23	19.53	19.15	
20.09.2021	Pilukoldega ahi	Halupuit	16.87	4.33	4.63	127.39	1769.70	0.76	10.18	1.26	4.36	-	28.93	27.87	
1.10.2021	Pilukoldega ahi	Halupuit	17.98	3.32	3.86	150.04	2167.13	1.05	14.13	0.35	5.28	35.04	17.66	17.14	
4.10.2021	Pilukoldega ahi	Halupuit	18.06	3.14	3.66	138.37	1926.07	1.08	16.63	0.55	5.03	63.06	49.29	47.81	
5.10.2021	Pilukoldega ahi	Halupuit	17.56	3.58	4.01	148.86	1997.92	0.92	25.73	0.83	4.76	59.40	39.34	38.12	
6.10.2021	Pilukoldega ahi	Halupuit	17.64	3.64	3.91	134.71	1802.04	0.94	11.80	1.30	4.14	52.22	26.41	25.41	
Keskmine			17.72	3.43	4.03	142.27	1982.37	1.71	19.12	1.17	4.94	49.79	30.19	29.25	
Mediaan			17.81	3.45	3.96	143.61	1961.99	1.00	15.38	1.05	4.90	52.22	27.67	26.64	
Standardhälve			0.48	0.59	0.33	10.41	188.31	1.86	10.02	0.86	0.70	12.28	12.13	11.73	



Tabel 16 Restkoldega ahju eriheid

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O}	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
10.12.2021	Restkoldega ahi	Halupuit	13.21	6.25	6.32	107.75	2525.92	0.40	25.03	1.96	4.93	61.91	55.30	53.92	
13.12.2021	Restkoldega ahi	Halupuit	13.39	6.32	5.67	113.79	2584.47	0.41	31.45	1.65	3.70	51.77	26.05	25.51	
16.12.2021	Restkoldega ahi	Halupuit	13.50	6.05	5.90	108.95	2331.75	0.42	16.95	2.17	3.03	80.11	40.22	39.52	
17.12.2021	Restkoldega ahi	Halupuit	14.41	5.58	5.46	119.95	1939.84	0.47	5.67	2.21	3.10	52.67	26.42	25.96	
20.12.2021	Restkoldega ahi	Halupuit	12.82	6.55	5.81	108.75	2597.00	0.38	23.29	2.82	2.63	132.37	66.93	64.50	
21.12.2021	Restkoldega ahi	Halupuit	11.97	6.54	5.48	121.16	3997.80	0.71	105.99	1.75	3.30	136.89	125.11	121.54	
Keskmine			13.22	6.22	5.77	113.39	2662.80	0.47	34.73	2.09	3.45	85.95	56.67	55.16	
Mediaan			13.30	6.29	5.74	111.37	2555.19	0.41	24.16	2.06	3.20	71.01	47.76	46.72	
Standardhälve			0.81	0.36	0.32	5.94	699.10	0.12	35.99	0.42	0.81	39.09	37.19	35.98	

Tabel 17 Umbkoldega ahju eriheid

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O}	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
29.11.2021	Umbkoldega ahi	Halupuit	14.05	4.56	7.36	207.85	4437.74	0.45	122.73	10.32	26.16	52.52	38.73	37.76	
30.11.2021	Umbkoldega ahi	Halupuit	15.46	4.21	4.44	98.13	2183.49	0.57	42.97	2.39	6.81	67.75	34.01	33.35	
2.12.2021	Umbkoldega ahi	Halupuit	15.57	4.11	4.29	101.50	1952.16	0.58	28.26	2.40	5.58	59.27	29.75	28.97	
3.12.2021	Umbkoldega ahi	Halupuit	15.05	4.31	4.34	105.81	2749.64	0.53	57.11	2.51	5.00	129.65	64.97	64.22	
6.12.2021	Umbkoldega ahi	Halupuit	15.59	4.22	4.28	95.65	2773.61	0.58	55.51	2.71	6.66	71.70	46.74	45.03	
7.12.2021	Umbkoldega ahi	Halupuit	16.03	3.69	3.58	104.91	2986.64	0.63	50.80	2.72	6.53	174.92	87.84	86.56	
Keskmine			15.29	4.18	4.72	118.97	2847.21	0.56	59.56	3.84	9.46	92.63	50.34	49.32	
Mediaan			15.52	4.21	4.32	103.21	2761.62	0.57	53.15	2.61	6.60	69.72	42.73	41.39	
Standardhälve			0.69	0.29	1.33	43.71	872.44	0.06	32.70	3.18	8.21	48.83	22.17	22.05	



Tabel 18 Pilukoldega pliidi eriheited

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO2} , g/GJ	q _{CH4} , g/GJ	q _{N2O} , g/GJ	q _{NH3} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
11.10.2021	Pilukoldega pliit	Halupuit	16.80	4.31	4.99	158.30	2355.59	0.75	35.49	1.61	5.56	28.21	14.23	13.76	
12.10.2021	Pilukoldega pliit	Halupuit	17.09	3.67	4.00	146.57	2748.45	0.81	18.63	0.55	8.69	59.28	46.09	45.22	
2.11.2021	Pilukoldega pliit	Halupuit	16.75	3.30	4.31	132.85	1694.16	0.74	10.84	1.31	6.18	31.76	16.13	15.50	
3.11.2021	Pilukoldega pliit	Halupuit	16.60	3.36	4.09	130.10	1646.36	6.91	10.90	0.96	5.38	40.33	20.32	19.55	
4.11.2021	Pilukoldega pliit	Halupuit	16.95	3.30	4.05	146.73	1444.63	0.78	5.14	1.37	4.51	25.23	12.78	12.35	
5.11.2021	Pilukoldega pliit	Halupuit	16.61	3.37	4.02	122.47	1610.25	3.00	12.24	0.49	5.66	34.34	33.07	32.41	
Keskmine			16.80	3.55	4.24	139.50	1916.57	2.17	15.54	1.05	6.00	36.53	23.77	23.13	
Mediaan			16.78	3.36	4.07	139.71	1670.26	0.79	11.57	1.14	5.61	33.05	18.22	17.53	
Standardhälve			0.19	0.40	0.38	13.25	514.55	2.49	10.68	0.46	1.43	12.30	13.17	13.03	

Tabel 19 Restkoldega pliidi eriheited

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO2} , g/GJ	q _{CH4} , g/GJ	q _{N2O} , g/GJ	q _{NH3} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
11.11.2021	Restkoldega pliit	Halupuit	17.60	2.03	3.01	148.47	2225.27	0.93	45.65	0.64	2.50	54.00	48.07	45.56	
17.11.2021	Restkoldega pliit	Halupuit	17.55	2.03	2.80	115.46	2516.67	0.92	54.30	0.63	2.50	60.33	30.71	28.96	
18.11.2021	Restkoldega pliit	Halupuit	17.44	1.96	2.81	130.75	1944.36	0.89	46.62	0.61	1.47	99.93	50.43	48.48	
23.11.2021	Restkoldega pliit	Halupuit	17.20	2.21	2.89	114.23	1908.11	0.83	41.96	0.57	3.02	70.67	59.33	56.41	
24.11.2021	Restkoldega pliit	Halupuit	16.99	2.28	2.85	125.39	1885.50	0.79	40.31	0.54	2.33	63.62	49.78	46.91	
25.11.2021	Restkoldega pliit	Halupuit	16.50	2.58	3.27	113.29	1850.01	0.70	43.96	0.48	1.39	65.23	32.92	31.86	
Keskmine			17.21	2.18	2.94	124.60	2054.99	0.84	45.47	0.58	2.20	68.96	45.20	43.03	
Mediaan			17.32	2.12	2.87	120.43	1926.23	0.86	44.80	0.59	2.41	64.42	48.92	46.23	



Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	O ₂ , %	CO ₂ , %	H ₂ O, %	q _{NOx} , g/GJ	q _{CO} , g/GJ	q _{SO₂} , g/GJ	q _{CH₄} , g/GJ	q _{N₂O} , g/GJ	q _{NH₃} , g/GJ	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ	q _{b.c.} , mg/GJ
	Standardhälve		0.42	0.23	0.18	13.62	263.32	0.09	4.91	0.06	0.64	16.14	11.11	10.52	

2022 ja 2023 a. teostatud kondenseeruvate osakeste mõõtmistulemused on esitatud alljärgnevas tabelites.

Tabel 20 Ahja moodulahju kondenseeruvate osakeste eriheited

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ
02.11.2022	Ahja moodulahi	Halupuit	29.53	28.22	26.83
03.11.2022	Ahja moodulahi	Halupuit	35.00	32.68	30.18
09.11.2022	Ahja moodulahi	Halupuit	34.55	31.27	30.83
14.12.2022	Ahja moodulahi	Halupuit	19.45	18.22	16.99
15.12.2022	Ahja moodulahi	Halupuit	26.26	24.82	22.39
19.12.2022	Ahja moodulahi	Halupuit	23.20	22.66	21.91
03.01.2024 ⁴	Ahja moodulahi	Halupuit	17.65	18.34	17.84
04.01.2024	Ahja moodulahi	Halupuit	21.75	18.58	18.58

Tabel 21 Pilukoldega ahju kondenseeruvate osakeste eriheited

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ
04.01.2023	Pilukoldega ahi	Halupuit	58.42	56.39	54.36

⁴ Alates siit uuendatud lahjendustunneli tulemused



Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ
05.01.2023	Pilukoldega ahi	Halupuit	38.75	37.64	36.43
06.01.2023	Pilukoldega ahi	Halupuit	32.80	32.16	31.48
27.11.2023 ⁵	Pilukoldega ahi	Halupuit	44.97	42.47	39.21
28.11.2023	Pilukoldega ahi	Halupuit	42.28	44.37	40.83

Tabel 22 Restkoldega ahju kondenseeruvate osakeste eriheited

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ
23.11.2022	Restkoldega ahi	Halupuit	84.22	83.94	82.47
01.12.2022	Restkoldega ahi	Halupuit	83.18	82.47	80.81
05.12.2022	Restkoldega ahi	Halupuit	120.18	119.38	115.72
12.12.2022	Restkoldega ahi	Halupuit	44.00	39.75	38.71
10.01.2024 ⁶	Restkoldega ahi	Halupuit	103.90	87.93	87.00
11.01.2024	Restkoldega ahi	Halupuit	80.52	74.05	69.19

Tabel 23 Umbkoldega ahju kondenseeruvate osakeste eriheited

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ
---------	-----------	-------	------------------------------	-----------------------------	------------------------------

⁵ Alates siit uuendatud lahjendustunneli tulemused

⁶ Alates siit uuendatud lahjendustunneli tulemused



Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

21.12.2022	Umbkoldega ahi	Halupuit	114.19	114.02	112.64
22.12.2022	Umbkoldega ahi	Halupuit	143.91	143.49	141.86
23.12.2022	Umbkoldega ahi	Halupuit	168.26	166.23	164.31
04.01.2024 ⁷	Umbkoldega ahi	Halupuit	197.01	197.01	187.59
05.01.2024	Umbkoldega ahi	Halupuit	190.34	190.34	182.38

Tabel 24 Pilukoldega pliidi kondenseeruvate osakeste eriheid

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ
11.11.2022	Pilukoldega pliit	Halupuit	32.06	30.85	28.32
16.11.2022	Pilukoldega pliit	Halupuit	37.14	32.52	31.79
30.12.2022	Pilukoldega pliit	Halupuit	19.17	18.26	17.21
02.01.2023	Pilukoldega pliit	Halupuit	33.34	32.63	31.27
03.01.2023	Pilukoldega pliit	Halupuit	27.05	26.18	25.11
28.11.2023 ⁸	Pilukoldega pliit	Halupuit	48.62	47.62	40.97
01.12.2023	Pilukoldega pliit	Halupuit	52.47	52.47	52.47

Tabel 25 Restkoldega pliidi kondenseeruvate osakeste eriheid

Kuupäev	Ahju tüüp	Kütus	q _{PMsum} , g/GJ	q _{PM10} , g/GJ	q _{PM2.5} , g/GJ
---------	-----------	-------	------------------------------	-----------------------------	------------------------------

⁷ Alates siit uuendatud lahjendustunneli tulemused

⁸ Alates siit uuendatud lahjendustunneli tulemused



Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

27.12.2022	Restkoldega pliit	Halupuit	94.04	83.81	81.70
28.12.2022	Restkoldega pliit	Halupuit	91.95	90.70	88.19
29.12.2022	Restkoldega pliit	Halupuit	86.58	84.46	80.37
08.01.2024 ⁹	Restkoldega pliit	Halupuit	169.64	169.64	168.83
09.01.2024	Restkoldega pliit	Halupuit	98.49	91.25	86.45

⁹ Alates siit uuendatud lahjendustunneli tulemused



3 Kasvuhoonegaaside inventuuri andmetöötluskeskkonna arendamine (lõpp 2023)

Vastutav täitja: Hanna-Lii Kupri

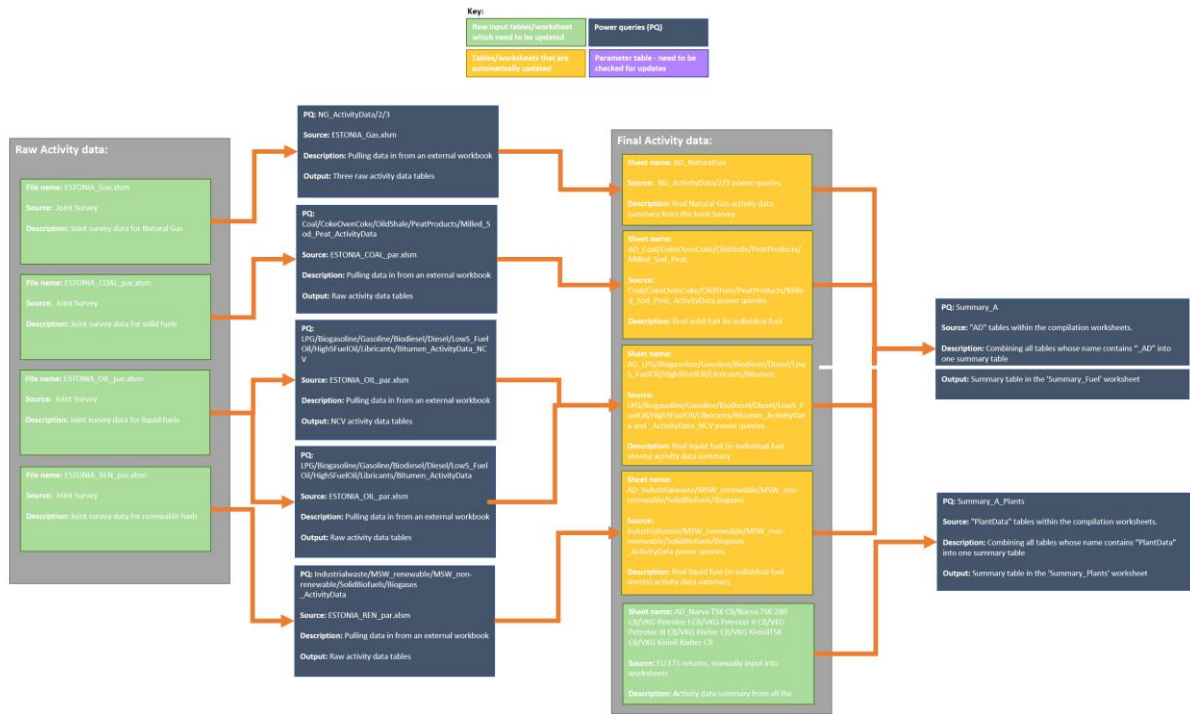
Kaastäitjad: Stanislav Štökov, Kelly Joa, Sirly-Ann Meriküll, Anette Iital, Reelika Mägi, Kristin Puusepp, Kadi Meltz, Helen Karu (KAUR), Eve Suursild (KAUR)

Eesti KHG andmetöötluskeskkonna loomisel kasutatakse universaalset lahendust eesmärgiga parandada andmete läbipaistvust, usaldusväärsust ja järjepidevust. Andmetöötluskeskkonna loomine võimaldab hallata arvukaid töötaabeleid, erinevas formaadis koondatud taustandmeid ja kvaliteedikontrolli taabeleid. Andmetöötluskeskkonna arendus katab kõiki KHG inventuuri sektoreid- energeetika (sh transport), tööstuslikud protsessid ja toodete kasutamine (IPPU), põllumajandus, maakasutus, maakasutus muutus ja metsandus (LULUCF) ja jäätmed.

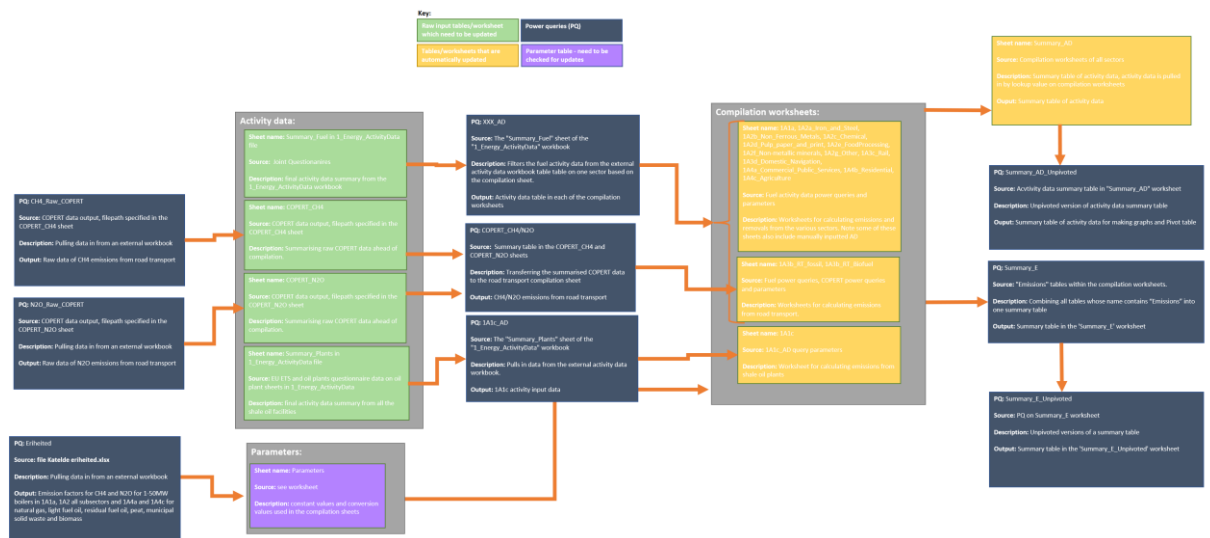
2020 a. korraldatud KHG andmetöötluskeskkonna arendamise hanke võitis inglise firma Aether - <https://www.aether-uk.com/>, kus tegeletakse muuhulgas KHG ja õhusaasteainete inventuuri ja prognoose puudutavate projektidega. Igapäevaseks suhtluseks on loodud eraldi keskkond Microsoft Teamsis, kus Eesti KHG inventuuri eksperdid saavad Aetheri meeskonnaga andmetöötluskeskkonna teemadel suhelda. 2021 ja 2022 aasta tööd toimusid vastavalt kokkulepitud ajakavale. Kõik sektoriaalsed andmetöötluskeskkonna vormid koos 2021. aasta inventuuri algandmetega (erandina kasutati IPPU andmetöötluskeskkonna põhjade loomiseks 2020 aasta inventuuri algandmeid) edastati EKUKile ja KAURile 2022 aastal. Lisaks edastati võtmekategooria analüüsi tegemiseks vajalikud vormid. Sektori ekspertidel oli võimalus vormidega tutvuda, teha valdkonna spetsiifilisi täiendusettepanekuid.

5 kuni 7 septembril 2022 a. toimus Eesti Keskkonnauuringute Keskuses andmetöötluskeskkonna kasutamise kõigi sektorite väljaõpe koos Aetheri vanemkonsultantide Rosie Brook ja Lucy Garlandiga.

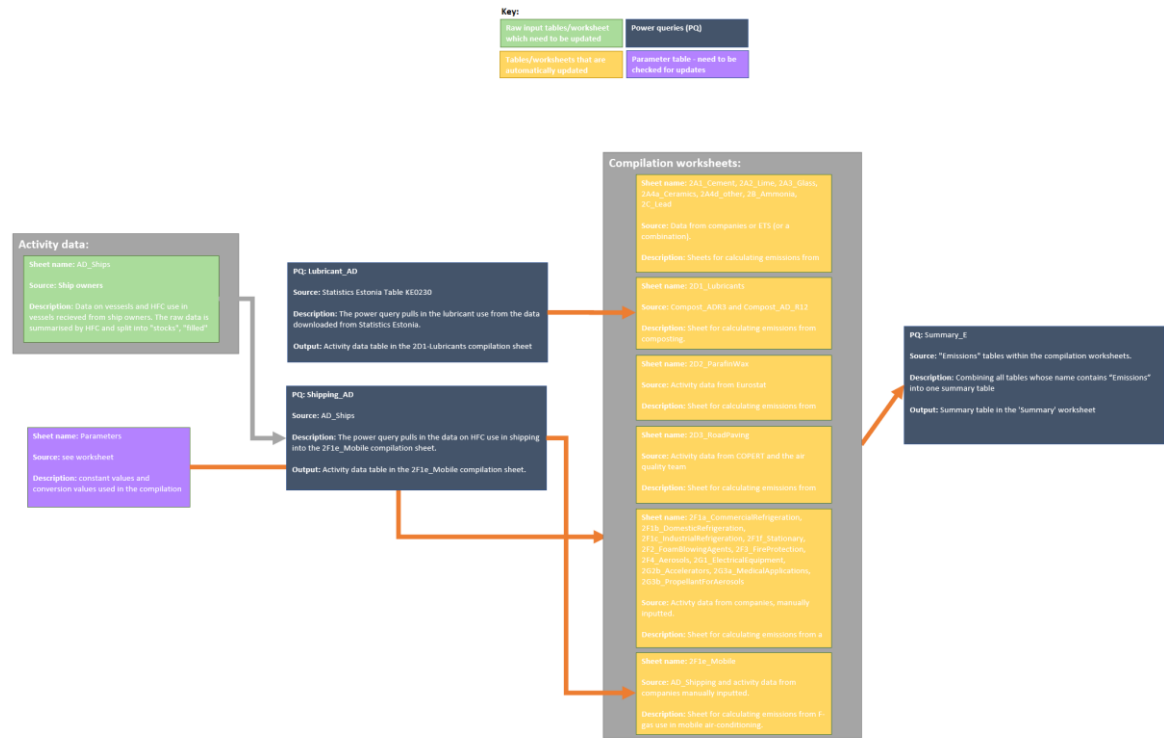
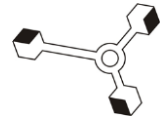
Põllumajanduse andmetöötluskeskkonna vormidega on töö olnud intensiivsem ning 2022 ja 2023 aasta inventuuri arvutused on tehtud täielikult uute vormidega. Teistes sektorites toimub etapiline üleminek uutele vormidele – eksperdid kasutavad paralleelselt vana arvutuskeskkonda ning uut andmetöötluskeskkonna vormi, et kontrollida uues andmetöötluskeskkonnas arvutatud tulemusi. Valminud sektoriaalsete andmetöötluskeskkonna andmevoog on toodud Joonis 28 -Joonis 35



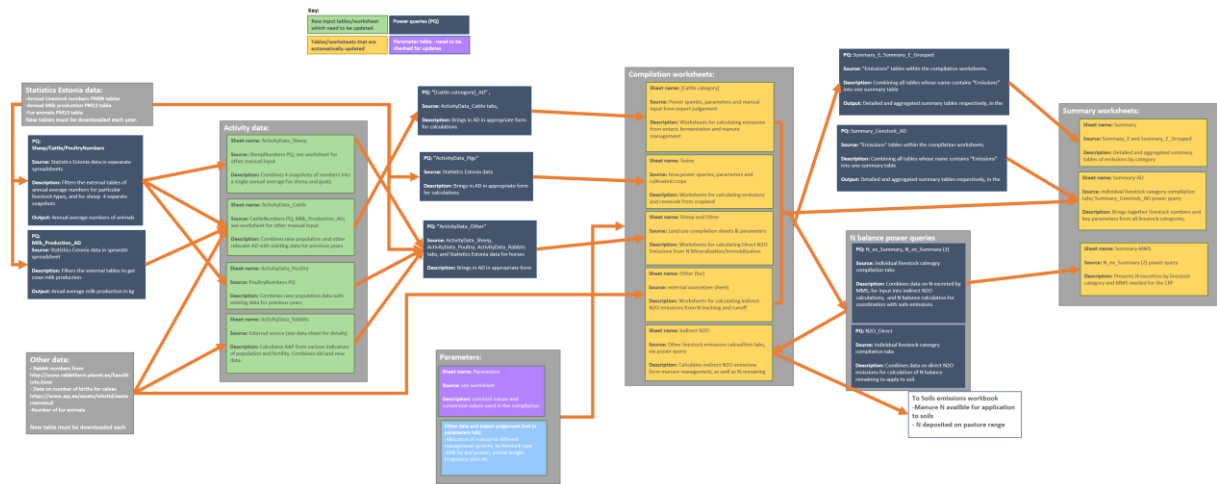
Joonis 28 Energeetika (sh transpordi) (1/2) sektori andmetötluskeskkonna ülesehitus



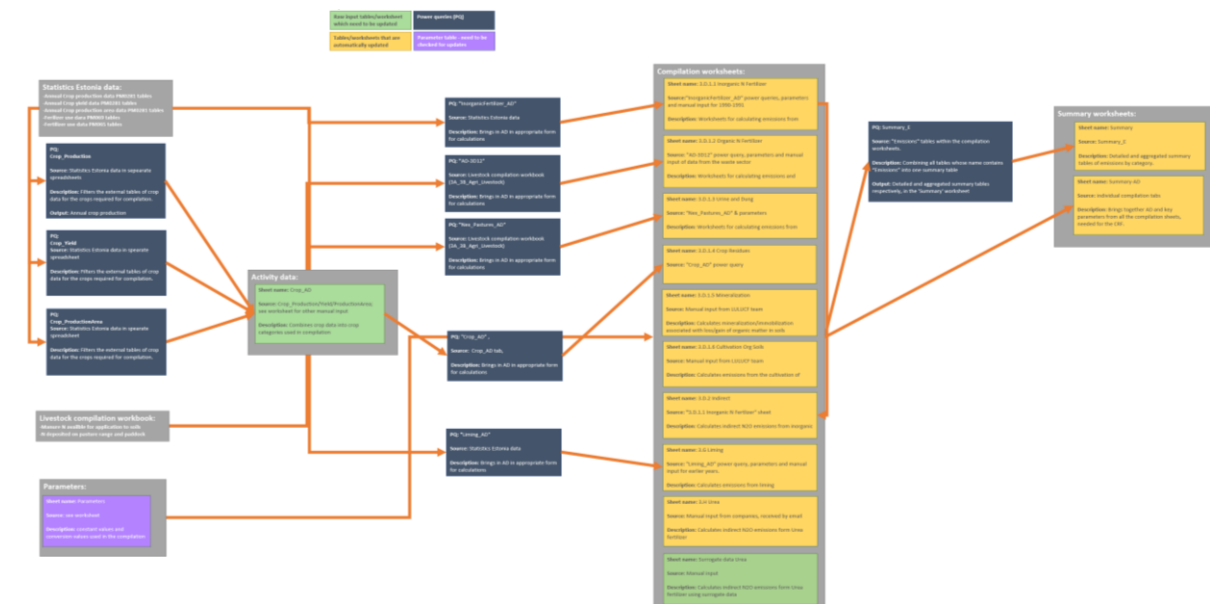
Joonis 29 Energeetika (sh transpordi) (2/2) sektori andmetötluskeskkonna ülesehitus



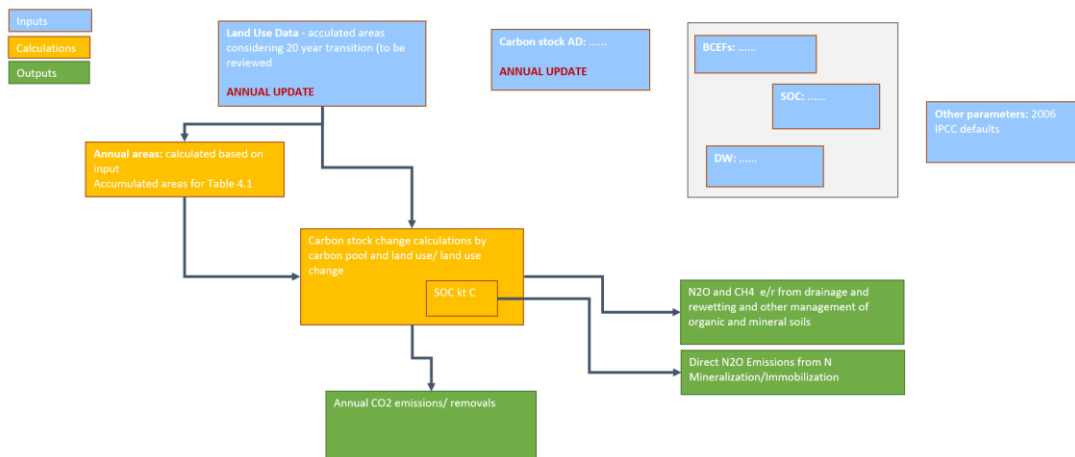
Joonis 30 Tööstuslike protsesside ja toodete kasutamise (IPPU) andmetöötluskeskkonna ülesehitus



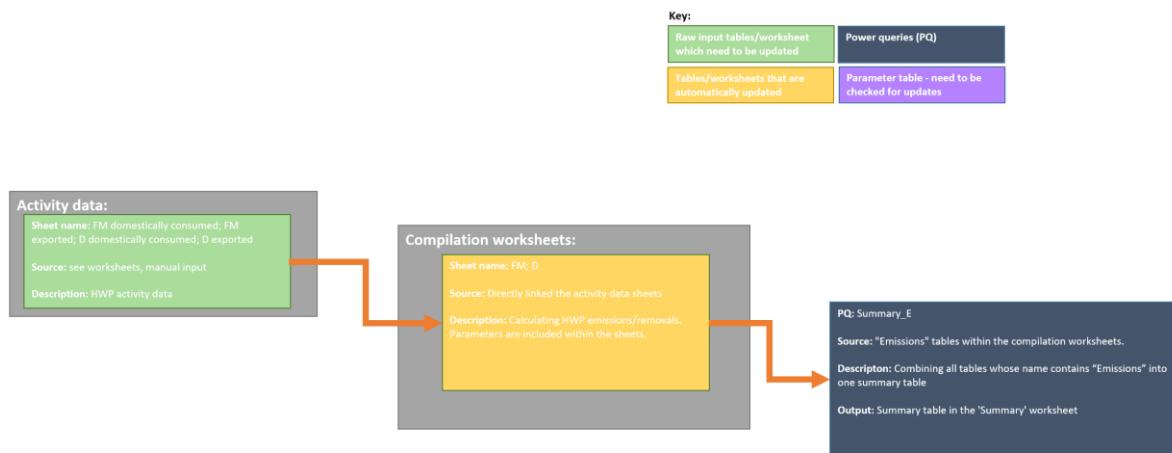
Joonis 31 Põllumajanduse sektori (1/2) andmetöötluskeskkonna ülesehitus



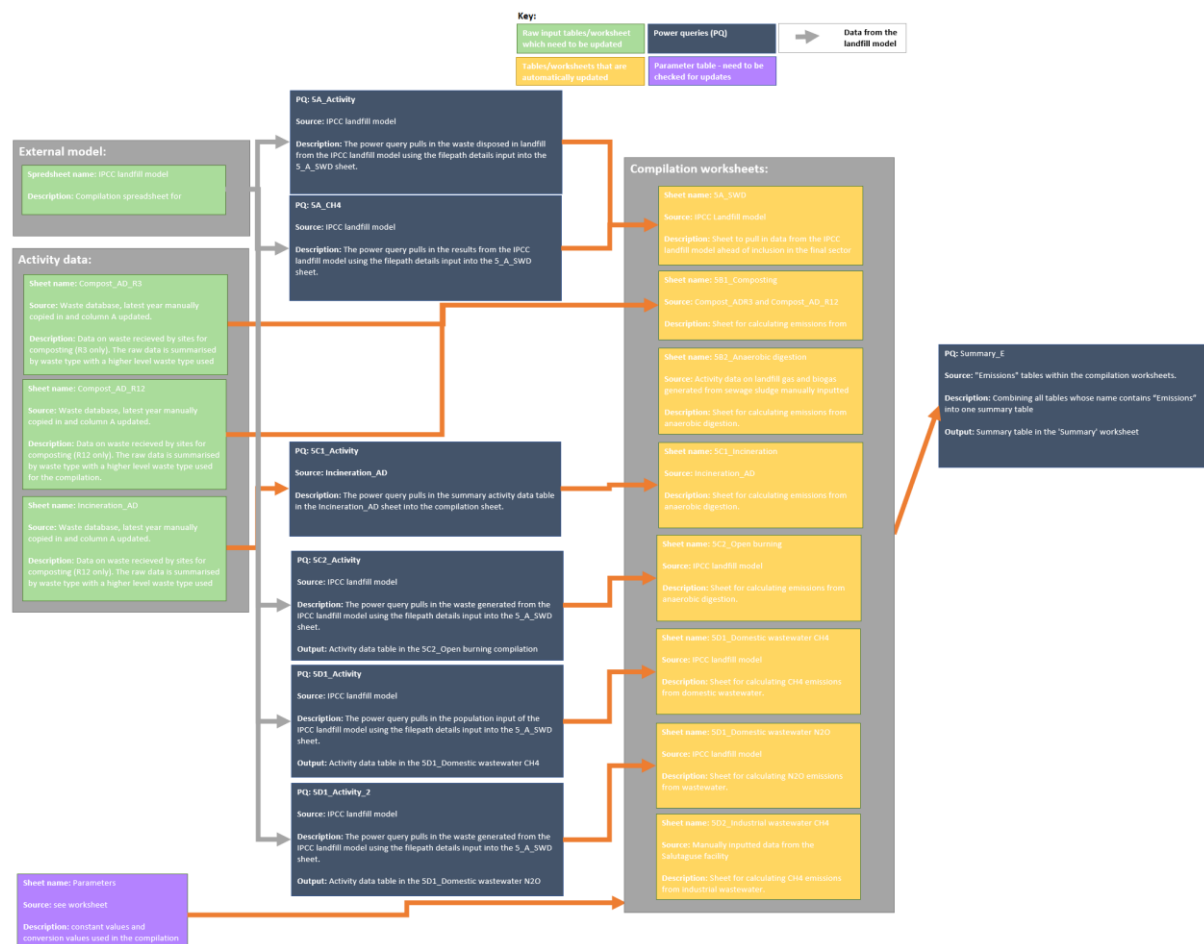
Joonis 32 Põllumajanduse sektori (2/2) andmetöötluskeskkonna ülesehitus



Joonis 33 Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse (LULUCF) sektori (1/3) andmetöötluskeskkonna ülesehitus



Joonis 34 Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse (LULUCF) sektori (2/3) andmetöötluskeskkonna ülesehitus



Joonis 35 Jätmesektori andmetöötluskeskkonna ülesehitus

2023. aastal jätkati KHG inventuuri ja prognooside infograafika veebilehe töödega. 2022 aastal valmis veebilehe testkeskkond <https://test.kasvuhoonegaasid.ee>, mis sisaldab 2021 KHG inventuuri informatsiooni inventuurist ning ülevaadet 2021 aastal esitatud prognoosidest.



Heitkoguste graafikuid saab interaktiivselt muuta valides erinevaid gaase, detailsuse astet ja sektoreid. Graafikutele on lisatud heitkoguse näitamise funktsionaalsus kui kursoriga graafikul liikuda. Palju tööd on toimunud arenduse taustsüsteemi poolel, et võimaldada kiiret informatsiooni avaldamist. Sisu valik ja ülesehitus on tehtud Keskkonnaministeeriumiga kokkulepitud vormis.

2022 aasta novembris oli olemas veebilehe inglise-eesti-venekeelne vaade, kuid kuna valmimas olid uued 2050 aasta KHG prognoosid, mille meediabriif toimus novembris siis pidi alustama veebilehe andmete uuendamist ning tekstitõlget.

2023 a. jätkati KHG inventuuride ja prognooside infograafika veebilehe www.kasvuhuonegaasid.ee töödega ning 2023 aasta jooksul oli veebileht valmis avaldamiseks koos uuendatud prognooside informatsiooniga. 2023 aastal uuendati KHG inventuuri vaadet 15.03.2023 Euroopa Komisjonile esitatud aruandega.



4 Transpordi valdkonna tegevused

Vastutav täitja: Stanislav Štökov, Kristin Puusepp

4.1 Transpordisektori KHG inventuuri Exceli arvutuste üleminek COPERTi mudelile arvutustele (lõpp 2021)

Vastutav täitja: Stanislav Štökov, Kristin Puusepp

EKUKi energiaenergia spetsialistid läbisid COPERTi mudeli (versioon 5.5.1) koolituse ja samuti osaleti 2021.a novembris Euroopa Keskkonnaameti korraldatavas iga-aastaselt COPERTi koolitusel, mida viis läbi EMISIA (COPERT mudeli looja ja haldaja). COPERTi mudel on nüüd EKUKis kasutusel. Lähitulevikus pidi EMISIA looma COPERT pilveversiooni, mis võimaldaks EKUKi ja KAURI kolleegidel hõlpsalt kasutada mudeli viimast versiooni ja kõige uuemaid andmeid, ilma et peaks eraldi andmevahetusega tegelema.

4.2 Teiste liikuvate heiteallikate heitkoguste arvutuspõhimõtete ülevaatamine (lõpp 2021)

Tegevuse eesmärk on teiste liikuvate heiteallikate tööstuses, põllumajanduses, kodumajapidamises jms CH₄, N₂O ja teiste välisõhku paisatavate saasteainete arvutusmetoodika üleminek Tier1-lt Tier3-le, et Eesti KHG ja õhusaasteainete inventuurides kajastatavate saasteainete heitkoguseid arvutada riigispetsiifiliste eriheiteteguritega ning täpsustada sektori ajaloolisi heitkoguseid.

Projekti esimeses etapis (2020. aastal) oli Maanteeameti sisendina välja arvutatud teiste liikuvate heiteallikate arvuline kogus ja eriheitetegurid sõidukitüüpide lõikes vahemikus 2005 – 2018. Projekti teises etapis (2021. aastal) valmis ülejäänud aegrida 1990-2004 ja aastad 2019-2020, millega saavutati tegevuse esialgne eesmärk, vt Tabel 26 ja Joonis 36. Edasistes tabelites ja joonistes on välja toodud liikurmasina liigi jagunemine heitmestandardite kaupa, summaarsed heitkogused ning kütuse tarbimine:

- Traktorid: Tabel 27, Tabel 28, Tabel 29, Tabel 30, Joonis 37, Joonis 38.
- Ekskavaatorid: Tabel 31, Tabel 32, Joonis 39.
- Kombainid: Tabel 33, Tabel 34, Joonis 40.
- Laadurid: Tabel 35, Tabel 36, Joonis 41.
- Metsatöömashinad: Tabel 37, Tabel 38, Joonis 42.
- Sihtsotstarbelised: Tabel 39, Tabel 40, Tabel 41, Tabel 42, Joonis 43, Joonis 44.
- Teetöömashinad: Tabel 43, Tabel 44, Joonis 45.

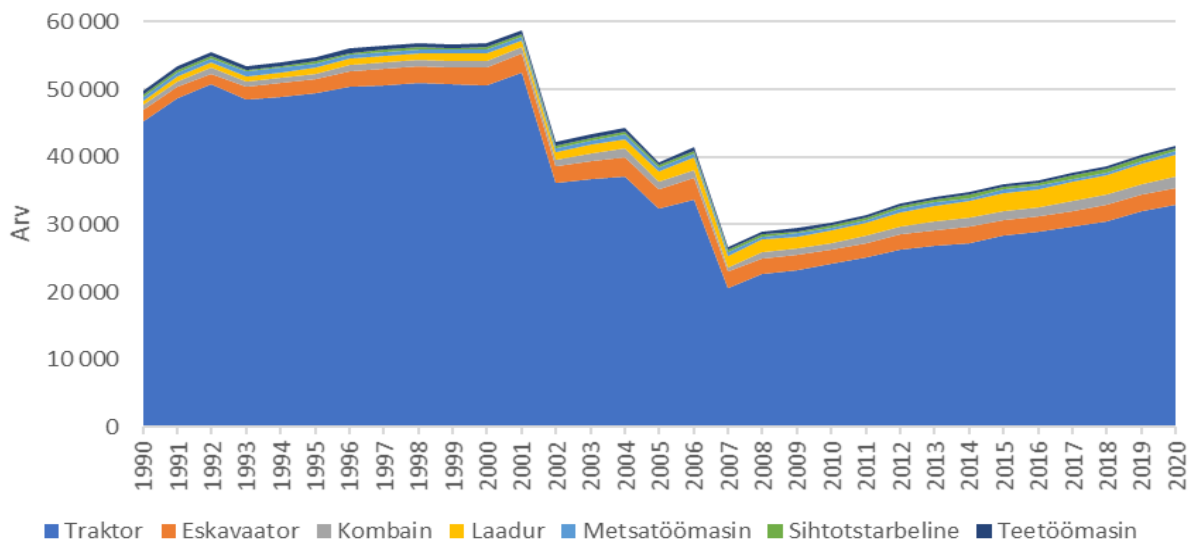
Esialgsete arvutustulemuste põhjal väheneb traktorite, metsatöömashinate ja kombainide CH₄ eriheide 41.9% (2.41 kg/TJ) ja N₂O 89.6% (2.98 kg/TJ) võrreldes praegu kasutatavate eriheidetega Eesti KHG inventuuris (CH₄ 4.15 kg/TJ ja N₂O 28.6 kg/TJ) ja ekskavaatorite, laadurite ning teetöömashinate CH₄ eriheide väheneb 70.7% (0.88 kg/TJ) ja N₂O suureneb 428%



(3.17 kg/TJ) võrreldes praegu kasutatavate IPCC vaikeväärtustega Eesti KHG inventuuris (CH₄ 3 kg/TJ ja N₂O 0.6 kg/TJ). Tulemusena näiteks väheneks KHG inventuuris liikurmasinate arvelt KHG heitkogus ligikaudu 29.3 ktCO₂ ekv 2018.aastal (liikurmasinad kuuluvad ESR alla).

Tabel 26 Liikuvate heiteallikate arv sõidukitüüpide lõikes 1990 – 2020, tk

Masina liik	Traktor	Ekskavaator	Kombain	Laadur	Metsatöomasin	Sihtotstarbeline	Teetöomasin
1990	45 193	1 695	780	650	650	290	600
1991	48 649	1 740	797	700	645	294	598
1992	50 762	1 621	814	740	640	298	596
1993	48 426	1 946	831	780	635	302	594
1994	48 826	2 053	848	820	630	306	592
1995	49 387	2 136	865	860	625	310	590
1996	50 398	2 298	882	900	620	314	588
1997	50 607	2 440	899	940	615	318	586
1998	50 908	2 535	916	980	610	322	584
1999	50 726	2 581	933	1 000	605	326	582
2000	50 624	2 690	950	1 040	600	330	580
2001	52 441	2 809	962	1 080	595	334	578
2002	36 072	2 589	992	1 110	595	338	578
2003	36 697	2 762	1 064	1 266	651	342	592
2004	37 178	2 857	1 196	1 423	659	346	589
2005	32 281	2 885	1 134	1 480	588	350	518
2006	33 744	3 167	1 235	1 755	612	354	539
2007	20 591	2 368	753	1 692	496	358	412
2008	22 718	2 202	977	1 807	493	362	397
2009	23 328	2 154	941	1 774	469	366	398
2010	24 163	2 101	986	1 803	501	384	388
2011	25 124	2 130	1 028	1 905	527	389	386
2012	26 262	2 239	1 132	2 144	555	392	403
2013	26 805	2 331	1 241	2 359	558	392	404
2014	27 299	2 360	1 276	2 477	552	403	406
2015	28 360	2 332	1 353	2 558	544	404	410
2016	28 886	2 350	1 363	2 611	541	410	415
2017	29 687	2 346	1 471	2 763	513	421	410
2018	30 513	2 362	1 532	2 845	492	434	411
2019	31 909	2 441	1 571	3 025	515	450	422
2020	32 967	2 520	1 610	3 204	537	465	433



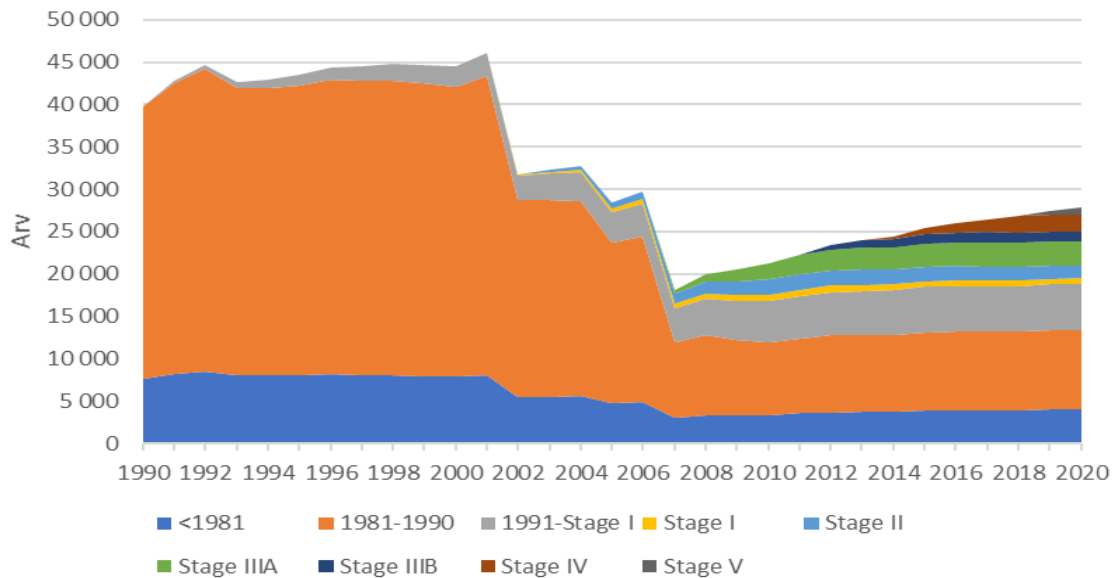
Joonis 36 Liikuvate heiteallikate arv sõidukitüüpide lõikes 1990 – 2020, tk

Tabel 27 Traktorite jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk

Diisel	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
1990	7 679	32 091							
1991	8 194	34 375	242						
1992	8 474	35 713	484						
1993	8 012	33 877	726						
1994	8 005	33 994	968						
1995	8 023	34 228	1 210						
1996	8 112	34 786	1 452						
1997	8 070	34 770	1 694						
1998	8 042	34 821	1 936						
1999	7 937	34 524	2 178						
2000	7 846	34 283	2 420						
2001	8 049	35 362	2 662	75					
2002	5 483	23 206	2 904	150					
2003	5 523	23 173	3 146	225	226				
2004	5 540	23 037	3 388	300	452				
2005	4 762	18 962	3 630	375	678				
2006	4 927	19 542	3 872	450	904				
2007	2 976	8 903	4 114	525	1 130	472			
2008	3 249	9 487	4 356	600	1 356	944			
2009	3 302	8 956	4 598	675	1 582	1 416			
2010	3 366	8 600	4 849	750	1 807	1 886			
2011	3 537	8 849	5 019	746	1 800	2 297			
2012	3 654	9 060	5 146	735	1 791	2 487	545		
2013	3 693	9 110	5 194	730	1 781	2 553	909		
2014	3 693	9 110	5 228	730	1 781	2 630	923	369	
2015	3 843	9 266	5 344	712	1 700	2 696	1 206	717	
2016	3 872	9 272	5 384	705	1 663	2 755	1 224	1 103	
2017	3 894	9 260	5 407	698	1 603	2 835	1 242	1 545	
2018	3 897	9 256	5 427	692	1 566	2 817	1 233	1 963	



Diiseli	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
2019	3 958	9 333	5 464	688	1 557	2 803	1 218	1 961	497
2020	3 981	9 354	5 486	680	1 528	2 777	1 197	1 935	965



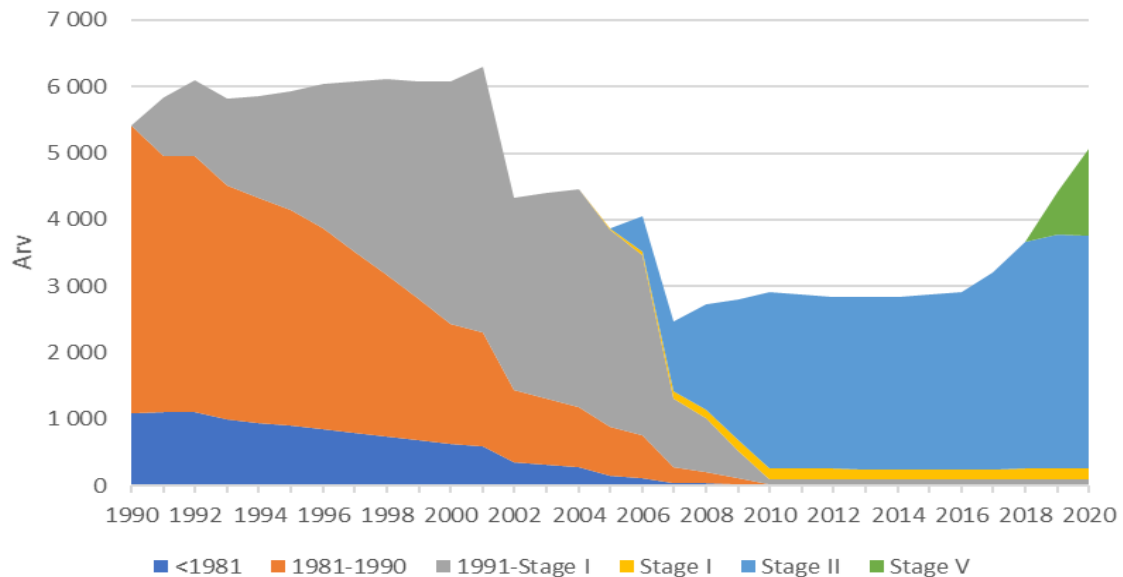
Joonis 37 Traktorite jagunemine heitmestandardite kaupa, diiseli tk

Tabel 28 Traktorite jagunemine heitmestandardite kaupa, bensiini tk

Bensiini	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage V
1990	1 085	4 338				
1991	1 111	3 851	876			
1992	1 100	3 849	1 142			
1993	993	3 511	1 307			
1994	944	3 377	1 538			
1995	897	3 251	1 778			
1996	857	3 014	2 177			
1997	801	2 721	2 551			
1998	747	2 430	2 932			
1999	685	2 115	3 287			
2000	625	1 805	3 645			
2001	586	1 717	3 990			
2002	361	1 076	2 892			
2003	324	988	3 092			
2004	286	892	3 283			
2005	154	730	2 958	32		
2006	104	656	2 695	64	530	
2007	39	237	1 039	96	1 060	
2008	31	171	806	128	1 590	
2009	16	88	415	160	2 120	
2010	3	16	77	160	2 649	
2011	3	16	76	158	2 623	
2012	4	16	75	156	2 593	
2013	4	16	75	155	2 585	
2014	4	16	75	155	2 585	



Bensiin	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage V
2015	4	14	75	155	2 628	
2016	5	14	75	155	2 659	
2017	6	14	75	155	2 953	
2018	6	14	75	156	3 411	
2019	6	14	77	160	3 512	661
2020	6	14	77	159	3 496	1 312



Joonis 38 Traktorite jagunemine heitmestandardite kaupa, bensiin tk

Tabel 29 Traktorite heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diisel kilotonni

Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
1990	0.98	0.20	0.00	0.49	0.00	0.0002	0.13	0.07	27.03
1991	1.06	0.22	0.01	0.53	0.00	0.0002	0.14	0.08	29.12
1992	1.11	0.23	0.01	0.55	0.00	0.0002	0.14	0.08	30.41
1993	1.05	0.22	0.01	0.52	0.00	0.0002	0.14	0.07	28.80
1994	1.06	0.22	0.01	0.53	0.00	0.0002	0.14	0.07	29.05
1995	1.08	0.22	0.01	0.53	0.00	0.0002	0.14	0.08	29.40
1996	1.10	0.22	0.01	0.54	0.00	0.0002	0.14	0.08	30.02
1997	1.11	0.22	0.01	0.55	0.00	0.0002	0.14	0.08	30.16
1998	1.10	0.22	0.01	0.55	0.00	0.0002	0.14	0.08	30.09
1999	1.10	0.22	0.01	0.54	0.00	0.0002	0.14	0.08	29.99
2000	1.10	0.22	0.01	0.54	0.00	0.0002	0.14	0.08	29.95
2001	1.14	0.23	0.01	0.56	0.00	0.0002	0.14	0.08	31.05
2002	0.79	0.16	0.00	0.39	0.00	0.0002	0.10	0.05	21.40
2003	0.80	0.16	0.00	0.39	0.00	0.0002	0.10	0.05	21.69
2004	0.81	0.16	0.00	0.39	0.00	0.0002	0.10	0.05	22.11
2005	0.71	0.14	0.00	0.34	0.00	0.0001	0.08	0.05	19.37
2006	0.74	0.14	0.00	0.35	0.00	0.0001	0.09	0.05	20.37
2007	0.46	0.08	0.00	0.21	0.00	0.0001	0.05	0.03	13.12
2008	0.50	0.09	0.00	0.23	0.00	0.0001	0.05	0.03	14.81
2009	0.51	0.09	0.00	0.23	0.00	0.0001	0.05	0.03	15.57
2010	0.54	0.09	0.00	0.24	0.00	0.0001	0.05	0.03	17.37



Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
2011	0.57	0.09	0.00	0.26	0.00	0.0001	0.06	0.03	19.14
2012	0.61	0.10	0.00	0.28	0.00	0.0002	0.06	0.03	22.11
2013	0.63	0.10	0.00	0.29	0.00	0.0002	0.06	0.03	24.20
2014	0.63	0.10	0.00	0.31	0.00	0.0002	0.06	0.03	26.58
2015	0.65	0.10	0.00	0.33	0.00	0.0002	0.06	0.03	30.43
2016	0.66	0.11	0.00	0.35	0.00	0.0003	0.06	0.04	33.52
2017	0.67	0.11	0.00	0.38	0.01	0.0003	0.06	0.04	37.46
2018	0.67	0.11	0.00	0.40	0.01	0.0003	0.06	0.04	41.19
2019	0.68	0.11	0.00	0.42	0.01	0.0003	0.06	0.04	44.59
2020	0.69	0.12	0.00	0.45	0.01	0.0004	0.06	0.04	47.86

Tabel 30 Traktorite heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, bensiin kilotonni

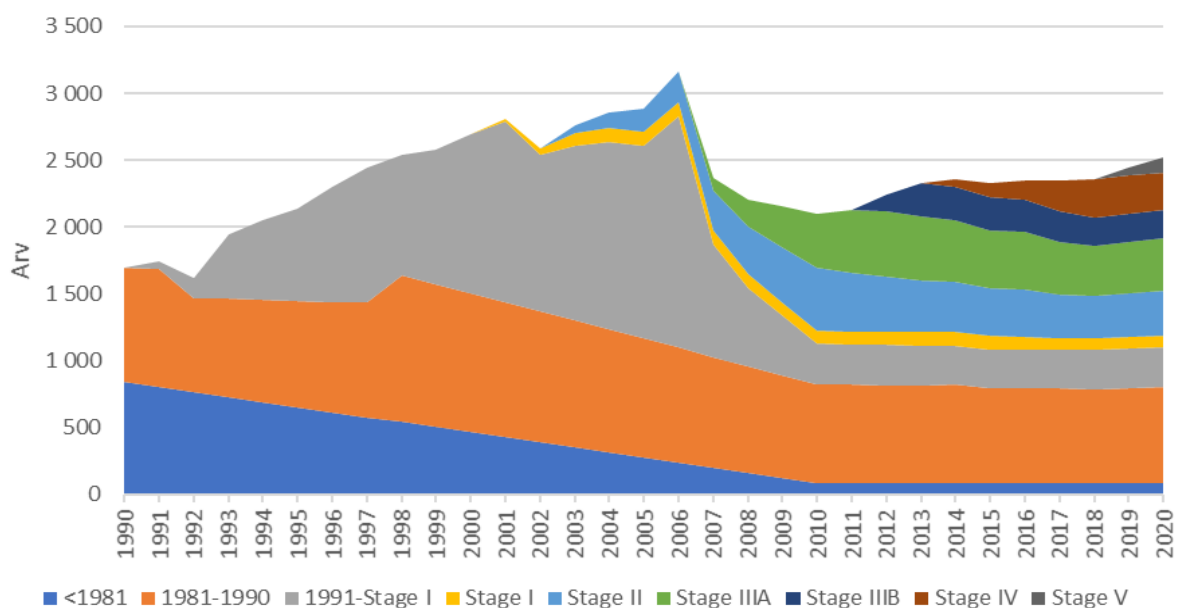
Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
1990	0.02	0.08	0.003	4.54	0.00	0.00002	0.0006	0.00003	4.24
1991	0.02	0.08	0.003	4.64	0.00	0.00002	0.0007	0.00003	4.43
1992	0.02	0.09	0.003	4.78	0.00	0.00002	0.0007	0.00004	4.59
1993	0.02	0.08	0.003	4.50	0.00	0.00002	0.0007	0.00003	4.35
1994	0.02	0.08	0.003	4.47	0.00	0.00002	0.0007	0.00003	4.36
1995	0.02	0.08	0.003	4.47	0.00	0.00002	0.0007	0.00003	4.38
1996	0.02	0.08	0.003	4.46	0.00	0.00002	0.0007	0.00003	4.42
1997	0.02	0.08	0.003	4.38	0.00	0.00002	0.0007	0.00003	4.39
1998	0.02	0.08	0.003	4.30	0.00	0.00002	0.0007	0.00003	4.37
1999	0.02	0.08	0.003	4.18	0.00	0.00002	0.0007	0.00003	4.30
2000	0.02	0.07	0.003	4.08	0.00	0.00002	0.0007	0.00003	4.24
2001	0.02	0.08	0.003	4.16	0.00	0.00002	0.0007	0.00003	4.37
2002	0.01	0.05	0.002	2.83	0.00	0.00001	0.0005	0.00002	2.99
2003	0.02	0.05	0.002	2.83	0.00	0.00001	0.0005	0.00002	3.02
2004	0.02	0.05	0.002	2.83	0.00	0.00001	0.0005	0.00002	3.04
2005	0.01	0.04	0.002	2.43	0.00	0.00001	0.0004	0.00002	2.64
2006	0.01	0.05	0.002	2.57	0.00	0.00001	0.0005	0.00002	2.82
2007	0.01	0.03	0.001	1.63	0.00	0.00001	0.0003	0.00001	1.81
2008	0.01	0.03	0.001	1.84	0.00	0.00001	0.0003	0.00002	2.05
2009	0.01	0.03	0.001	1.93	0.00	0.00001	0.0004	0.00002	2.17
2010	0.01	0.04	0.001	2.32	0.00	0.00001	0.0004	0.00002	2.61
2011	0.01	0.04	0.001	2.30	0.00	0.00001	0.0004	0.00002	2.59
2012	0.01	0.04	0.001	2.28	0.00	0.00001	0.0004	0.00002	2.57
2013	0.01	0.04	0.001	2.27	0.00	0.00001	0.0004	0.00002	2.56
2014	0.01	0.04	0.001	2.27	0.00	0.00001	0.0004	0.00002	2.56
2015	0.01	0.04	0.001	2.34	0.00	0.00001	0.0004	0.00002	2.65
2016	0.02	0.04	0.001	2.40	0.00	0.00001	0.0004	0.00002	2.72
2017	0.02	0.05	0.002	3.13	0.00	0.00001	0.0006	0.00003	3.56
2018	0.03	0.08	0.003	4.65	0.00	0.00002	0.0009	0.00004	5.28
2019	0.04	0.12	0.004	7.26	0.00	0.00003	0.0013	0.00007	8.20
2020	0.05	0.15	0.005	9.56	0.00	0.00004	0.0018	0.00009	10.78

Tabel 31 Eskavaatorite jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk

Diisel	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
1990	845	850							
1991	807	881	52						



Diisel	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
1992	769	700	152						
1993	731	731	484						
1994	693	762	598						
1995	655	793	688						
1996	617	824	857						
1997	579	855	1006						
1998	541	1100	894						
1999	503	1070	1008						
2000	465	1040	1185						
2001	427	1010	1347	25					
2002	389	980	1170	50					
2003	351	950	1302	100	59				
2004	313	920	1406	100	118				
2005	275	890	1443	100	177				
2006	237	860	1734	100	236				
2007	199	830	843	100	295	101			
2008	161	800	585	100	354	202			
2009	123	770	445	100	413	303			
2010	84	737	309	100	469	402			
2011	87	733	303	95	437	475			
2012	87	731	303	98	406	490	124		
2013	84	731	297	100	389	479	251		
2014	84	735	295	101	373	463	253	56	
2015	82	717	288	97	354	437	248	109	
2016	84	712	289	95	349	431	248	142	
2017	84	709	286	87	330	395	228	227	
2018	84	705	289	86	318	373	218	289	
2019	85	710	295	89	325	384	213	284	58
2020	86	715	300	91	332	395	207	278	116



Joonis 39 Ekskavaatorite jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk

**Tabel 32** Ekskavaatorite heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diisel kilotonni

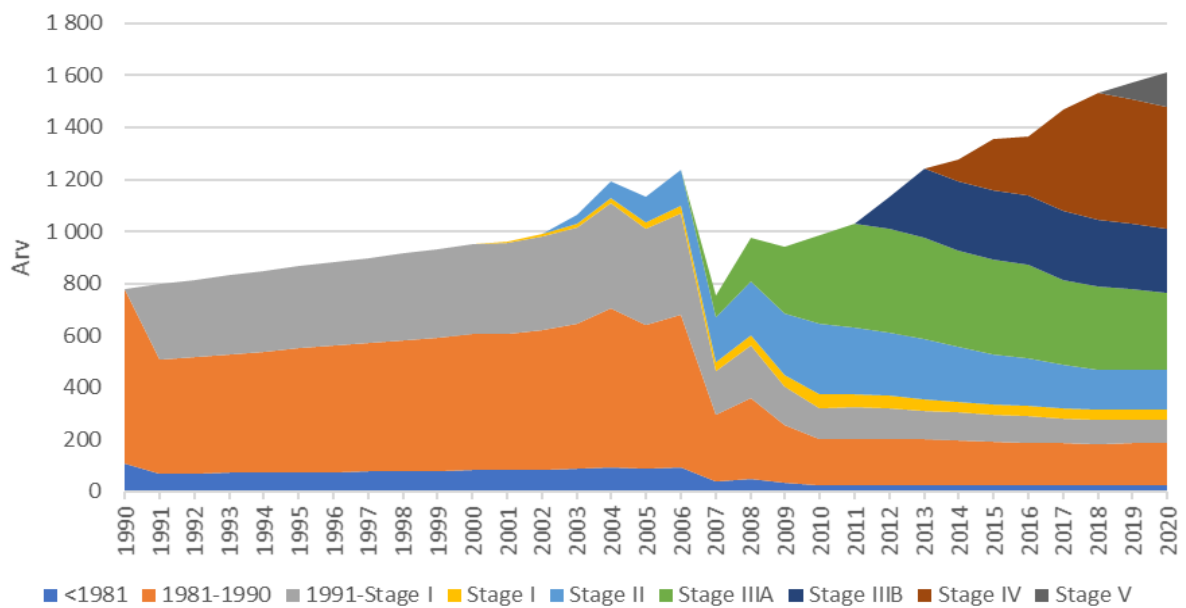
Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
1990	0.01	0.003	0.0001	0.01	0.0000	0.000002	0.002	0.001	0.34
1991	0.01	0.003	0.0001	0.01	0.0000	0.000003	0.002	0.001	0.36
1992	0.01	0.003	0.0001	0.01	0.0000	0.000003	0.002	0.001	0.35
1993	0.02	0.003	0.0001	0.01	0.0001	0.000003	0.002	0.001	0.47
1994	0.02	0.003	0.0001	0.01	0.0001	0.000004	0.002	0.001	0.51
1995	0.02	0.004	0.0001	0.01	0.0001	0.000004	0.002	0.001	0.54
1996	0.02	0.004	0.0001	0.01	0.0001	0.000004	0.002	0.001	0.60
1997	0.03	0.004	0.0001	0.01	0.0001	0.000005	0.002	0.001	0.65
1998	0.02	0.004	0.0001	0.01	0.0001	0.000005	0.003	0.001	0.65
1999	0.03	0.004	0.0001	0.01	0.0001	0.000005	0.003	0.001	0.68
2000	0.03	0.005	0.0001	0.01	0.0001	0.000005	0.003	0.001	0.73
2001	0.03	0.005	0.0001	0.01	0.0001	0.000006	0.003	0.002	0.80
2002	0.03	0.004	0.0001	0.01	0.0001	0.000006	0.003	0.001	0.74
2003	0.03	0.005	0.0001	0.01	0.0001	0.000007	0.003	0.002	0.89
2004	0.04	0.005	0.0001	0.01	0.0001	0.000007	0.003	0.002	0.98
2005	0.04	0.005	0.0001	0.02	0.0001	0.000008	0.003	0.002	1.04
2006	0.04	0.006	0.0001	0.02	0.0002	0.000009	0.003	0.002	1.20
2007	0.03	0.004	0.0001	0.01	0.0001	0.000008	0.002	0.001	1.07
2008	0.03	0.004	0.0001	0.01	0.0002	0.000009	0.002	0.001	1.17
2009	0.03	0.004	0.0001	0.01	0.0002	0.000010	0.002	0.001	1.30
2010	0.03	0.004	0.0001	0.01	0.0002	0.000011	0.002	0.001	1.45
2011	0.03	0.004	0.0001	0.01	0.0002	0.000012	0.002	0.001	1.52
2012	0.04	0.004	0.0001	0.02	0.0002	0.000013	0.002	0.001	1.72
2013	0.04	0.004	0.0001	0.02	0.0003	0.000015	0.002	0.001	1.91
2014	0.04	0.004	0.0001	0.02	0.0003	0.000015	0.002	0.001	1.97
2015	0.04	0.004	0.0001	0.02	0.0003	0.000015	0.002	0.001	2.01
2016	0.04	0.004	0.0001	0.02	0.0003	0.000016	0.002	0.001	2.06
2017	0.03	0.004	0.0001	0.02	0.0003	0.000016	0.002	0.001	2.13
2018	0.03	0.004	0.0001	0.02	0.0003	0.000017	0.002	0.001	2.21
2019	0.03	0.004	0.0001	0.02	0.0003	0.000018	0.002	0.001	2.35
2020	0.03	0.004	0.0001	0.02	0.0003	0.000019	0.002	0.001	2.50

Tabel 33 Kombainide jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk

Diisel	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
1990	109	671							
1991	68	438	291						
1992	69	448	297						
1993	71	457	303						
1994	72	466	310						
1995	74	476	316						
1996	75	485	322						
1997	76	494	328						
1998	78	504	334						
1999	79	513	341						
2000	81	523	347						
2001	81	526	349	5					
2002	83	540	358	10					
2003	86	558	370	15	34				



Diiseli	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
2004	94	609	404	20	68				
2005	86	554	368	25	102				
2006	91	588	390	30	136				
2007	39	255	169	35	170	85			
2008	48	310	205	40	204	170			
2009	34	222	147	45	238	255			
2010	24	180	118	51	273	340			
2011	23	181	119	49	259	397			
2012	24	180	115	48	244	399	122		
2013	25	177	109	45	232	390	263		
2014	26	171	109	40	209	373	264	84	
2015	25	166	102	40	193	365	266	196	
2016	24	165	101	40	184	358	267	224	
2017	24	161	95	39	171	325	263	393	
2018	25	159	92	39	154	319	257	487	
2019	25	160	93	39	152	310	250	478	67
2020	25	160	93	38	150	300	242	469	133



Joonis 40 Kombainide jagunemine heitmestandardite kaupa, diiseli tk

Tabel 34 Kombainide heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diiseli kilotonni

Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
1990	0.02	0.002	0.0000	0.00	0.0000	0.000003	0.001	0.001	0.35
1991	0.02	0.002	0.0000	0.01	0.0001	0.000004	0.001	0.001	0.48
1992	0.02	0.002	0.0000	0.01	0.0001	0.000004	0.001	0.001	0.49
1993	0.02	0.002	0.0000	0.01	0.0001	0.000004	0.001	0.001	0.50
1994	0.02	0.002	0.0000	0.01	0.0001	0.000004	0.001	0.001	0.51
1995	0.02	0.002	0.0000	0.01	0.0001	0.000004	0.001	0.001	0.52
1996	0.02	0.002	0.0000	0.01	0.0001	0.000004	0.001	0.001	0.53
1997	0.02	0.002	0.0001	0.01	0.0001	0.000004	0.001	0.001	0.54



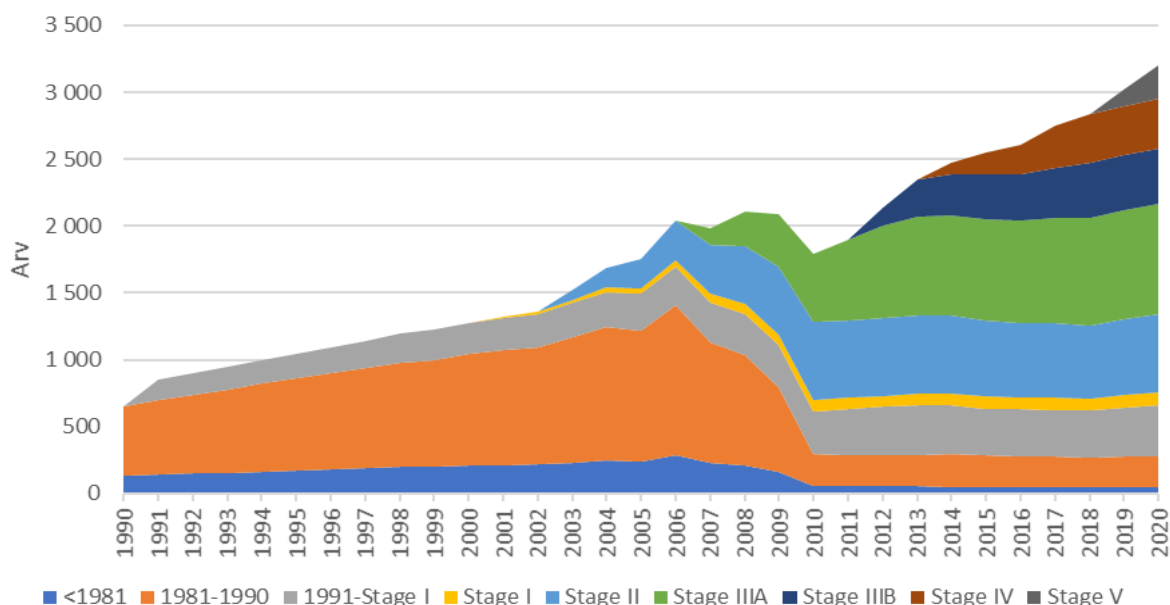
Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
1998	0.02	0.002	0.0001	0.01	0.0001	0.000004	0.001	0.001	0.55
1999	0.03	0.002	0.0001	0.01	0.0001	0.000004	0.001	0.001	0.56
2000	0.03	0.002	0.0001	0.01	0.0001	0.000004	0.001	0.001	0.57
2001	0.03	0.002	0.0001	0.01	0.0001	0.000005	0.001	0.001	0.59
2002	0.03	0.002	0.0001	0.01	0.0001	0.000005	0.002	0.001	0.62
2003	0.03	0.003	0.0001	0.01	0.0001	0.000006	0.002	0.001	0.75
2004	0.04	0.003	0.0001	0.01	0.0001	0.000007	0.002	0.001	0.93
2005	0.04	0.003	0.0001	0.01	0.0001	0.000008	0.002	0.001	0.98
2006	0.04	0.003	0.0001	0.01	0.0002	0.000009	0.002	0.001	1.14
2007	0.03	0.002	0.0001	0.01	0.0002	0.000009	0.001	0.001	1.20
2008	0.04	0.003	0.0001	0.01	0.0002	0.000013	0.001	0.001	1.67
2009	0.04	0.003	0.0001	0.01	0.0003	0.000016	0.001	0.001	2.00
2010	0.05	0.003	0.0001	0.02	0.0003	0.000018	0.001	0.001	2.32
2011	0.05	0.004	0.0001	0.02	0.0004	0.000020	0.002	0.001	2.56
2012	0.05	0.004	0.0001	0.02	0.0004	0.000025	0.002	0.001	3.15
2013	0.06	0.004	0.0001	0.02	0.0005	0.000031	0.002	0.001	3.83
2014	0.05	0.004	0.0001	0.03	0.0006	0.000034	0.002	0.001	4.23
2015	0.05	0.005	0.0001	0.03	0.0007	0.000039	0.002	0.001	4.90
2016	0.05	0.005	0.0001	0.03	0.0007	0.000041	0.002	0.001	5.08
2017	0.05	0.005	0.0001	0.04	0.0009	0.000049	0.002	0.001	6.18
2018	0.05	0.005	0.0001	0.04	0.0010	0.000055	0.002	0.001	6.83
2019	0.05	0.005	0.0001	0.04	0.0010	0.000058	0.002	0.001	7.26
2020	0.05	0.006	0.0001	0.05	0.0011	0.000061	0.002	0.001	7.69

Tabel 35 Laadurite jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk

Diisel	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
1990	130	520							
1991	140	560	150						
1992	148	592	159						
1993	156	624	168						
1994	164	656	177						
1995	172	688	186						
1996	180	720	195						
1997	188	752	204						
1998	196	784	213						
1999	200	800	222						
2000	208	832	231						
2001	214	857	240	9					
2002	218	874	249	18					
2003	233	933	258	27	73				
2004	248	993	267	36	146				
2005	243	973	276	45	219				
2006	282	1127	285	54	292				
2007	227	908	294	63	365	129			
2008	208	831	303	72	438	258			
2009	159	636	312	81	511	387			
2010	57	235	322	86	581	515			
2011	54	237	338	86	579	604			
2012	54	236	359	83	579	693	132		
2013	53	238	369	88	588	738	277		



Diiseli	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
2014	51	241	368	88	585	748	301	87	
2015	49	233	353	89	570	759	333	164	
2016	49	230	352	86	561	767	342	216	
2017	48	225	352	92	557	788	371	322	
2018	47	220	355	89	547	803	407	369	
2019	48	225	369	93	566	814	411	370	123
2020	48	230	383	97	585	824	415	370	245



Joonis 41 Laadurite jagunemine heitstandardite kaupa, diiseli tk

Tabel 36 Laadurite heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diiseli kilotonni

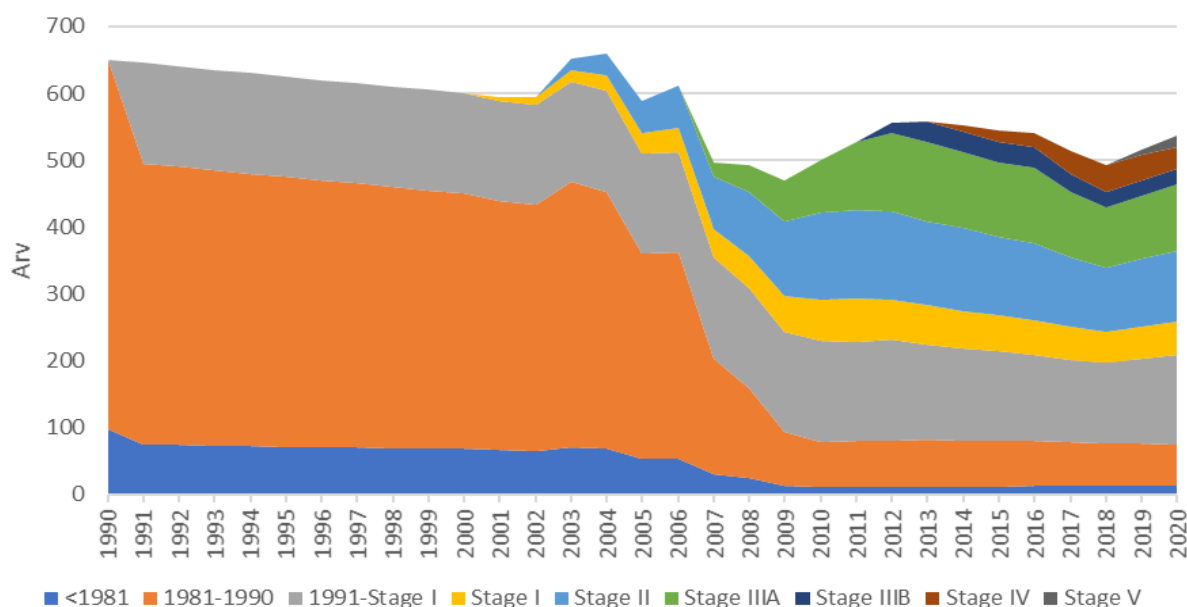
Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
1990	0.01	0.001	0.0000	0.00	0.0000	0.000001	0.001	0.000	0.19
1991	0.01	0.002	0.0000	0.00	0.0000	0.000002	0.001	0.001	0.26
1992	0.01	0.002	0.0000	0.00	0.0000	0.000002	0.001	0.001	0.27
1993	0.01	0.002	0.0000	0.00	0.0000	0.000002	0.001	0.001	0.29
1994	0.01	0.002	0.0000	0.00	0.0000	0.000002	0.001	0.001	0.30
1995	0.01	0.002	0.0000	0.01	0.0000	0.000002	0.001	0.001	0.32
1996	0.01	0.002	0.0000	0.01	0.0000	0.000002	0.001	0.001	0.33
1997	0.01	0.002	0.0001	0.01	0.0000	0.000003	0.001	0.001	0.34
1998	0.02	0.002	0.0001	0.01	0.0000	0.000003	0.001	0.001	0.36
1999	0.02	0.002	0.0001	0.01	0.0000	0.000003	0.001	0.001	0.37
2000	0.02	0.002	0.0001	0.01	0.0000	0.000003	0.001	0.001	0.38
2001	0.02	0.002	0.0001	0.01	0.0001	0.000003	0.002	0.001	0.40
2002	0.02	0.002	0.0001	0.01	0.0001	0.000003	0.002	0.001	0.42
2003	0.02	0.003	0.0001	0.01	0.0001	0.000004	0.002	0.001	0.54
2004	0.02	0.003	0.0001	0.01	0.0001	0.000005	0.002	0.001	0.65
2005	0.03	0.003	0.0001	0.01	0.0001	0.000006	0.002	0.001	0.74
2006	0.03	0.004	0.0001	0.01	0.0001	0.000007	0.002	0.001	0.89
2007	0.03	0.004	0.0001	0.01	0.0001	0.000008	0.002	0.001	1.08
2008	0.03	0.004	0.0001	0.01	0.0002	0.000010	0.002	0.001	1.33



Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
2009	0.04	0.004	0.0001	0.01	0.0002	0.000012	0.002	0.001	1.54
2010	0.03	0.003	0.0001	0.01	0.0002	0.000011	0.002	0.001	1.43
2011	0.03	0.003	0.0001	0.01	0.0002	0.000012	0.002	0.001	1.60
2012	0.04	0.003	0.0001	0.01	0.0003	0.000015	0.002	0.001	1.89
2013	0.04	0.004	0.0001	0.02	0.0003	0.000018	0.002	0.001	2.31
2014	0.03	0.003	0.0001	0.01	0.0002	0.000014	0.001	0.001	1.73
2015	0.03	0.003	0.0001	0.01	0.0003	0.000015	0.002	0.001	1.89
2016	0.03	0.003	0.0001	0.01	0.0003	0.000016	0.002	0.001	1.99
2017	0.05	0.004	0.0001	0.02	0.0004	0.000024	0.002	0.002	3.10
2018	0.05	0.005	0.0001	0.02	0.0005	0.000027	0.002	0.002	3.43
2019	0.05	0.005	0.0001	0.03	0.0005	0.000029	0.002	0.002	3.70
2020	0.05	0.005	0.0001	0.03	0.0005	0.000031	0.002	0.002	3.97

Tabel 37 Metsatöömashinate jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk

Diisel	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
1990	98	552							
1991	74	421	150						
1992	74	416	150						
1993	73	412	150						
1994	72	408	150						
1995	71	404	150						
1996	71	399	150						
1997	70	395	150						
1998	69	391	150						
1999	68	387	150						
2000	68	382	150						
2001	66	373	150	6					
2002	65	368	150	12					
2003	70	397	150	18	16				
2004	68	385	150	24	32				
2005	54	306	150	30	48				
2006	54	308	150	36	64				
2007	31	173	150	42	80	20			
2008	24	135	150	48	96	40			
2009	14	79	150	54	112	60			
2010	12	67	151	62	129	80			
2011	11	69	148	65	133	101			
2012	12	69	150	60	132	117	15		
2013	12	70	143	59	124	119	31		
2014	12	68	138	56	124	113	32	9	
2015	12	68	134	55	116	112	30	17	
2016	13	67	129	52	115	113	30	22	
2017	13	66	123	49	103	98	27	34	
2018	13	64	120	47	95	91	22	40	
2019	13	63	127	48	101	95	23	37	8
2020	13	62	134	49	107	99	23	33	17



Joonis 42 Metsatöomasinate jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk

Tabel 38 Metsatöomasinate heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diisel kilotonni

Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
1990	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000001	0.001	0.0005	0.20
1991	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.24
1992	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.24
1993	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.24
1994	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.24
1995	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.23
1996	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.23
1997	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.23
1998	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.23
1999	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.23
2000	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.23
2001	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.23
2002	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.24
2003	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0004	0.29
2004	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000002	0.001	0.0005	0.32
2005	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0000	0.000003	0.001	0.0004	0.34
2006	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0001	0.000003	0.001	0.0004	0.37
2007	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0001	0.000003	0.001	0.0004	0.42
2008	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0001	0.000004	0.001	0.0004	0.49
2009	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.0001	0.000004	0.001	0.0004	0.56
2010	0.02	0.001	0.00003	0.005	0.0001	0.000005	0.001	0.0004	0.60
2011	0.02	0.001	0.00003	0.005	0.0001	0.000005	0.001	0.0004	0.65
2012	0.02	0.001	0.00003	0.005	0.0001	0.000006	0.001	0.0004	0.74
2013	0.02	0.001	0.00003	0.006	0.0001	0.000006	0.001	0.0004	0.79
2014	0.01	0.001	0.00002	0.004	0.0001	0.000004	0.000	0.0003	0.55
2015	0.01	0.001	0.00002	0.004	0.0001	0.000004	0.000	0.0003	0.55



Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2,5}	BC	FC
2016	0.01	0.001	0.00002	0.004	0.0001	0.000004	0.000	0.0003	0.55
2017	0.02	0.001	0.00003	0.005	0.0001	0.000006	0.001	0.0004	0.76
2018	0.01	0.001	0.00003	0.006	0.0001	0.000006	0.001	0.0004	0.78
2019	0.02	0.001	0.00003	0.006	0.0001	0.000006	0.001	0.0004	0.82
2020	0.02	0.001	0.00003	0.006	0.0001	0.000007	0.001	0.0004	0.85

Tabel 39 Sihtotstarbelise jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk

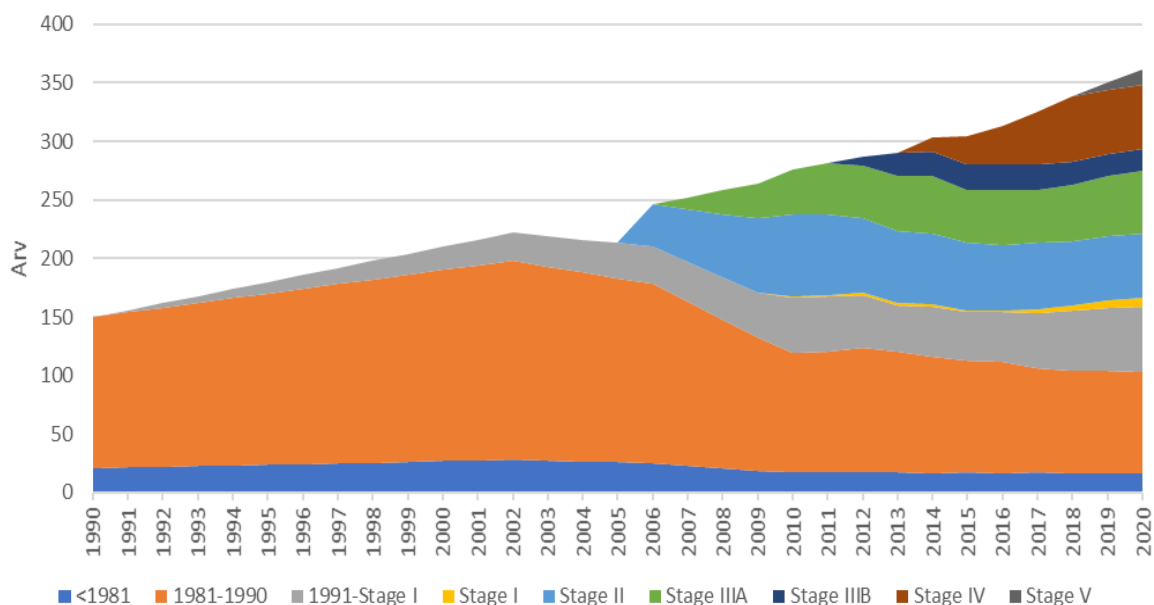
Diisel	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
1990	21	129							
1991	22	132	2						
1992	22	136	4						
1993	23	139	6						
1994	23	143	8						
1995	24	146	10						
1996	24	150	12						
1997	25	153	14						
1998	25	157	16						
1999	26	160	18						
2000	27	163	20						
2001	27	167	22						
2002	28	170	24						
2003	27	166	26						
2004	26	162	28						
2005	26	157	30						
2006	25	153	32		36	0			
2007	23	140	34		45	10			
2008	21	127	36		54	20			
2009	19	114	38		63	30			
2010	17	102	47	2	70	38			
2011	17	103	47	2	69	43			
2012	17	107	45	2	63	45	8		
2013	17	103	40	2	61	48	19		
2014	16	100	43	2	60	49	21	12	
2015	17	96	41	2	57	46	21	25	
2016	16	96	42	2	55	48	21	33	
2017	17	89	47	4	56	46	21	45	
2018	16	88	52	4	55	48	20	55	
2019	16	88	54	6	55	51	19	55	6
2020	16	87	56	7	55	54	18	55	13

Tabel 40 Sihtotstarbelise jagunemine heitmestandardite kaupa, bensiin tk

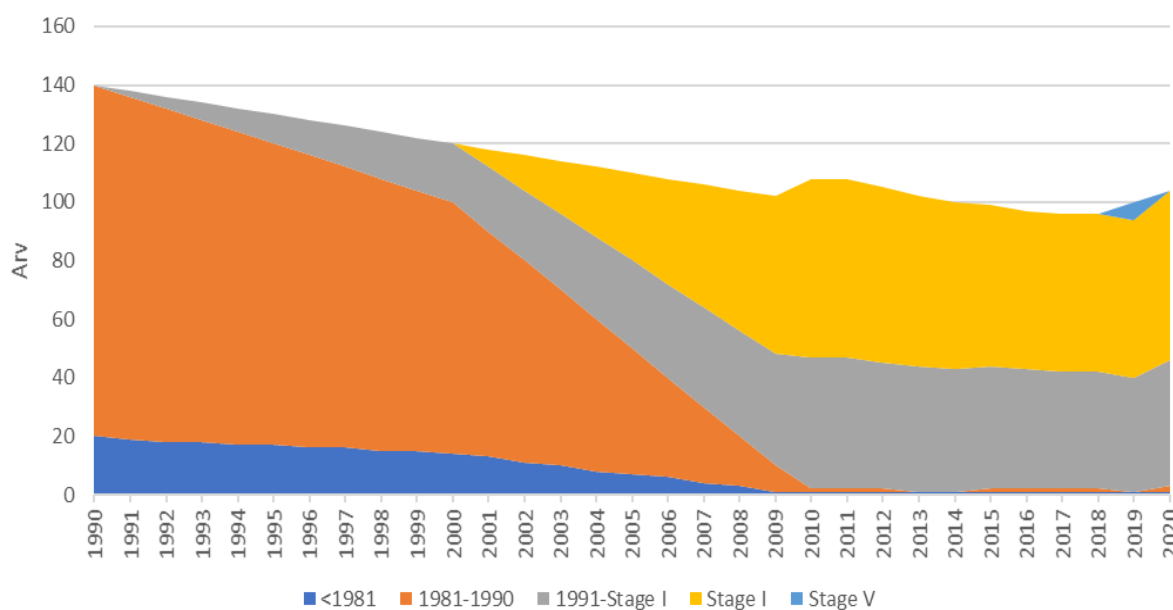
Bensiin	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage V
1990	20	120			
1991	19	117	2		
1992	18	114	4		
1993	18	110	6		
1994	17	107	8		
1995	17	103	10		
1996	16	100	12		



Bensiin	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage V
1997	16	96	14		
1998	15	93	16		
1999	15	89	18		
2000	14	86	20		
2001	13	77	22	6	
2002	11	69	24	12	
2003	10	60	26	18	
2004	8	52	28	24	
2005	7	43	30	30	
2006	6	34	32	36	
2007	4	26	34	42	
2008	3	17	36	48	
2009	1	9	38	54	
2010	1	1	45	61	
2011	1	1	45	61	
2012	1	1	43	60	
2013	1		43	58	
2014	1		42	57	
2015	1	1	42	55	
2016	1	1	41	54	
2017	1	1	40	54	
2018	1	1	40	54	
2019	1	0	39	54	6
2020	1	2	43	58	



Joonis 43 Sihtotstarbelise jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk



Joonis 44 Sihtotstarbelise jagunemine heitmestandardite kaupa, bensiin tk

Tabel 41 Sihtotstarbelise heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diisel kilotonni

Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
1990	0.001	0.00026	0.00001	0.0007	0.00001	0.0000003	0.0002	0.0001	0.040
1991	0.002	0.00028	0.00001	0.0007	0.00001	0.0000003	0.0002	0.0001	0.042
1992	0.002	0.00029	0.00001	0.0007	0.00001	0.0000003	0.0002	0.0001	0.044
1993	0.002	0.00030	0.00001	0.0008	0.00001	0.0000003	0.0002	0.0001	0.046
1994	0.002	0.00030	0.00001	0.0008	0.00001	0.0000004	0.0002	0.0001	0.048
1995	0.002	0.00032	0.00001	0.0008	0.00001	0.0000004	0.0002	0.0001	0.051
1996	0.002	0.00033	0.00001	0.0009	0.00001	0.0000004	0.0002	0.0001	0.054
1997	0.002	0.00034	0.00001	0.0009	0.00001	0.0000004	0.0002	0.0001	0.056
1998	0.002	0.00035	0.00001	0.0009	0.00001	0.0000004	0.0002	0.0001	0.057
1999	0.002	0.00036	0.00001	0.0009	0.00001	0.0000004	0.0002	0.0001	0.059
2000	0.002	0.00037	0.00001	0.0010	0.00001	0.0000005	0.0002	0.0001	0.061
2001	0.002	0.00038	0.00001	0.0010	0.00001	0.0000005	0.0002	0.0001	0.063
2002	0.003	0.00039	0.00001	0.0010	0.00001	0.0000005	0.0002	0.0001	0.066
2003	0.003	0.00040	0.00001	0.0011	0.00001	0.0000006	0.0003	0.0001	0.080
2004	0.003	0.00041	0.00001	0.0012	0.00001	0.0000007	0.0003	0.0001	0.095
2005	0.003	0.00043	0.00001	0.0013	0.00001	0.0000008	0.0003	0.0002	0.108
2006	0.004	0.00044	0.00001	0.0014	0.00002	0.0000009	0.0003	0.0002	0.121
2007	0.004	0.00046	0.00001	0.0015	0.00002	0.0000012	0.0003	0.0002	0.158
2008	0.005	0.00048	0.00001	0.0017	0.00003	0.0000015	0.0003	0.0002	0.191
2009	0.005	0.00051	0.00001	0.0019	0.00003	0.0000018	0.0003	0.0002	0.228
2010	0.005	0.00223	0.00007	0.0513	0.00003	0.0000018	0.0003	0.0002	0.259
2011	0.005	0.00225	0.00007	0.0515	0.00003	0.0000020	0.0003	0.0002	0.279
2012	0.006	0.00220	0.00007	0.0495	0.00004	0.0000023	0.0003	0.0002	0.314
2013	0.006	0.00252	0.00008	0.0576	0.00005	0.0000027	0.0003	0.0002	0.375
2014	0.005	0.00142	0.00004	0.0295	0.00004	0.0000026	0.0002	0.0001	0.340
2015	0.005	0.00146	0.00004	0.0302	0.00005	0.0000030	0.0002	0.0001	0.392
2016	0.005	0.00145	0.00004	0.0298	0.00006	0.0000032	0.0002	0.0001	0.422



Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2,5}	BC	FC
2017	0.007	0.00246	0.00008	0.0541	0.00008	0.0000045	0.0003	0.0002	0.599
2018	0.008	0.00283	0.00009	0.0620	0.00009	0.0000053	0.0003	0.0002	0.704
2019	0.008	0.00308	0.00010	0.0686	0.00010	0.0000055	0.0003	0.0002	0.730
2020	0.008	0.00333	0.00011	0.0752	0.00010	0.0000057	0.0004	0.0002	0.756

Tabel 42 Sihtotstarbelise heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, bensiin kilotonni

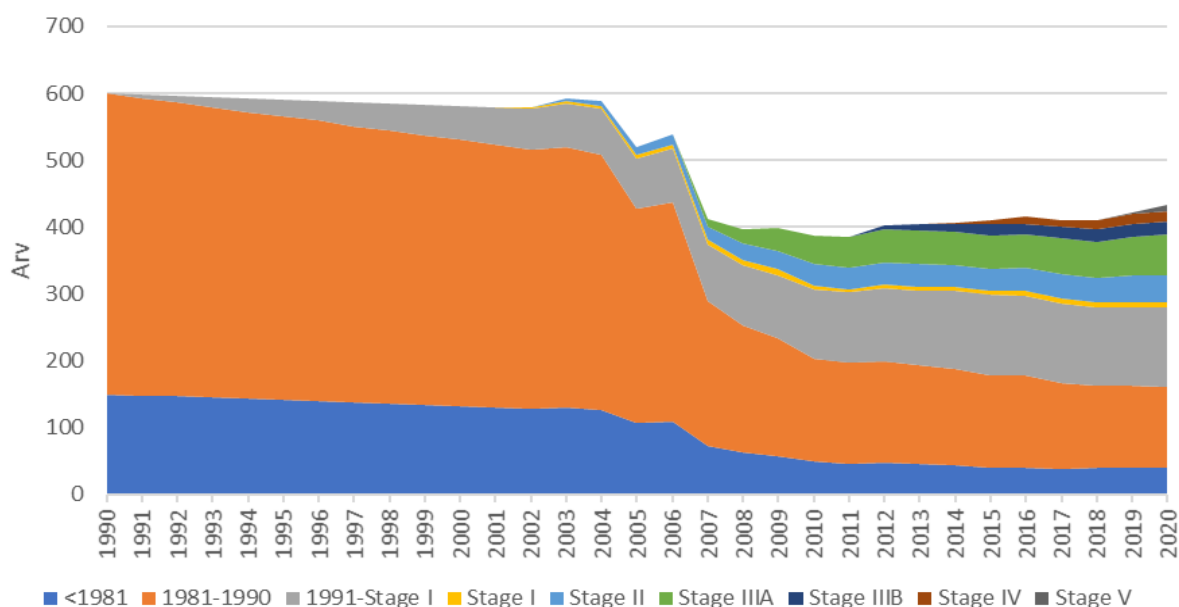
Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2,5}	BC	FC
1990	0.0001	0.001	0.00004	0.035	0.000002	0.0000001	0.000004	0.0000002	0.031
1991	0.0001	0.001	0.00004	0.036	0.000002	0.0000001	0.000004	0.0000002	0.032
1992	0.0001	0.001	0.00004	0.036	0.000002	0.0000001	0.000004	0.0000002	0.033
1993	0.0001	0.001	0.00004	0.036	0.000002	0.0000001	0.000004	0.0000002	0.033
1994	0.0001	0.001	0.00004	0.037	0.000002	0.0000001	0.000004	0.0000002	0.034
1995	0.0001	0.001	0.00004	0.037	0.000002	0.0000001	0.000005	0.0000002	0.034
1996	0.0001	0.001	0.00004	0.037	0.000002	0.0000001	0.000005	0.0000002	0.035
1997	0.0001	0.001	0.00004	0.037	0.000002	0.0000001	0.000005	0.0000002	0.036
1998	0.0001	0.001	0.00004	0.038	0.000002	0.0000001	0.000005	0.0000002	0.036
1999	0.0001	0.001	0.00004	0.038	0.000002	0.0000001	0.000005	0.0000002	0.037
2000	0.0001	0.001	0.00004	0.038	0.000002	0.0000001	0.000005	0.0000002	0.037
2001	0.0002	0.001	0.00005	0.042	0.000002	0.0000001	0.000006	0.0000003	0.042
2002	0.0002	0.002	0.00005	0.046	0.000002	0.0000002	0.000006	0.0000003	0.047
2003	0.0002	0.002	0.00006	0.049	0.000003	0.0000002	0.000007	0.0000003	0.051
2004	0.0002	0.002	0.00006	0.053	0.000003	0.0000002	0.000007	0.0000004	0.056
2005	0.0002	0.002	0.00006	0.057	0.000003	0.0000002	0.000008	0.0000004	0.060
2006	0.0003	0.002	0.00007	0.060	0.000003	0.0000002	0.000009	0.0000004	0.065
2007	0.0003	0.002	0.00007	0.064	0.000003	0.0000002	0.000009	0.0000005	0.070
2008	0.0003	0.002	0.00008	0.068	0.000004	0.0000002	0.000010	0.0000005	0.074
2009	0.0003	0.002	0.00008	0.072	0.000004	0.0000003	0.000010	0.0000005	0.079
2010	0.0004	0.002	0.00006	0.050	0.000003	0.0000002	0.000008	0.0000004	0.056
2011	0.0004	0.002	0.00006	0.050	0.000003	0.0000002	0.000008	0.0000004	0.056
2012	0.0003	0.002	0.00006	0.048	0.000003	0.0000002	0.000008	0.0000004	0.054
2013	0.0004	0.002	0.00007	0.055	0.000004	0.0000002	0.000009	0.0000005	0.062
2014	0.0002	0.001	0.00003	0.027	0.000002	0.0000001	0.000004	0.0000002	0.031
2015	0.0002	0.001	0.00003	0.028	0.000002	0.0000001	0.000005	0.0000002	0.031
2016	0.0002	0.001	0.00003	0.027	0.000002	0.0000001	0.000004	0.0000002	0.030
2017	0.0004	0.002	0.00006	0.050	0.000003	0.0000002	0.000009	0.0000004	0.057
2018	0.0005	0.002	0.00007	0.058	0.000004	0.0000003	0.000010	0.0000005	0.066
2019	0.0005	0.002	0.00008	0.064	0.000004	0.0000003	0.000011	0.0000006	0.073
2020	0.0006	0.003	0.00009	0.071	0.000005	0.0000003	0.000012	0.0000006	0.081

Tabel 43 Teetöomasinate jagunemine heitmestandardite kaupa, diisel tk

Diisel	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
1990	150	450							
1991	148	445	5						
1992	147	440	10						
1993	145	434	15						
1994	143	429	20						
1995	141	424	25						
1996	140	419	30						
1997	138	413	35						



Diiseli	<1981	1981-1990	1991-Stage I	Stage I	Stage II	Stage IIIA	Stage IIIB	Stage IV	Stage V
1998	136	408	40						
1999	134	403	45						
2000	133	398	50						
2001	131	392	55	1					
2002	129	387	60	2					
2003	130	390	65	3	4				
2004	127	380	70	4	8				
2005	107	320	75	5	12				
2006	109	328	80	6	16				
2007	72	217	85	7	20	11			
2008	63	190	90	8	24	22			
2009	58	175	95	9	28	33			
2010	49	155	103	5	32	44			
2011	46	152	104	5	32	47			
2012	47	152	109	6	33	49	7		
2013	45	148	112	6	33	51	9		
2014	43	145	116	6	33	50	11	2	
2015	41	138	119	6	33	51	16	6	
2016	40	138	119	7	35	50	16	10	
2017	39	127	120	7	36	54	17	10	
2018	40	123	117	7	37	54	18	15	
2019	41	121	118	8	39	58	19	15	3
2020	41	119	119	8	40	62	19	15	10



Joonis 45 Teetöomasinate jagunemine heitmestandardite kaupa, diiseli tk

Tabel 44 Teetöomasinate heitkogused ja kütuse tarbimine 1990-2020, diiseli kilotonni

Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
1990	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.26
1991	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.25



Aasta	NO _x	VOC	CH ₄	CO	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	BC	FC
1992	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.26
1993	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.26
1994	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.26
1995	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.26
1996	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.26
1997	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.26
1998	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.26
1999	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.26
2000	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.26
2001	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.26
2002	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00003	0.000002	0.001	0.0005	0.27
2003	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00004	0.000002	0.001	0.0005	0.28
2004	0.01	0.001	0.00003	0.004	0.00004	0.000002	0.001	0.0005	0.29
2005	0.01	0.001	0.00003	0.003	0.00004	0.000002	0.001	0.0004	0.26
2006	0.01	0.001	0.00003	0.003	0.00004	0.000002	0.001	0.0004	0.28
2007	0.01	0.001	0.00002	0.003	0.00003	0.000002	0.001	0.0003	0.25
2008	0.01	0.001	0.00002	0.003	0.00004	0.000002	0.001	0.0003	0.28
2009	0.01	0.001	0.00002	0.003	0.00004	0.000002	0.001	0.0003	0.30
2010	0.01	0.001	0.00002	0.003	0.00004	0.000002	0.001	0.0003	0.29
2011	0.01	0.001	0.00002	0.003	0.00004	0.000002	0.001	0.0003	0.29
2012	0.01	0.001	0.00002	0.003	0.00004	0.000002	0.001	0.0003	0.31
2013	0.01	0.001	0.00002	0.003	0.00004	0.000002	0.001	0.0003	0.32
2014	0.01	0.001	0.00001	0.002	0.00003	0.000002	0.000	0.0002	0.25
2015	0.01	0.001	0.00001	0.002	0.00004	0.000002	0.000	0.0002	0.26
2016	0.01	0.001	0.00002	0.002	0.00004	0.000002	0.000	0.0002	0.28
2017	0.01	0.001	0.00002	0.003	0.00005	0.000003	0.000	0.0003	0.35
2018	0.01	0.001	0.00002	0.004	0.00006	0.000003	0.001	0.0003	0.40
2019	0.01	0.001	0.00002	0.004	0.00006	0.000003	0.001	0.0003	0.41
2020	0.01	0.001	0.00002	0.004	0.00006	0.000003	0.001	0.0003	0.43



4.3 Transpordisektori KHG ja õhusaasteainete eriheitetegurite uuendamine (lõpp 2021)

Vastutav täitja: Kristin Puusepp, Stanislav Štökov,

Sissejuhatus

Euroopa Komisjon esitles 2019. aasta detsembris vastu Euroopa rohelise kokkuleppe¹⁰, mis näeb ette strateegiat, et saavutada ressursitõhusa ja konkurentsivõimelise majandusega Euroopa ning muuta Euroopa 2050. aastaks kliimanetraalseks. Üheks algatuseks on välja toodud, et transpordisektori heitkogused peaksid 2050. aastaks vähenema 90% võrra ning olulist tähelepanu pööratakse alternatiivkütuste arendamisele, nende toomisele ja kasutuselevõtu soodustamisele.

Transpordisektori eesmärged ja heitkoguseid reguleerivad Euroopa Liidus jõupingutuste jagamise määras.

Jagatud kohustuse otsuse sektorite heitkogused moodustasid 2019. aastal EL-is kokku 57% koguheitest ning Eestis 42,2% riigi kasvuhoonegaaside koguheitest. 2019. aastal oli transpordisektori heide Eestis 2,39 miljonit tonni CO₂ ekv, millest maanteetransport moodustas 97,6%. Kogu sektori heitkogused moodustasid riiklikust kasvuhoonegaaside koguheitest 16,3%.

Töö eesmärk oli uuendada Eesti riikliku KHG inventuuri transpordisektori heitkoguste hinnanguid. Projekti eesmärgiks on erialakirjanduse analüüsimine, et välja selgitada gaasiautode, -busside ja -veokite KHG (CH₄ ja N₂O) ja välisõhu saasteainete (NO_x, NMVOC) heitkogus sõiduki kilomeetri kohta. Selle tulemusel saab KHG inventuuris kajastada täpsemalt maanteetranspordis erinevatel kütustel (biometaan, CNG) sõitvate sõidukite heitkoguseid ning täpsustuvad Eesti transpordisektori kui jagatud kohustuse määrusega kaetud KHG heitkogused.

Käesoleva ajani on riikliku KHG inventuuri koostamisel CNG kütuse kasvuhoonegaaside CH₄ ja N₂O heitkoguste arvutamiseks kasutatud 2006 IPCC juhistes esitatud eriheitetegurite vaikeväärtuseid ja Tier 1 meetodikat. Tier 1 on kõige üldisem meetodika ning arvutustes ei ole võimalik kasutada riigispetsiifilisi andmeid, mis Eesti sõidukipargi jaoks on saadaval (sõidukite arv ja läbisõit). Samuti on 2006 IPCC juhises pakutud eriheitetegurite määramatus võrdlemisi suur ning heitkogused võivad seetõttu olla ülehinnatud. Õhusaasteainete NO_x ja NMVOC heitkoguste arvutamiseks on seni kasutatud maanteetranspordis kasvuhoonegaaside ja õhusaasteainete arvutamiseks kasutusel olevat programmi COPERT¹¹.

Andmed gaasisõidukite kohta on Eesti kohta saadaval alates 2010 aastast, kui võeti kasutusele CNG linnaliinibussid. Tabel 45 on välja toodud olemasolevad kasvuhoonegaaside eriheitetegurid aastatele 2010-2019 KHG inventuuris kasutatakse CH₄ ja N₂O heitkoguste arvutamise jaoks 2006 IPCC juhises olevaid 2006 IPCC juhises olevaid eriheitetegurite

¹⁰ Euroopa Komisjoni teatis COM (2019) 640 final: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>

¹¹ COPERT kodulehekül <https://www.emisia.com/utilities/copert/>



vaikeväärtuseid eriheitetegureid. NO_x ja NMVOC saasteainete heitkoguste jaoks arvutab COPERT vastavalt sisendandmetele ka eriheitetegurid, kuid neid eraldi heitkoguste arvutamisel ei kasutata. Tabel 46 on esitatud NO_x ja NMVOC eriheitetegurid.

Tabel 45 Olemasolevad eriheitetegurid 2010 - 2019

Kategooria	Sõiduki liik	Kütus	CH ₄ , kg/TJ	N ₂ O, kg/TJ
1.A.3.b	sõiduauto	CNG	92	3
1.A.3.b	linnaliinibuss*	CNG	92	3
1.A.3.b	sõiduauto	biometaan	92	3
1.A.3.b	linnaliinibuss	biometaan	92	3

*linnaliinibusside KHG-de heitkogused on arvestatud koos sõiduautodega

Tabel 46 Olemasolevad eriheitetegurid 2010-2019

Kategooria, sõiduki liik	Kütus	Saasteaine, g/km	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1.A.3.b, sõiduauto	CNG*	NO _x	-	0.064	0.064	0.062	0.061	0.060	0.056	0.057	0.056	0.056
1.A.3.b, sõiduauto	CNG	NMVOC	-	0.065	0.070	0.068	0.066	0.063	0.065	0.066	0.064	0.064
1.A.3.b, linnaliinibuss	CNG	NO _x	4.087	4.087	4.087	4.087	4.087	4.087	4.087	4.146	4.111	4.119
1.A.3.b, linnaliinibuss	CNG	NMVOC	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033

* - biometaan võrdustatakse välisõhu saasteainete heitkoguste arvutamisel CNG-ga

Andmebaasid

Eriheitetegurid koondati neljast erinevast andmebaasist – EMEP/EEA 2019¹², HBEFA¹³, Lipasto¹⁴ ja COPERT, ning valimisel arvestati, et need oleksid asjakohased, usaldusväärsed ja spetsiifiliselt kasutatavad. Järgnevalt on esitatud kasutatud allikate lühikirjeldused ja sisu.

EMEP/EEA 2019 air pollution inventory guidebook

EMEP/EEA 2019 õhusaasteainete käsiraamat¹⁵ annab juhised nii inimtekkeliste kui ka looduslike heiteallikate heitkoguste hindamiseks. Juhend toetab heitkoguste andmete edastamist ÜRO piiriülese õhusaaste kauglevi konventsiooni (CLRTAP) ja EL-i riiklike heitkoguste ülemäärade direktiivi alusel. Juhendit annab välja Euroopa Keskkonnaagentuur. Käsiraamat on kättesaadav EEA koduleheküljelt.

Käsiraamat pakub eriheitetegureid tähtsaimatele õhusaasteainetele ja kasvuhoonegaasidele sõiduautodele, kergeveokitele, raskeveokitele, linnaliinibussidele ja mootorratastele. Eriheitetegureid on võimaldatud Tier 1 ja Tier 2 tasanditele ja on välja arvutatud, kasutades Tier 3 meetodit ja tüüpilisi Euroopa riikide keskmiseid tingimusi.

¹² EMEP/EEA 2019 kodulehekülg: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>

¹³ HBEFA kodulehekülg: <https://www.hbefa.net/e/index.html>

¹⁴ Lipasto kodulehekülg: http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/tieliikenne/henkil_o_tiee.htm



HBEFA

HBEFA (Handbook Emission Factors for Road Transport) on Microsoft Access 2016 programm, mis pakub eriheitetegureid kõikidele praegustele maantee sõidukite kategooriatele. Mudelis on määratletud 265 erinevat liiklusolukorda, mida esindava neli peamist parameetrit: piirkond (maapiirkond, linn), teetüüp, kiirused, ja liiklustiheduse tasand. HBEFA sisaldab riigipõhiseid andmekogumeid Saksamaa, Šveitsi, Austria, Prantsusmaa, Norra ja Rootsi kohta ning kasutatud on nende riikide tingimusi. Töö jaoks kasutati HBEFA 4.1 versiooni.

Kasutaja saab valida eriheitetegureid vastavalt jaotustele:

- Heitmete tüübi järgi – soekäivituse emissioonid („*hot*“ *emissions*), külmkäivituse emissioonid (*cold start emissions*), kütuseaurud.
- Sõiduki kategooria järgi – sõiduautod, kergeveokid, raskeveokid, linnaliinibussid, kaugsõidubussid, mootorrattad.
- Aastate kaupa 1990-2050 (sisaldab kaudselt sõidukipargi koosseisu muutumist ajas Saksamaal, Austrias, Šveitsis, Rootsis, Norras ja Prantsusmaal).
- Saasteainete kaupa – CO, HC, NO_x, PM, mitmed HC komponendid (CH₄, NMHC, benseen, toluen, ksüleen), CO₂, NH₃, N₂O, PN, PM ja kütuse tarbimine (bensiin, diisel). HBEFA-s on NMHC võrdsustatud NMVOC-iga.
- Programm pakub soovitud eriheitetegureid kas kaalutud eriheiteteguritena (sõidukikategooriate kaupa), eriheiteteguritena kontseptsiooni kaupa (nt tavalised; katalüsaatoriga; diiselmootoriga sõiduautod jne), kütuse tüübi kohta (bensiin, diislikütus) või alamkategooria kohta (nt Euro-5 diiselmootoriga sõiduautod).

Lipasto

Lipasto on Soome eriheitetegurite ja energiakasutuse andmebaas. Seda haldab VTT Tehnilise Uuringu Keskus ja andmebaasi kasutatakse heitkoguste ja energiatarbimise välja arutamiseks Soomes, kattes maantee-, vee- ja õhustranspordi. Lipasto pakub gaasisõidukite eriheitetegureid sõiduautodele ja linnaliinibussidele emissioonitehnoloogia ja teetüübi kaupa tähtsamatele õhusaasteainetele ja kasvuhoonegaasidele, samuti keskmisi väärtuseid. Andmebaas on kättesaadav Lipasto koduleheküljel.

Lipasto andmed on avaldatud 2017. aastal 2016. aasta kohta. Hilisemaid andmeid ei ole saadaval. Tulemused on esitatud vastavalt Soome tingimustele eraldi reisijate- ja kaubaveo kohta, võttes arvesse tegelikku reisijate arvu ja kauba koguseid, ning on antud kõikidele gaasi kasutatavatel sõidukitele, sh CNG, LPG ja biometaan.

COPERT

COPERT on MS Windows tarkvaraprogramm, mida kasutatakse saasteainete heitkoguste väljaarutamiseks maanteetranspordis. COPERT programmi arendab Euroopa Keskkonnaagentuur. Programm vajab kasutaja sisendit sõidukipargi, liiklusolukordade, kütuse kasutuse ja kiiruste kohta ning selle kaudu arvutatakse välja eriheitetegurid aastate kaupa.



Eriheitetegureid on võimalik saada sõiduautodele, kerge- ja raskeveokitele, linnaliinibussidele ja mootorratastele sõiduki suuruse ja emissioonitehnoloogia kaupa ja need välja toodud põhilistele õhusaasteainetele ja kasvuhoonegaasidele. Töös kasutati COPERT 5.5.1 versiooni. COPERT metoodika on osa EMEP/EEA 2019 õhusaasteainete inventuuri käsiraamatust ja on täielikult kooskõlas juhendi maanteetranspordi peatükiga. Eriheitetegurid on saadud mõõtmiste interpoleerimisel keskmise kiiruse funktsioonina.

Metoodika

Eriheitetegurite kindlaks määramiseks teostati eelnevas peatükis kirjeldatud andmebaaside analüüs. Kuna Eesti jaoks on olemas andmed CNG sõidukite kohta alates aastast 2010, siis võimalusel koondati andmed nendele aastatele.

HBEFA-s leidis eriheitetegureid sõiduautodele, linnaliinibussidele ja kergeveokitele emissioonitehnoloogiatega kaupa. Andmete üldistamiseks võeti emissioonitehnoloogiatega eriheitetegurite aritmeetiline keskmine igale teetüübile: linnatee (*urban road*), maantee (*rural road*) ja kiirtee (*motorway*). Selleks, et eriheitetegurid oleksid võimalikult täpselt võrreldavad Eesti tingimustega, arvatati lõpptulemuse saamiseks eriheitetegurid kaalutud keskmise meetodil aastatele 2010-2019, kasutades olemasolevaid Eesti teetüüpide osakaale, mis on saadaval COPERT-is. Teetüüpide osakaalud on leitavad lisas.

Lipastos on kasutatud Soome tingimusi ning eriheitetegurid on esitatud aastale 2016, samuti on eraldi välja toodud 2016. aasta keskmine, võttes arvesse emissioonitehnoloogiatega kaalutud keskmiseid väärtuseid läbisõidu alusel. Eriheitetegurid on grupeeritud emissioonitehnoloogiatega, teetüüpide (linnatee, kiirtee) ning linnaliinibussidel ka reisijate arvu järgi, st täis (43 reisijat) ja tühjadele bussidele. Lõpptulemuse saamiseks on arvatud eriheitetegurid sõiduautode puhul teetüüpide ning linnaliinibusside puhul teetüüpide ja bussi koormatuse (täis+tühi) aritmeetilise keskmisena.

Viimasena vaadeldi Rootsi, Saksamaa, Norra ja Soome välisõhutemperatuure ning võrreldi neid Eesti temperatuuridega. Võrdluse tulemusel selgitati välja Eestiga kõige sarnasemad tingimused ja anti hinnang, milliseid eriheitetegureid on võimalik kõige täpsemini kasutada

Eriheitetegurid

Järgnevalt on välja toodud allikatest leitud eriheitetegurid CNG sõiduautodele, linnaliinibussidele, kergeveokitele ja raskeveokitele.

HBEFA-s puudub N₂O eriheitetegur linnaliinibussidele on üle võetud EMEP/EEA 2019 käsiraamatust, milles on linnaliinibussidele ja raskeveokitele N₂O eriheitetegurid märgitud kui n.a.¹⁶.

Kõik eriheitetegurid loeteluna on esitatud Lisas 1.

¹⁶ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 1.A.3.b.i-iv Road Transport 2019, lk 30: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-i/view>

**Sõiduautod**

HBEFA-st kogutud Rootsi ja Saksamaa eriheitetegurid CNG sõiduautodele on esitatud alljärgnevas tabelites.

Tabel 47 Rootsi ja Saksamaa eriheitetegurid sõiduautodele, g/km

Saasteaine	Rootsi	Saksamaa	Rootsi	Saksamaa	Rootsi	Saksamaa	Rootsi	Saksamaa
	CH ₄		N ₂ O		NO _x		NMVOC	
2010	0.0284	0.0386	0.0004	0.0005	0.1397	0.0955	0.0025	0.0034
2011	0.0285	0.0386	0.0004	0.0005	0.1506	0.1002	0.0025	0.0034
2012	0.0285	0.0387	0.0004	0.0005	0.1545	0.1042	0.0025	0.0034
2013	0.0286	0.0387	0.0004	0.0005	0.1647	0.1085	0.0025	0.0034
2014	0.0286	0.0387	0.0004	0.0005	0.1732	0.1129	0.0025	0.0034
2015	0.0266	0.0387	0.0004	0.0005	0.1373	0.117	0.0023	0.0034
2016	0.0266	0.0387	0.0004	0.0006	0.1331	0.124	0.0023	0.0034
2017	0.0266	0.0387	0.0004	0.0006	0.1608	0.1331	0.0023	0.0034
2018	0.0266	0.0387	0.0004	0.0006	0.1389	0.1398	0.0023	0.0034
2019	0.0266	0.0387	0.0004	0.0006	0.1462	0.1396	0.0023	0.0034

EMEP/EEA 2019 käsiraamatust ja Lipasto andmebaasist kogutud eriheitetegurid CNG sõiduautode jaoks on toodud alljärgnevas tabelis.

Tabel 48 Lipasto ja EMEP/EEA 2019 eriheitetegurid sõiduautodele, g/km

Allikas	Riik	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NMVOC
Lipasto	Soome	0.0114	0.0123	0.0448	-
EMEP/EEA 2019	-	0.0428	-	-	-

Eesti eriheitetegurid CNG sõiduautodele, mis on vastavalt sisendandmetele arvutatud COPERTis, on esitatud alljärgnevas tabelis.

Tabel 49 Eesti eriheitetegurid sõiduautodele, g/km

Saasteaine	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CH ₄	-	0.077	0.084	0.081	0.078	0.075	0.077	0.078	0.076	0.075
N ₂ O	-	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Linnaliinibussid

HBEFA-st kogutud Rootsi, Saksamaa ja Norra eriheitetegurid CNG linnaliinibussidele on esitatud alljärgnevas tabelites.

Tabel 50 Rootsi, Saksamaa, Norra eriheitetegurid linnaliinibussidele, g/km

	Rootsi	Saksamaa	Norra	Rootsi, Saksamaa, Norra	Rootsi	Saksamaa	Norra	Rootsi	Saksamaa	Norra
--	--------	----------	-------	-------------------------------	--------	----------	-------	--------	----------	-------



	CH ₄			N ₂ O	NO _x			NMVOC		
2010	0.3355	0.542	0.353	0	5.497	9.301	6.065	0.029	0.047	0.031
2011	0.3779	0.542	0.337	0	5.661	9.301	5.534	0.033	0.047	0.029
2012	0.3779	0.506	0.29	0	5.661	8.224	4.28	0.033	0.044	0.025
2013	0.3779	0.506	0.29	0	5.661	8.224	4.28	0.033	0.044	0.025
2014	0.2708	0.506	0.29	0	3.464	8.224	4.28	0.024	0.044	0.025
2015	0.2919	0.506	0.301	0	3.494	8.224	3.699	0.025	0.044	0.026
2016	0.2726	0.506	0.336	0	4.015	8.224	3.465	0.024	0.044	0.029
2017	0.2564	0.506	0.336	0	3.177	8.224	3.465	0.022	0.044	0.029
2018	0.2559	0.47	0.294	0	3.453	7.366	2.842	0.022	0.041	0.026
2019	0.2559	0.47	0.294	0	3.453	7.366	2.842	0.022	0.041	0.026

EMEP/EEA 2019 käsiraamatust ja Lipasto andmebaasist kogutud eriheitetegurid CNG sõiduautode jaoks on toodud alljärgnevas tabelis.

Tabel 51 Lipasto ja EMEP/EEA 2019 eriheitetegurid sõiduautodele, g/km

Allikas	Riik	CH ₄ , g/km	N ₂ O, g/km	NO _x , g/km	NMVOC, g/km
Lipasto	Soome	3.25	0.033	8.80	-
EMEP/EEA	-	3.39	-	11.0	0.195

Eesti eriheitetegurid CNG sõiduautodele, mis on vastavalt sisendandmetele arvutatud COPERTis, on esitatud Tabel 52.

Tabel 52 Eesti eriheitetegurid linnaliinibussidele, g/km

Saasteaine	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CH ₄	-	0.077	0.084	0.081	0.078	0.075	0.077	0.078	0.076	0.075
N ₂ O	-	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Kergeveokid

Kergeveokid (*Light Commercial Vehicles*) on veokid, mille täismass on kuni 3.5 tonni (<3.5t), nende kohta leidis eriheitetegureid HBEFA-s. Rootsi ja Saksamaa eriheitetegurid CNG kergeveokitele on esitatud alljärgnevas tabelites.

Tabel 53 Rootsi eriheitetegurid kergeveokitele, g/km

Saasteaine	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CH ₄	0.028	0.028	0.029	0.029	0.029	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
N ₂ O	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
NO _x	0.140	0.151	0.155	0.165	0.174	0.138	0.134	0.161	0.139	0.147



Saasteaine	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
NMVOOC	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002

Tabel 54 Saksamaa eriheitetegurid kergeveokitele, g/km

Saasteaine	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CH ₄	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.046	0.046	0.044	0.044	0.044
N ₂ O	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
NO _x	0.248	0.260	0.272	0.284	0.286	0.257	0.255	0.249	0.257	0.263
NMVOOC	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004

Raskeveokid

Raskeveokid (*Heavy Goods Vehicles*) on veokid, mille täismass on suurem kui 3.5 tonni (>3.5t). Eriheitetegurid veokitele, mille kütuseks on CNG, on toodud saasteainete kaupa alljärgnevas tabelis.

Tabel 55 Eriheitetegurid raskeveokitele

Allikas	Riik	CH ₄ , g/km	N ₂ O, g/km	NO _x , g/km	NMVOOC, g/km
EMEP/EEA	-	3.390	-	-	-

Välisõhutingimused

Järgmisena võrreldi allikatest saadud välisõhutemperatuure Eesti välisõhutemperatuuriga. Välisõhutemperatuurid on välja toodud alljärgnevas tabelis. Rootsi, Norra ja Saksamaa keskmised õhutemperatuurid on arvatud HBEFA andmebaasist saadud temperatuuride põhjal. Temperatuurid on leitavad lisast. Soome õhutemperatuuriks on valitud Helsingi keskmine Soome meteoroloogilise instituudi¹⁷ kodulehelt. Eesti keskmine õhutemperatuur on Riigi Ilmateenistuse veebilehel¹⁸.

Tabel 56 Keskmised välisõhutemperatuurid

Riik	Keskmine välisõhutemperatuur, °C
Rootsi	5.9
Norra	7.1
Saksamaa	9.3
Soome	6.3
Eesti	6.4

¹⁷ Soome meteoroloogiline instituut kodulehekül: <https://en.ilmatietenlaitos.fi/>

¹⁸ Riigi Ilmateenistus kodulehekül: <https://www.ilmateenistus.ee/>



Eriheitetegurite valik

Kõige rohkem andmeid on saadaval Rootsi, Norra ja Saksamaa kohta HBEFA andmebaasist. Andmebaasis on saadaval andmed kasutatud temperatuuride ja teekatete osakaalude kohta, samuti on eriheitetegurid saadaval aastate lõikes. HBEFA-s puuduvad eriheitetegurid N₂O kohta linnaliinibussidele ja raskeveokitele.

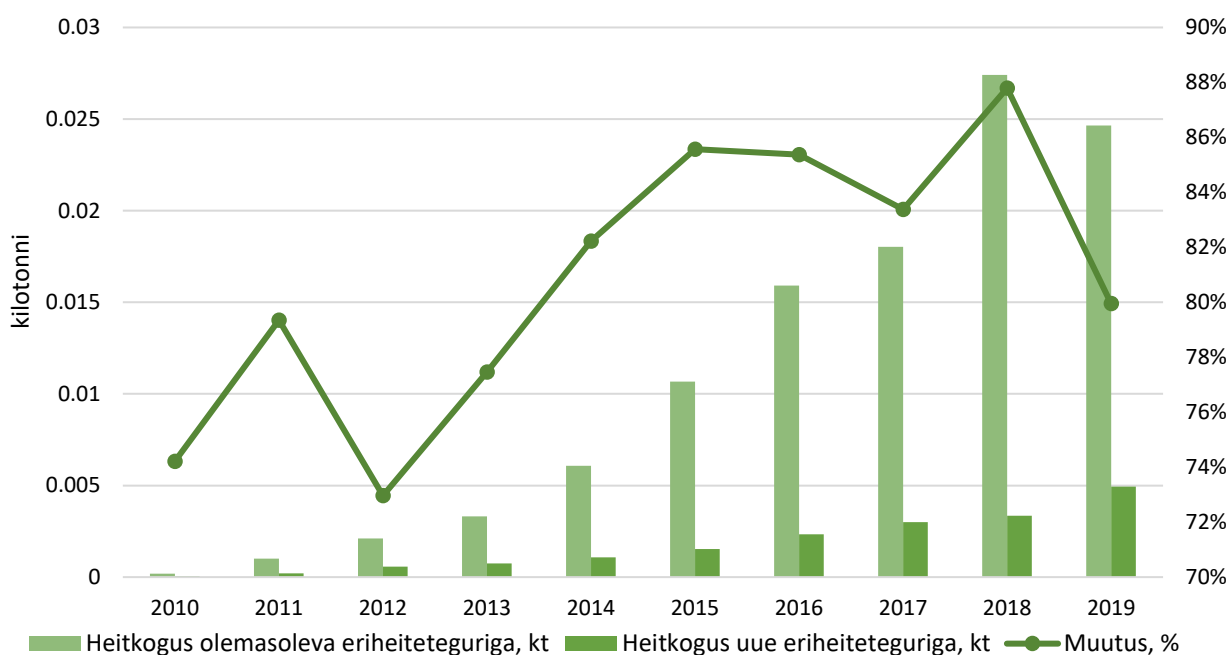
Lipasto andmebaasist leiab andmeid sõiduautode ja linnaliinibusside kohta, kuid mitte NMVOC kohta sõiduautodele ja N₂O kohta linnaliinibussidele. Samuti puudub info temperatuuride kohta, mida on kasutatud eriheitetegurite leidmisel. Andmeid leiab teekatete osakaalude kohta. Linnaliinibusside kohta on andmed bussi massi kohta (täis buss või tühi buss). Kõik eriheitetegurid on antud 2016. aastale ning varasemate või hilisemate aastate kohta andmed puuduvad. Eriheitetegurid on mõeldud kõikidele gaasiga sõitvatele sõidukitele, sh CNG, biometaan ja LPG.

EMEP/EEA andmebaasis leidub andmeid eriheitetegurite tingimuste kohta kõige vähem. Kasutatud on Euroopa keskmiseid teekatete osakaalusid ning temperatuure. Puuduvad N₂O, NO_x ja NMVOC eriheitetegurid sõiduautodele ja raskeveokitele ning N₂O eriheitetegurid linnaliinibussidele.

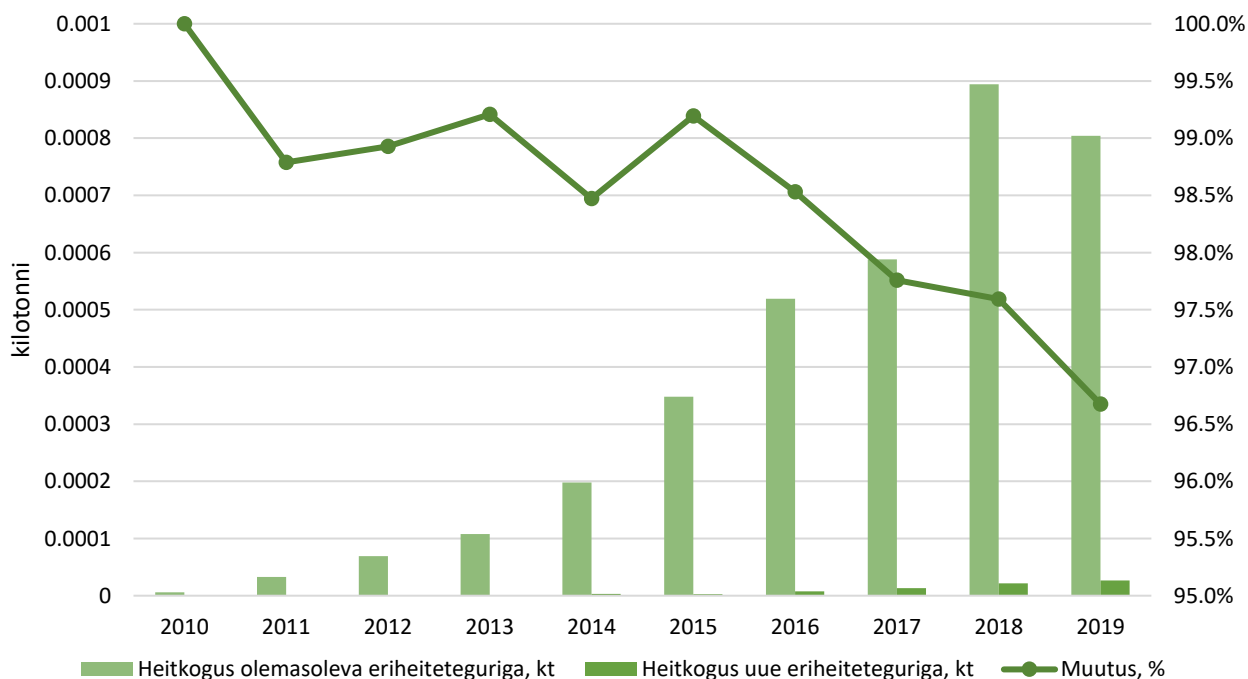
Tuginedes välisõhutingimustele, on Eestiga kõige sarnasemad tingimused Soomes ja Rootsis. Vastavalt võrdlusele on võimalik kõikidele sõidukiliikidele CH₄, N₂O ja NO_x, NMVOC jaoks kasutusele võtta Rootsi eriheitetegurid HBEFA-st, sest andmete täpsus on kõige parem. Uued eriheitetegurid saab kasutusele võtta sõiduautodele, linnaliinibussidele ja kergeveokitele, sest nende sõidukiliikide kohta leidis andmeid kõige rohkem.

Kontrollarvutused

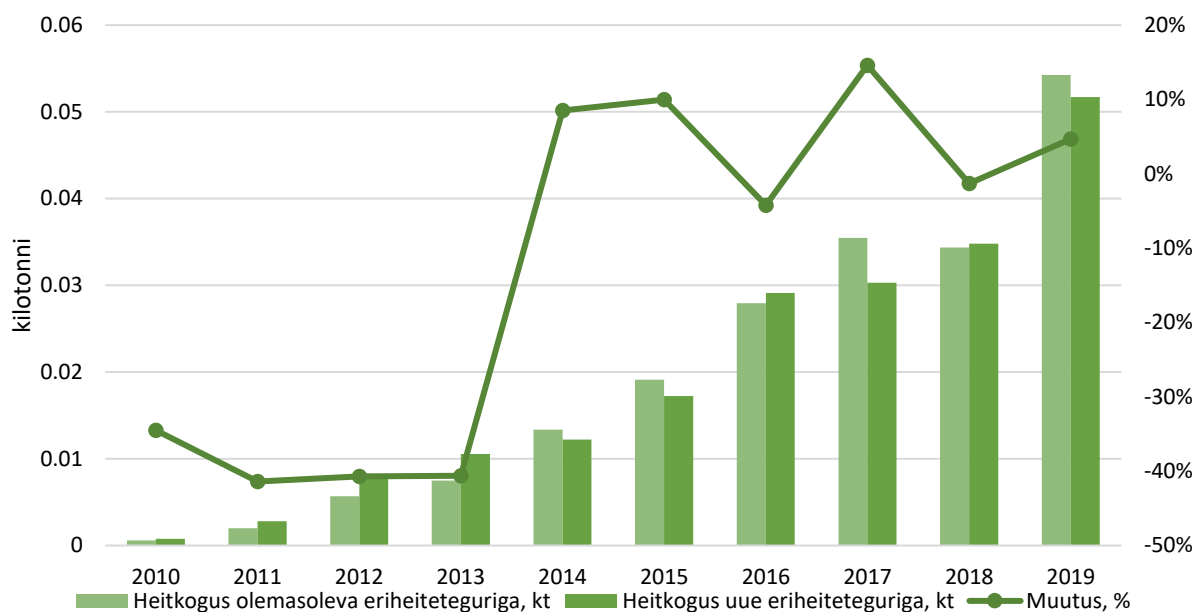
Kontrollarvutused on teostatud heitkogustele praeguste eriheiteteguritega ja uute eriheiteteguritega. Heitkogused on välja toodud summaarselt sõiduautodele ja linnaliinibussidele, kuna Eestil puuduvad teiste sõidukiliikide kohta andmed. Graafikutel on välja toodud heitkogus olemasolevate eriheiteteguritega ja uute eriheiteteguritega ning muutus protsentides alljärgnevatel joonistel.



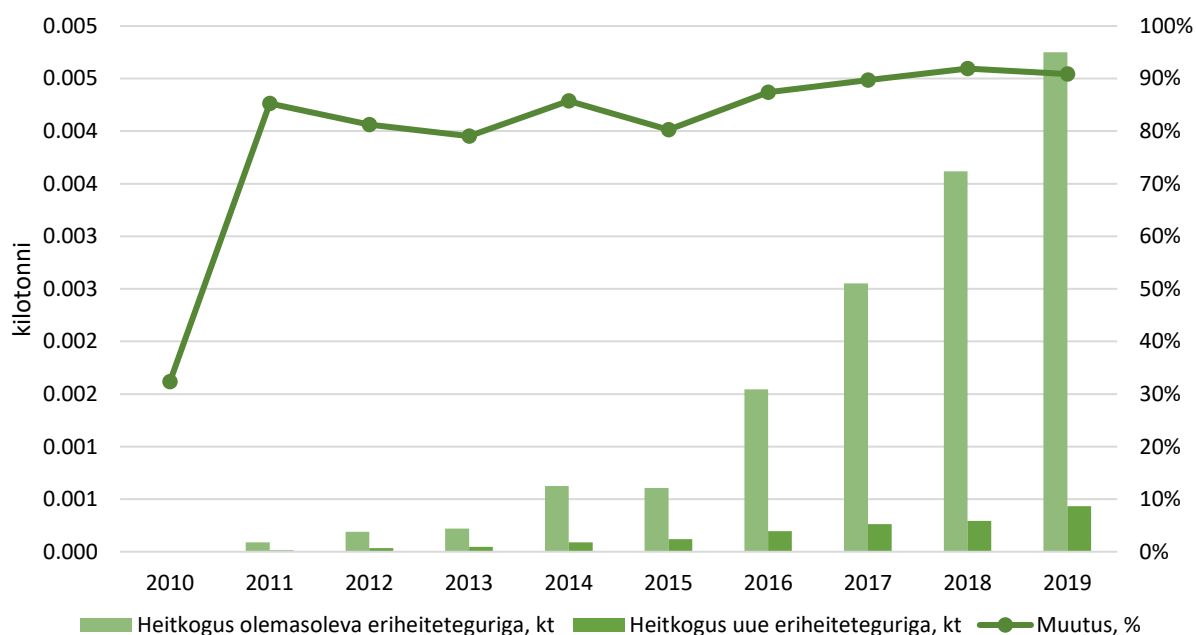
Joonis 46 CH₄ heitkoguste võrdlus 2010-2019



Joonis 47 N₂O heitkoguste võrdlus 2010-2019

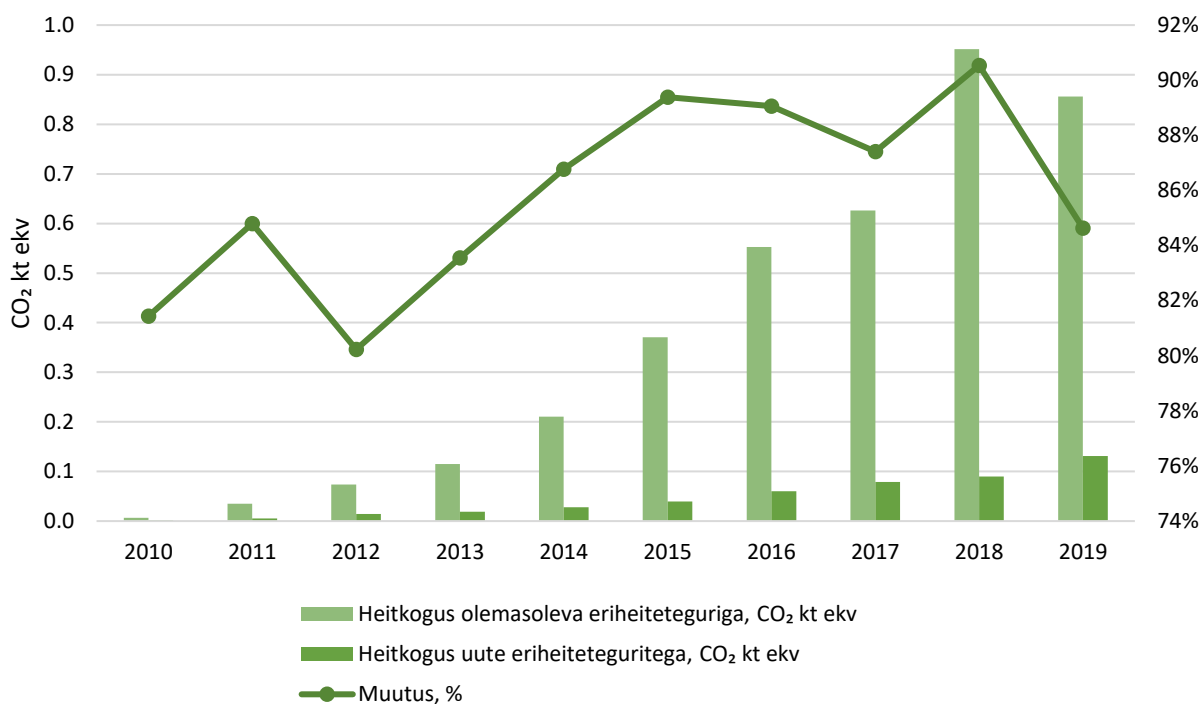


Joonis 48 NO_x heitkoguste võrdlus 2010-2019



Joonis 49 NMVOC heitkoguste võrdlus 2010-2019

Kasvuhoonegaaside CH₄ ja N₂O muutus CNG sõidukitele on esitatud CO₂ ekvivalendina alljärgneval joonisel.



Joonis 50 Kasvuhoonegaaside heitkoguste võrdlus 2010-2019

Transpordisektori KHG ja õhusaasteainete eriheitetegurite uuendamise kokkuvõte

Töös analüüsiti erinevaid andmebaase selgitamaks välja eriheitetegurid kasvuhoonegaasidele CH₄ ja N₂O ning õhusaasteainetele NO_x ja NMVOC, et parandada ja täpsustada KHG-de inventuuris transpordisektori gaasisõidukite heitkoguseid. Andmebaasist kogutud andmete analüüsi käigus selgus, et kasutusele on võimalik võtta Rootsi eriheitetegurid.

Kontrollarvutustest nähtub, et uute eriheitetegurite kasutusele võtuga langeksid CH₄ heitkogused 74-88%, N₂O heitkogused 97-100%, NO_x heitkogused langeksid 3-14%, kuid tõuseksid aastatel 2010, 2011, 2012, 2013 ja 2016, sest uued eriheitetegurid on nendel aastatel kõrgemad kui olemasolevad. NMVOC heitkogused langeksid 12-91%. Kasvuhoonegaaside heitkogused CO₂ ekv langeksid 4.4-5.0%.



4.4 Transpordisektori biokütuste analüüs (lõpp 2022)

Vastutav täitja: Kristin Puusepp

Sissejuhatus

Euroopa Komisjon võttis 2019. aasta detsembris vastu Euroopa roheline kokkuleppe¹⁹, mis näeb ette strateegiat, et muuta Euroopa 2050. aastaks kliimaneutraalseks. Üheks algatuseks on välja toodud, et transpordisektori heitkogused peaksid 2050. aastaks vähenema 90% võrra ning olulist tähelepanu pööratakse alternatiivkütuste arendamisele, nende toomisele ja kasutuselevõtu soodustamisele.

Transpordisektori eesmärgid ja heitkoguseid reguleerivad Euroopa Liidus jagatud kohustuse otsus ja jagatud kohustuse määrus.

Euroopa parlament ja nõukogu võtsid 23. aprillil 2009 vastu jagatud kohustuse otsuse (ESD)²⁰, mille kohaselt on liikmesriikidel kohustuslikud iga-aastased kasvuhoonegaaside vähendamise või piiramise eesmärgid aastateks 2013-2020 kõikides sektorites, mis ei kuulu lubatud heitkoguste ühikute kauplemise süsteemi (HKS). Euroopa Liidu ühine eesmärk on vähendada heitkoguseid 10% võrra võrreldes 2005. aastaga ning Eestil oli lubatud kuni 11%-ne kasv võrreldes 2005. aastaga.

30. mail 2018 võeti vastu aastateks 2021-2030 uus liikmesriikide vaheline kokkulepe ehk jagatud kohustuse määrus (ESR)²¹, milles käsitletakse liikmesriikide kohustust vähendada kasvuhoonegaaside heidet aastatel 2021–2030, ning pikendati ja täiendati ESD süsteemi 2030. aastani, eesmärgiga täita Pariisi kliimaleppega võetud kohustusi. EL-il on kohustus summaarselt vähendada heiteid 30% võrreldes 2005. aasta tasemega ning Eesti on eesmärgiks võtnud vähendada heitkoguseid 13%.

Euroopa Komisjon esitas 14. juulil 2021 paketi „Eesmärk 55“ („Fit for 55“)²², mille sisuks on ettepanekud ELi õigusaktide läbivaatamiseks ja ajakohastamiseks. Paketi kohaselt suurendatakse ettepanekuga ESR sektorite kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamist seniselt 30%-lt 40%-le võrreldes 2005. aasta tasemega. Eestile tähendaks see senise 13% vähendamise asemel 24%-st kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamist ESR sektoris.

2020. aastal oli transpordisektori heide Eestis 2,25 miljonit tonni CO₂ ekvivalenti, millest maanteetransport moodustas 97,3%. Kogu sektori heitkogused moodustasid riiklikust kasvuhoonegaaside koguheitest 18,8%.

¹⁹ Euroopa Komisjoni teatis COM (2019) 640 final: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>

²⁰ Euroopa Parlamendi ja nõukogu otsus nr 406/2009/EÜ: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?qid=1507005285645&uri=CELEX:32009D0406>

²¹ Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus nr (EL) nr 2018/842: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018R0842&from=EN>

²² Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus COM(2021) 555 final: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX:52021PC0555>



Seoses segamiskohustusega võetakse järk-järgult kasutusele vedelad biokütused, mille tootmiseks on kasutusel fossiilse päritoluga tooraineid, mida peab kajastama KHG inventuuris. Kütuse tarbimisse lubajal on kohustus alates 1.05.2018 lisada mootoribensiini ja diislikütusesse biokütust selliselt, et selle koguenergia osakaal kütuses oleks vähemalt 3,1%. Alates 01.04.2019 6,4%, alates 01.01.2020 10%, kuid mitte vähem kui 6,4% igas liitris, alates 01.01.2021 10% ja alates 01.01.2022 vähemalt 7,5%²³.

Praeguseni on KHG inventuuris kasutatud fossiilse tooraine osakaalu, mis ei sisalda riigispetsiifilisi hinnanguid biokütuse tootmisele kulunud fossiilse tooraine kohta. Eesti on saanud selle teema osas ka ÜRO auditi soovitusi.

Töö eesmärk on uuendada Eesti riikliku KHG inventuuri biokütuste heitkoguste hinnanguid transpordisektoria hinnanguid. Projekti eesmärgiks on erialakirjanduse analüüsimine, et välja selgitada biokütuste tootmisele kulunud fossiilse tooraine osakaalu vedelate biokütuste tootmisel ning täpsustada fossiilset ja biogeenset päritolu CO₂ heitkoguseid biokütustest. Vedelate biokütuste alla kuuluvad biodiisli ja bioetanool.

Käesoleva ajani on riikliku KHG inventuuri koostamisel vedelate biokütuste CO₂ heitkoguste arvutamiseks kasutatud väikeväärtuseid, mida on võimalik uuendada, ja Tier 1 meetodikat. Tier 1 on kõige üldisem meetodika ning arvutustes ei ole võimalik kasutada riigispetsiifilisi andmeid, mida saab Eestis osade vedelatele biokütustele kindlaks määrata. Aruandes on välja toodud olemasolevad andmed, mida kasutatakse biodiisli ja bioetanooli CO₂ heitkoguste arvutamiseks.

IPCC 2006 juhistes puuduvad täpsemad andmed fossiilse süsiniku osakaalud biokütuste kohta, mida arvutustes kasutada. 2018. aastal ÜRO auditi käigus liikmesriigi poolt tõstatatud teema järgselt loodi dokument, mille eesmärk on tagada liikmesriikide vahel ühtne seisukoht, et leppida kokku võimalikud viisid, kuidas hinnata biokütuste fossiilse süsinikusisaldusega seotud CO₂ heitkoguseid. Dokument hõlmab kõiki võimalikke biokütuse liike, mida kasutatakse diisli ja bensiini asendamiseks. Euroopa Liidu liikmesriikide vahel lepiti dokumendi sisus kokku WG I kohtumisel 2018. aasta oktoobris ning see on avaldatud teadusartiklina²⁴.

Biodiislikütus

Tänapäeval tuntakse maailmas kahte liiki biodiislikütust – FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) ja HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*). Mõlema tooraineks on biomass (taimsete õlid, loomsed rasvad), kuid nende toomise tehnoloogiad on erinevad. FAME-t kasutatakse alati segatuna diislikütusesse, kus selle sisaldus ei tohi ületada seitset mahuprotsenti²³, HVO-d segatakse samuti diislikütusesse sama sisalduse juures või kasutatakse 100% puhtana.

FAME ehk rasvhapete metüülestrid on esimese põlvkonna biokütus, mis on saadud taimsete õlide või loomsete rasvade reageerimisel metanooliga katalüsaatorite juuresolekul, moodustades rasvhappe metüülestri ja glütserooli. Glütserool eraldatakse kõrvalsaadusena.

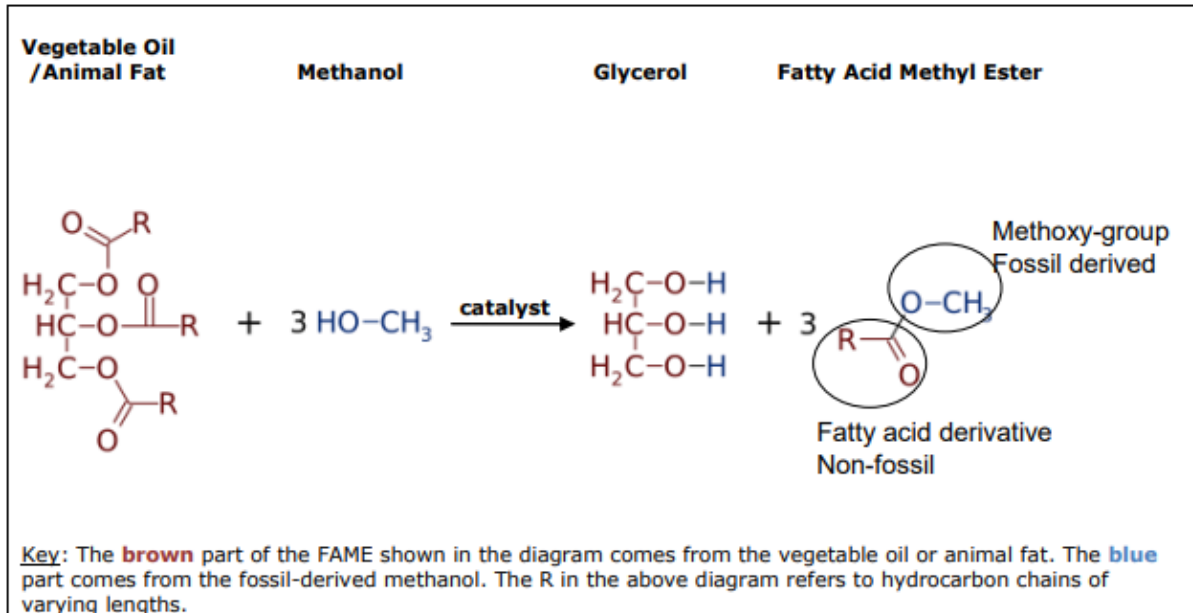
²³Vedelkütuse seadus, RT I 2003, 21, 127: <https://www.riigiteataja.ee/akt/118052022017?leiaKehtiv>

²⁴Carbon Management, Volume 12, 2022: Fossil fraction of CO₂ emission of biofuels <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17583004.2022.2046173>



FAME toomisel kasutatakse fossiilse päritoluga metanooli ja fossiilse süsiniku osa on pärit metanooli metüülgrupist. Alloleval joonisel on välja toodud FAME tootmise keemiline reaktsioon ja fossiilse süsiniku päritolu.

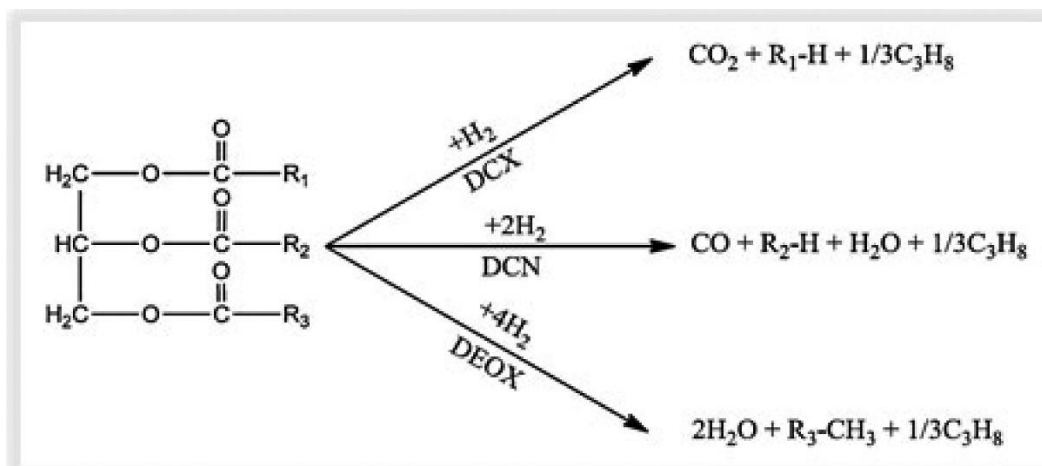
Fossiilse süsiniku osakaal FAME-s on vahemikus 5.3-5.5% ja sõltub taimse või loomse rasva tüübist, mida toorainena kasutatakse²⁴.



Joonis 51 FAME tootmise keemiline reaktsioon²⁵

HVO ehk hüdrogeenitud taimeõli on teise põlvkonna biokütus, mis on toodetud triglütseriide sisaldavate lähteainete (taimne õli, loomne rasv, biomassi jäätmed või jäägid) hüdrotootlusel. Kogu süsinikku võib pidada biogeense päritoluga (ilma fossiilse osata) süsinikuks. Tooraine töödeldakse variatsioonidega tavapärase nafta rafineerimisest, sealhulgas vesinikuga töödeldes. HVO tootmise keemiline reaktsioon on näidatud alloleval joonisel.

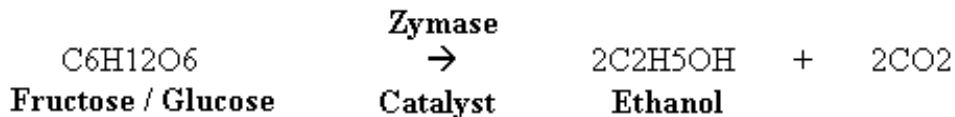
²⁵ OFGEM, Renewables Obligation: Biodiesel and fossil-derived bioliquids guidance: <https://www.ofgem.gov.uk/publications/renewables-obligation-biodiesel-and-fossil-derived-bioliquids-guidance-2015>



Joonis 52 HVO toomise keemiline reaktsioon

Bioetanool

Bioalkoholid (biometanool, bioetanool ja biobutanool) on toodetud biomassi fermenteerimise teel ensüümide juuresolekul ning neis sisalduv süsinik on 100% bio-päritolu süsinikuks. Bioetanooli muundatakse ETBE-ks (etüül-tert-butüüleeter) bioetanooli ja isobutüleeni segamise teel katalüsaatori juuresolekul. Kuna isobutüleeni saadakse fossiilsest rafineerimise või teel või maagaasist, siis ETBE-l on fossiilse süsiniku osa. Alloleval joonisel on kujutatud bioetanooli tootmise keemilist protsessi.



Joonis 53 Bioetanooli tootmise keemiline protsess

Olemasolevad andmed

Allpool on välja toodud olemasolevad andmed, mida kasutatakse hetkel inventuuris CO₂ heitkoguste arvutamiseks vedelatest biokütustest.

Tabel 57 Olemasolevad andmed vedelate biokütuste kohta

CRF 1.A.3.b	Biodiisel*	Allikas	Bioetanool	Allikas
Kütteväärtus, MJ/kg	36.1	I. Sebos; WG I – Note on fossil carbon content in biofuels	27	2006 IPCC vaikeväärtus, Table 1.2
Süsiniku sisaldus, %	76.5	I. Sebos; WG I – Note on fossil carbon content in biofuels	-	-



Fossiilse süsiniku sisaldus FAME-s, %	5.4	I. Sebos; WG I – Note on fossil carbon content in biofuels	-	-
Eriheide, kgCO₂/kg	-	-	0.698	Copert IV, version 9.0

Biodiislikütuse CO₂ eriheiteteguri arvutuskäik ja paegu kasutusel olevad parameetrid on järgmised:

- 1) FAME süsinikusisaldus = 36 MJ/kg * 76.5 %kgC/kg = 21.19 kgC/TJ
- 2) Fossiilset päritolu CO₂ eriheitetegur = 5.4 % * 21.19 kgC/TJ * (44/12) = 4.19 kgCO₂/TJ
- 3) Biogeenset päritolu CO₂ eriheitetegur (kgCO₂/TJ) = (100% - 5.4%) * 21.19 kgC/TJ * (44/12) = 73.50 kgCO₂/TJ

Bioetanooli jaoks on süsiniku eriheite ja kütteväärtuse korrutamise teel leitud süsihappegaasi eriheide energiaühiku kohta:

$$\text{Bioetanooli süsiniku eriheitetegur} = 0.698 \text{ tCO}_2/\text{t} * 27 \text{ MJ/kg} = 25.45 \text{ tCO}_2/\text{TJ}$$

Alljärgnevas tabelis on esitatud praeguse ajani inventuuris kasutatud andmed CO₂ heitkoguste arvutamiseks.

Tabel 58 Arvutuste teel leitud eriheitetegurid biodiislikütusele ja bioetanoolile

Parameeter	Biodiisel	Bioetanool
Süsinikusisaldus, kgC/TJ	21.19	25.45
CO₂ eriheitetegur, kgCO₂/TJ (fossiilne+biogeenne)	77.70	-
Fossiilse CO₂ eriheitetegur, kgCO₂/TJ	4.19	-
Biogeense CO₂ eriheitetegur, kgCO₂/TJ	73.5	-

Tarbitud kütuse kogused Eesti kohta biodiislikütusele ja bioetanoolile on saadaval aastatele 2005-2021 ja on saadud transpordisektoris CH₄ ja N₂O heitkoguste hindamisel kasutatud Copert 5²⁶ programmist ühikus TJ.

Inventuuris heitkoguste arvutamisel on siamaani eeldatud, et 100% biodiisel on FAME. Süsinikusisalduse, fossiilse süsiniku sisalduse ja kütteväärtuse valikul on eelduseks olnud

²⁶ COPERT kodulehekülj <https://www.emisia.com/utilities/copert/>



biodiisli tootmisel lähteaine vaikevalik (eeldusel, et FAME on toodetud 50% rapsiõli/30% päevalilleõli/ 20% palmiõli²⁴).

Copertis on olemas nii FAME osakaal kogu biodiislist (*Share of FAME in biodiesel*) kui ka ETBE osakaal kogu bioetnaolist (*Share of ETBE in bioethanol*) kogu aegreale, mille järgi saab biodiisli jaotada FAME-ks ja HVO-ks ja bioetanooli ETBE-ks ja bioetanooliks. Aastatele 2005-2018 on FAME osakaaluks kasutatud väärtust 85,5%, aastatele 2019-2021 on kasutatud riigispetsiifilisi andmeid, mille on välja arvutanud Eesti Keskkonnaagentuur neile saadetud kütuse müügiandmete kaudu Eesti Maksu- ja tolliameti poolt kütusekoguste TJ-de pealt. Biodiisli ja bioetanooli jaotus on esitatud Tabel 59. ETBE tarbimine on ainult 2019. aastal.

Tabel 59 Biodiisli ja bioetanooli jaotus 2005-2021

	2005-2018	2019	2020	2021
FAME osakaal, %	85.5	60.1	50.7	37.9
HVO osakaal, %	14.5	39.9	49.3	62.1
Bioetanooli osakaal, %	100	96.7	100	100
ETBE osakaal, %	0	3.3	0	0

FAME, HVO ja ETBE osakaale kasutusele võttes saab edaspidi hakata inventuuri heitkogustes arvestama ka HVO ja ETBE heitkoguseid.



Metoodika ja eriheitetegurite valik

FAME

FAME koostise jaoks analüüsiti diislikütuseproove Eesti Keskkonnauuringute kütuselaboris Tallinnas. Analüüsidel kasutatavad meetodikad on akrediteeritud Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt. FAME sisaldus on määratud Euroopa kütusestandardi EVS-EN 14078:2014²⁷ järgi. Laborianalüüside käigus määrati kindlaks fossiilse süsiniku osa. Kütteväärtuste määramisel kasutati laborianalüüside tulemusi ja kirjandusallikate analüüsi.

Analüüsiti 27 FAME osa proovi, millest eraldati 27-st diislikütuse proovist spetsiaalse SPE padruniga. Seejärel analüüsiti eraldatud FAME-t gaaskromatograafiliselt, et teada saada rasvhappemetüülestri sisaldused igas proovis. Rasvhappemetüülestritel on erinev süsinike arv ning proovides leidis 14 erinevat rasvhappemetüülestrit – C14, C14:1, C16, C16:1, C18, C18:1, C18:2, C18:3, C20, C20:1, C20:3, C22, C22:1, C24. Number tähistab süsiniku aatomite kogust. Eeldati, et igas metüülestris on üks metüülrühma süsinik ning arvutati välja fossiilse süsiniku protsent.

Seejärel arvutati fossiilse süsiniku protsendi kaudu fossiilse süsiniku kogus igas metüülestris ja sealtkaudu igas proovis. Saadud fossiilse süsiniku osakaaludest proovi kohta leiti mediaanväärtus, mis on Eesti keskmine fossiilse süsiniku osakaal FAME-s. Alljärgnevas tabelis on esitatud fossiilse süsiniku osakaal igas proovis.

FAME süsinikusisaldus on leitud kõikide 14 estrite molaarmasside ja süsiniku molaarmassi kaudu. Kuigi kirjanduses on välja pakutud, et fossiilse süsinikus osakaal FAME-s jääb vahemikku 5.3-5.5%, siis mediaanväärtus on välja arvatud riigispetsiifiliste andmete pealt ja ei erine väga palju vahemiku alumisest väärtusest ning selle saab uue väärtusena kasutusele võtta.

Tabel 60 Fossiilse süsiniku osakaal FAME proovides

Proovi number	Fossiilse süsiniku osakaal, %
KS20-208C	5.29
KS21-662C	5.54
KS19-435B	5.28
KS21-624C	5.53

²⁷Liquid petroleum products – Determination of fatty acid methyl ester (FAME) content in middle distillates: <https://www.evs.ee/et/evs-en-14078-2014>



Proovi number	Fossiilse süsiniku osakaal, %
KS18-747C	5.28
KS18-763C	5.27
KS18-797C	5.27
KS18-778C	5.28
KS18-787C	5.28
KS18-781C	5.28
KS18-757C	5.27
KS18-732C	5.27
KS20-211C	5.30
KS18-735C	5.27
KS20-190C	5.29
KS20-223C	5.37
KS20-214C	5.28
KS18-729C	5.27
KS18-744C	5.27
KS18-791C	5.27
KS18-794A	5.27
KS20-217C	5.28
KS21-647C	5.52



Proovi number	Fossiilse süsiniku osakaal, %
KS21-681A	5.36
KS18-750C	5.27
KS18-766C	5.27
KS18-784C	5.27
Mediaan, %	5.28

Kuigi kirjanduses on välja pakutud, et fossiilse süsinikus osakaal FAME-s jääb vahemikku 5.3-5.5%, siis mediaanväärtus on välja arvatud riigispetsiifiliste andmete pealt ja ei erine väga palju vahemiku alumisest väärtusest ning selle saab uue väärtusena kasutusele võtta.

Tabel 61 Elementide osakaal FAME-s

Element	Osakaal, %
Süsinik	76.75
Vesinik	12.24
Hapnik	11.01

Kütteväärtus on välja arvatud teoreetiliselt, et kasutada võimalikult suures osas olemasolevaid tulemusi laborianalüüsides. Laborianalüüsides on FAME kogused esitatud mahuprotsentides. Mahuprotsendid arvutati läbi diislikütuse ja FAME tiheduse ümber massiprotsentideks. Edasi leiti diislikütuses sisalduva FAME erinevate rasvhappemetüülestrite massiosad. Järgmiseks arvutati massiosad ümber 100%-lise FAME jaoks, mis korrutati vastava metüülestri ülemise kütteväärtusega. Kütteväärtused liideti kokku, et oleks teada iga proovi ülemine kütteväärtus

Metüülestrite kütteväärtused on esitatud alljärgnevas tabelis.

**Tabel 62** Metüülestrite kütteväärtused

Metüülestri tähis	Kütteväärtus, MJ/kg
C14	39.0
C14:1	39.1
C16:0	39.8
C18	40.4
C18:2	40.1
C18:3	40.0
C20	40.9
C20:1	40.8
C20:2	40.7
C20:3	40.6
C22	41.4
C22:1	41.3
C24	41.7

Proovide ülemised kütteväärtused arvutati läbi vesiniku massiprotsendi valemiga [ülemine kütteväärtus-(0.2122*vesiniku sisaldus% (Kuigi kirjanduses on välja pakutud, et fossiilse süsinikus osakaal FAME-s jääb vahemikku 5.3-5.5%, siis mediaanväärtus on välja arvatud riigispetsiifiliste andmete pealt ja ei erine väga palju vahemiku alumisest väärtusest ning selle saab uue väärtusena kasutusele võtta allolevas tabelis toodud alumised kütteväärtused.

**Tabel 63 FAME proovide ülemised ja alumised kütteväärtused**

Proovi number	Ülemine kütteväärtus, MJ/kg	Alumine kütteväärtus, MJ/kg
KS20-208C	40.22	37.51
KS21-662C	40.03	37.33
KS19-435B	40.23	37.53
KS21-624C	40.04	37.34
KS18-747C	40.23	37.53
KS18-763C	40.23	37.53
KS18-797C	40.23	37.53
KS18-778C	40.23	37.53
KS18-787C	40.23	37.53
KS18-781C	40.23	37.53
KS18-757C	40.23	37.53
KS18-732C	40.23	37.53
KS20-211C	40.17	37.46
KS18-735C	40.23	37.53
KS20-190C	40.22	37.52
KS20-223C	40.16	37.45
KS20-214C	40.23	37.53
KS18-729C	40.24	37.54



Proovi number	Ülemine kütteväärtus, MJ/kg	Alumine kütteväärtus, MJ/kg
KS18-744C	40.25	37.54
KS18-791C	40.24	37.54
KS18-794A	40.24	37.53
KS20-217C	40.23	37.52
KS21-647C	40.05	37.35
KS21-681A	40.17	37.47
KS18-750C	40.24	37.54
KS18-766C	40.24	37.53
KS18-784C	40.24	37.53
Mediaan, %		37.51

Analüüsitud FAME proovide mediaan alumine kütteväärtus 37.51 MJ/kg, mis on madalam kui diiselmootori oma madalama hapnikusisalduse tõttu, ning jääb keskmise FAME kütteväärtuse 36.2-39.2 MJ/kg piiridesse²⁸. Tabel 64 on esitatud FAME süsinikusisaldus, CO₂ eriheitetegur ja kütteväärtus, mida saab riigispetsiifiliselt kasutusele võtta.

Tabel 64 FAME süsinikusisaldus, CO₂ eriheitetegur ja kütteväärtus

FAME	Süsinikusisaldus, %	CO ₂ eriheitetegur, tCO ₂ /TJ	Kütteväärtus, MJ/kg
Fossiilne	5.28	3.96	-
Biogeenne	94.7	71.04	-
FAME	Süsinikusisaldus, %	CO ₂ eriheitetegur, tCO ₂ /TJ	Kütteväärtus, MJ/kg

²⁸ Performance and exhaust emissions of diesel engines using microalgae FAME and the prospects for microalgae HTL biocrude: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117309656>



Fossiilne+biogeenne	76.8	75	37.5
---------------------	------	----	------

HVO

HVO kütteväärtus on veidi kõrgem kui diisilil, sest HVO sisaldab rohkem vesinikku, kuid süsiniku sisaldus on madalam. Kirjandusallikatest leidub, et HVO kütteväärtus on umbes 44 MJ/kg²⁹. Ka Copertis olevate kütusekoguste arvutamisel on kasutatud samuti HVO-le kütteväärtust 44MJ/kg. Seega on võimalik kasutada näidatud kütteväärtust HVO kütusele Eesti kontekstis. Süsiniku erihte ümberarvutamiseks energiaühikule on vajalik ka HVO süsinikusisaldus. Kuigi HVO süsinikusisalduseks võib võtta ka diisli süsinikusisalduse²⁴, kuni puuduvad riigispetsiifilised andmed, sest HVO on oma koostiselt sarnane diisliga, siis süsinikusisaldus diislis on kõrgem kui HVO koostises. Diisli süsinikusisaldus sõltuvalt sisaldusest on umbes 86%. Süsinikusisaldus sõltub taime- ja loomarasvadest, mida HVO tootmisel kasutatakse. Vesinikusisaldus HVO-s on keskmiselt 15,4 massiprotsenti ja puudub hapnik. Keskmiseks süsinikusisalduseks võib lugeda 84,6%³⁰. Selle väärtuse võib Eesti andmetes kasutusele võtta, sest näitab täpsemini HVO süsinikusisaldust, kui diislikütuse oma. Allolevas tabelis on esitatud HVO kütteväärtus, süsinikusisaldus ja CO₂ eriheitetegur, mida saab riigispetsiifiliselt kasutusele võtta.

Tabel 65 HVO kütteväärtus, süsinikusisaldus ja CO₂ eriheitetegur

Parameeter	HVO
Kütteväärtus, MJ/kg	44.0
Süsinikusisaldus, %	84.6
CO ₂ eriheitetegur, tCO ₂ /TJ	70.5

Bioetanool

Bioetanoolile on võimalik võtta kasutusele CO₂ sisaldus 1.911 kgCO₂/kg_{Bioetanool}³¹. Bioetanooli keemiline valem on C₂H₆O ning CO₂ sisaldus on määratud stöhhiomeetriliselt.

²⁹Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel: Trade-Off between NO_x, Particulate Emission, and Fuel consumption of a Heavy Duty Engine:

https://www.researchgate.net/publication/228402654_Hydrotreated_Vegetable_Oil_HVO_as_a_Renewable_Diesel_Fuel_Trade-Off_between_NOx_Particulate_Emission_and_Fuel_Consumption_of_a_Heavy_Duty_Engine

³⁰Evaluation of a hydrotreated vegetable oil (HVO) and effects on emissions of a passenger car diesel engine: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmech.2018.00007/full>



Stõhhiomeetiline süsinikuisaldus bioetanoolil on 52,1%. Sellega saab parandada eelmist kasutatud süsinikuisaldust, milleks oli 0.698 kgCO₂/kg_{bioetanool}.

Kütteväärtust saab uuendada Coperti andmete kaudu, sest need on välja arvatud alates 2019. aastast kasutades müüdnud kütusekoguseid Eestis aastatele 2019-2021. Aastatele 2005-2018 on kasutatud etanooli kütteväärtuse vaikeväärtust 26.8 MJ/kg. Seega saab riigispetsiifilised kütteväärtused kasutusele võtta alates 2019. aastast ning tagasiulatuvalt pikendada neid andmeid, et võtta kasutusele riigispetsiifilised andmed. Edaspidi saab igale järgnevale aastale välja arvutada riigispetsiifilise kütteväärtuse vastavalt müüdnud kütuse andmetele. Allolevas tabelis on toodud kütteväärtused, süsinikuisaldus ja CO₂ eriheitetegur, mida saab riigispetsiifiliselt bioetanoolile kasutada.

Tabel 66 Bioetanooli kütteväärtus, süsinikuisaldus ja CO₂ eriheitetegur

Bioetanool	2005-2019	2020	2021
Kütteväärtus, MJ/kg	27.8	27.3	27.3
Süsinikuisaldus, %	52.1	52.1	52.1
CO ₂ eriheitetegur, tCO ₂ /TJ	68.8	70.1	70.1

ETBE

Coperti andmetest tuleb välja, et ETBE osakaal bioetanoolis on 2019. aastal 3.3%, seega on ETBE tarbimine Eesti kohta olemas ainult 2019. Võimalik on kasutusele võtta stõhhiomeetiline süsinikuisaldus 70.5%, mis annab CO₂ eriheiteteguriks 2.58 kgCO₂/kg_{ETBE}³¹. ETBE keemiline valem on C₆H₁₄O ning CO₂ sisaldus on määratud stõhhiomeetrilise süsiniku sisalduse järgi. Kütteväärtusena on võimalik kasutada 36.2 MJ/kg³², kuna riigispetsiifilised andmed puuduvad. Fossiilset päritolu süsiniku osakaaluks saab võtta 66.7%, mis on esitatud WG I juhistes, kuna riigispetsiifilisi andmeid ei ole võimalik määrata. Uuendatud ETBE süsinikuisaldus, CO₂ eriheitetegur ja kütteväärtus on toodud allolevas tabelis.

Tabel 67 ETBE kütteväärtus, süsinikuisaldus ja CO₂ eriheitetegur

FAME	Süsinikuisaldus, %	CO ₂ eriheitetegur, tCO ₂ /TJ	Kütteväärtus, MJ/kg
Fossiilne	66.7	47.63	-
Biogeenne	33.3	23.78	-

³¹EMEP/EEA 2019 Guidebook, Part B, 1. Energy, 1.A Combustion, 1.A.3.b.i-iv Road Transport, Table 3-29

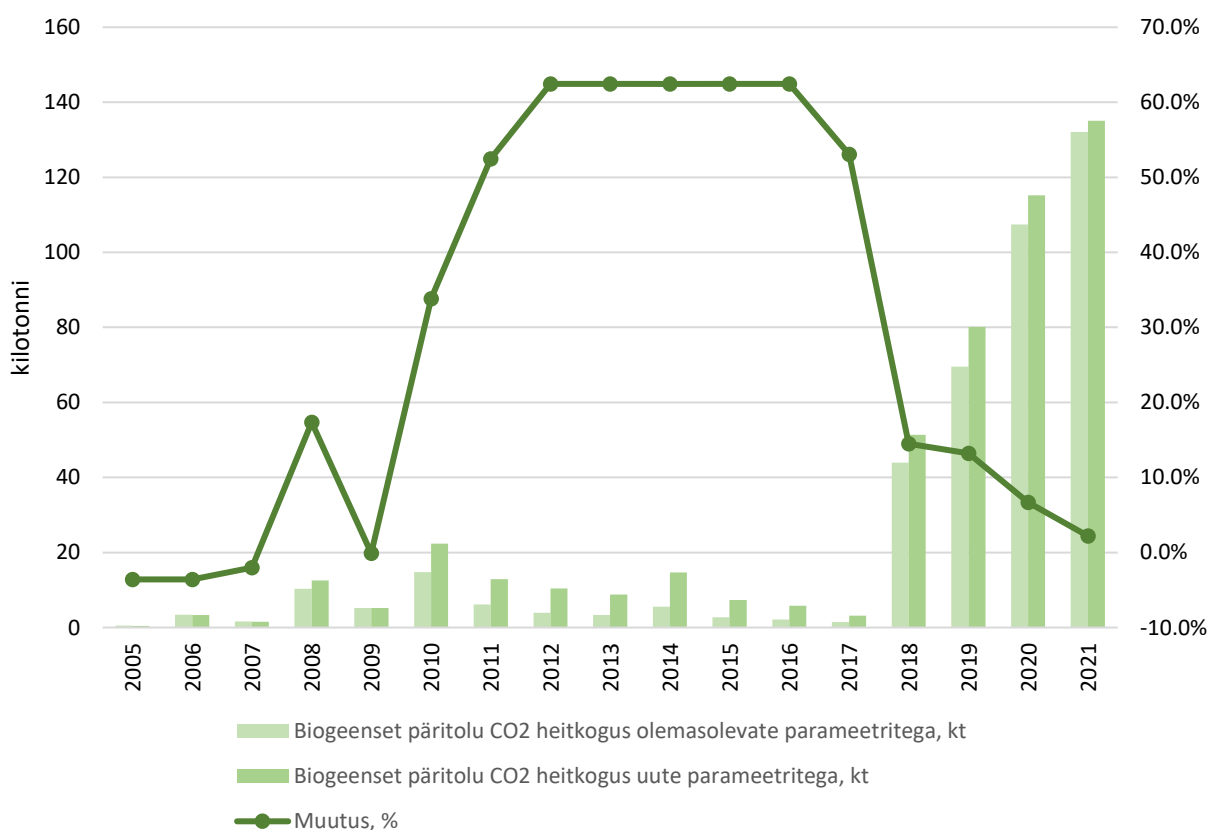
³²EMEP/EEA 2019 Guidebook, Part B, 1. Energy, 1.A Combustion, 1.A.3.b.i-iv Road Transport, Table 3-28



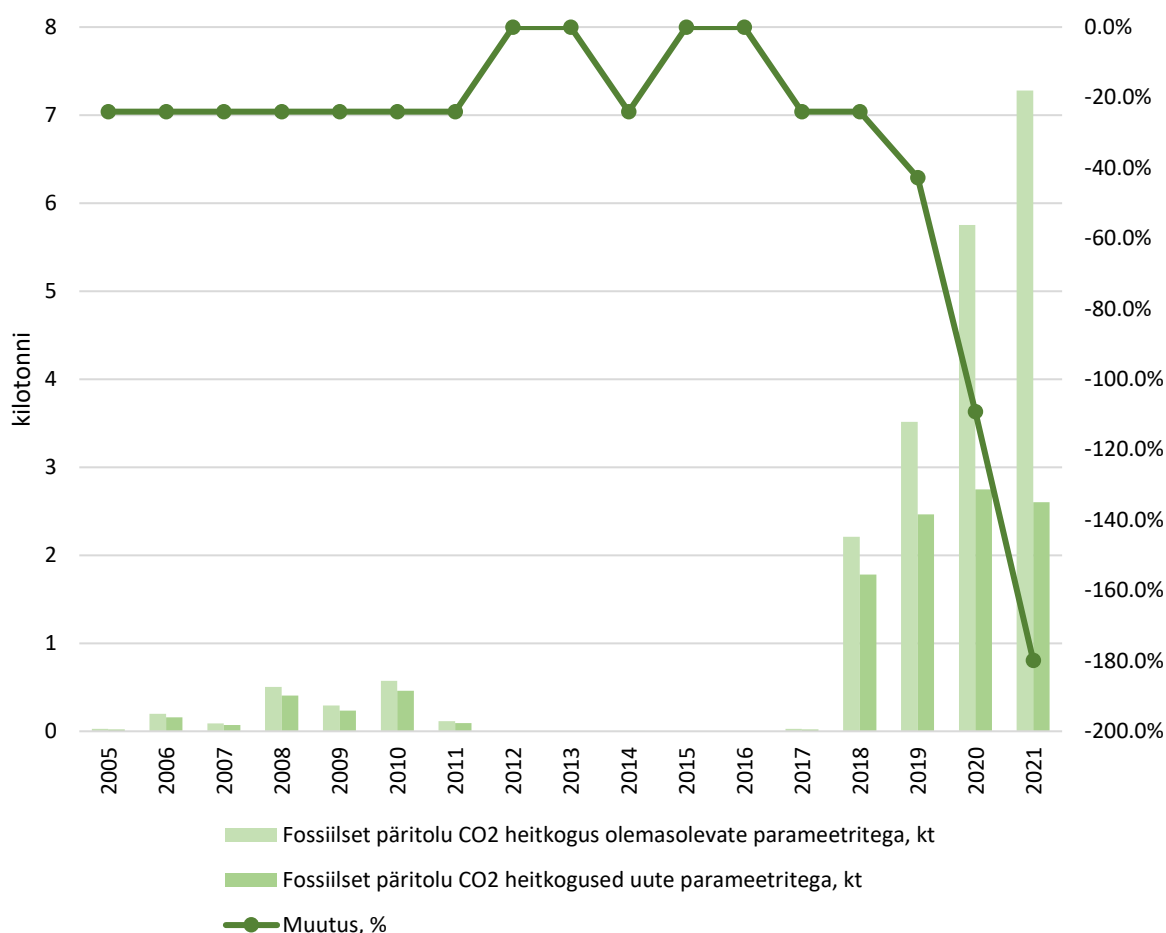
FAME	Süsinikusisaldus, %	CO ₂ eriheitetegur, tCO ₂ /TJ	Kütteväärtus, MJ/kg
Fossiilne+biogeenne	70.5	71.4	36.2

Kontrollarvutused

Kontrollarvutused on tehtud heitkogustele praeguste fossiilset päritolu süsiniku osakaalude ja eriheiteteguritega ja uute fossiilse süsiniku päritolu osakaalude ja eriheiteteguritega vedelatele biokütustele. Heitkogused on välja toodud eraldi fossiilset ja biogeenset päritolu. Biogeense CO₂ heitkogused on välja toodud Joonis 54 ja fossiilse CO₂ heitkogused Joonis 55.



Joonis 54 Biogeenset päritolu CO₂ heitkoguste võrdlus 2005-2021



Joonis 55 Fossiilset päritolu CO2 heitkoguste võrdlus 2005-2021

Aastatel 2012, 2013 2015 ja 2015 ei toimunud FAME ja ETBE tarbimist ning heitkogused puuduvad.

Kokkuvõte

Töö käigus täpsustati biokütuste fossiilset ja biogeenset päritolu CO₂ heitkoguseid uuendades fossiile ja biogeense süsiniku osakaalusid ja biokütuste kütteväärtuseid. Töö käigus sai täpsustada FAME fossiilset päritolu süsiniku osakaalu ja kütteväärtust, bioetanooli CO₂ eriheitetegurit ja kütteväärtust. Samuti sai kasutusele võtta andmed HVO ja ETBE biokütuste kohta ja leida neile sobivad CO₂ eriheitetegurid.

Kontrollarvutustest võib näha, et uute eriheitetegurite kasutusele võtuga langeksid biogeenset päritolu CO₂ heitkogused aastatel 2005-2007 ja 2009 0,11-3,6% ja tõuseksid aastatel 2008 ja 2010-2019 2,2-62,5%. Langust põhjustab FAME fossiilse ja biogeense osakaalu protsendi langus ja tõus on põhjustatud bioetanooli CO₂ eriheite täpsustamisest ja HVO raporteerimisest biokütusena.

Uute eriheitetegurite kasutusele võtuga langeksid fossiilset päritolu CO₂ heitkogused kogu aegrea lõikes 24,0-179,8%. Langust põhjustab asjaolu, et HVO kütust on võimalik nüüd raporteerida biokütusena ning täpsustusid FAME CO₂ eriheitetegur ja kütteväärtus.



4.5 Integreeritud KHG ja õhusaasteainete transpordiprognoside süsteem (lõpp 2023)

Vastutav täitja: Stanislav Štökov

2021. aastal otsustas EMISIA (COPERTi ja Sybil programmi looja), et loobub Sybil programmi toetamisest ja eraldi haldamisest. Selle asemel loodi Sybil Baseline, mis ühildub COPERTi (versioon 5.5.1) arvutusmudeliga. Sybil Baseline'iga säilitati eelmise programmi võimekus, et oleks võimalik maateetranspordi prognoose koostada, kuid „jooksutamine“ toimub nüüd lihtsalt läbi COPERTi, mis on EKUK-is kasutusel. EKUK soetas Sybil Baseline litsentsi.

2022. aastal jätkati tegevusega juurutades Sybil Baseline Euroopa Komisjoni (EK) prognoosidesse (maanteetransport), mille tulemused avaldati 15.03.23.

4.6 Maanteetranspordi heitkoguste arvutuspõhimõtete ülevaatamine (lõpp 2023)

Vastutav täitja: Stanislav Štökov

Antud projekti eesmärk on täpsustada maanteetranspordist pärinevaid KHG ja välisõhu heitkoguseid läbi sõidukipargi detailsemate andmete, mida kasutatakse COPERT mudelis modelleerimisel. Projekt koosneb 5 tegevusest:

1. Uute sõidukitüüpide lisamine arvutustesse ja senise sõidupargi detailsem klassifitseerimine
2. Hinnata kui suured on veoautode aastased läbisõidud, mis tehakse väljaspool Eestit (vanuse ja täismassi lõikes), lisaks vaadatakse kuidas kajastada haagistega veoautosid inventuurides.
3. Busside jaotus maakondlikeks ja linnasisesteks sõitudeks (algandmete koondamine ning arvutuste teostamine), sh läbisõidud, keskmine kiirus, osakaal linnades/maanteel jne
4. 2-taktiliste ja 4-taktiliste L-kategooria sõidukite jaotus.
5. Ajalooliste andmete (1990-2000) korrigeerimine.

Kolm esimest tegevust viidi läbi 2022. aastal. Ülejäänud tegevustega jätkati 2023. aastal.



4.1.1 Uute sõidukitüüpide lisamine arvutustesse ja senise sõidupargi detailsem klassifitseerimine

Antud tegevuste raames analüüsiti Transpordiameti arvel olevate sõidukite statistikat, mille põhjal koostati bensiini ja diisel hübriidide tegevuse andmed ajavahemikus 2001-2021³³. Hübriidid olid jaotatud vastavalt mootorimahule suurusklassi (väike, keskmine ja suur auto, Tabel 68) ning registreerimisaastale ka EURO-klassi, millest sõltuvad nii CH₄ ja N₂O heitkogused kui ka väliõhu saasteainete heitkogused (Tabel 69).

Tabel 68 Sõiduautode jaotus suurusklassi

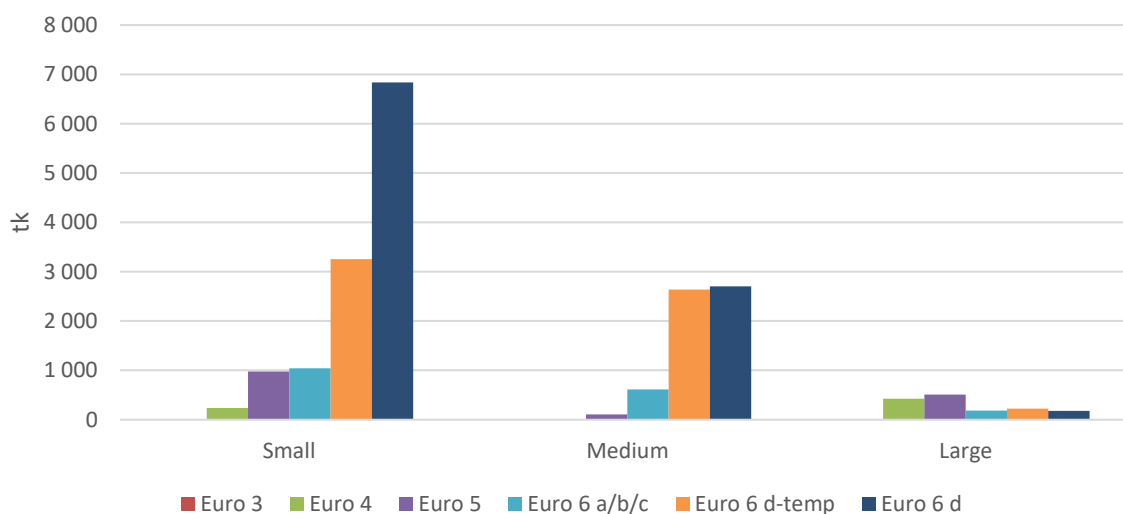
Suurusklass	Mootorimaht (cm ³)	
Väike sõiduauto	0	2000
Keskmine sõiduauto	2000	3000
Suur sõiduauto	3000

Tabel 69 EURO-klasside rakendusaastad

EURO-klass	Rakendusvahemik	
Euro 3	2001	2005
Euro 4	2005	2009
Euro 5	2009	2014
Euro 6 a/b/c	2014	2017
Euro 6 d-temp	2017	2020
Euro 6 d	2020	...

2021. aasta lõpuseisuga on Eestis registreeritud 19 953 hübriid sõiduautot, millest 17 427 tki on bensiin hübriidid ning 2 526 tki diisel hübriidid. Hübriidide täpsema jaotuse EURO-klasside lõike näeb Joonis 56. Detailsema jaotuse hübriidi tüübi, sõiduauto suurusklassi, EURO-klassi ja registreerimisaasta lõikes leiab Tabel 70 ning Tabel 71.

³³ Esimene hübriid oli registreeritud 2001. aastal, mistõttu varasemaid aastaid (1990-2000) ei olnud tarvis analüüsida.



Joonis 56 Hübriid sõiduautode jaotus EURO-klasside lõikes 2021. aasta seisuga, tk

Tabel 70 Bensiini-hübriid sõiduautode jaotus suurusklassi, EURO-klassi ning registreerimisaasta järgi

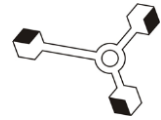
Bensiini-hübriid	Väike					
	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6 a/b/c	Euro 6 d-temp	Euro 6 d
2001	3	0	0	0	0	0
2002	1	0	0	0	0	0
2003	2	0	0	0	0	0
2004	13	0	0	0	0	0
2005	0	23	0	0	0	0
2006	0	44	0	0	0	0
2007	0	73	0	0	0	0
2008	0	99	0	0	0	0
2009	0	0	126	0	0	0
2010	0	0	189	0	0	0
2011	0	0	189	0	0	0
2012	0	0	219	0	0	0
2013	0	0	205	0	0	0
2014	0	0	0	289	0	0
2015	0	0	0	313	0	0
2016	0	0	0	431	0	0
2017	0	0	0	0	659	0
2018	0	0	0	0	864	0
2019	0	0	0	0	1564	0
2020	0	0	0	0	0	1719
2021	0	0	0	0	0	4096
Bensiini-hübriid	Keskmine					
	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6 a/b/c	Euro 6 d-temp	Euro 6 d
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0



Bensiin-hübrid	Väike					
	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6 a/b/c	Euro 6 d-temp	Euro 6 d
2005	0	1	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0
2007	0	1	0	0	0	0
2008	0	1	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	7	0	0	0
2011	0	0	3	0	0	0
2012	0	0	8	0	0	0
2013	0	0	45	0	0	0
2014	0	0	0	115	0	0
2015	0	0	0	133	0	0
2016	0	0	0	281	0	0
2017	0	0	0	0	482	0
2018	0	0	0	0	618	0
2019	0	0	0	0	979	0
2020	0	0	0	0	0	850
2021	0	0	0	0	0	1284
Bensiin-hübrid	Suur					
	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6 a/b/c	Euro 6 d-temp	Euro 6 d
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0
2005	0	25	0	0	0	0
2006	0	97	0	0	0	0
2007	0	155	0	0	0	0
2008	0	148	0	0	0	0
2009	0	0	83	0	0	0
2010	0	0	117	0	0	0
2011	0	0	87	0	0	0
2012	0	0	132	0	0	0
2013	0	0	91	0	0	0
2014	0	0	0	69	0	0
2015	0	0	0	40	0	0
2016	0	0	0	77	0	0
2017	0	0	0	0	82	0
2018	0	0	0	0	81	0
2019	0	0	0	0	58	0
2020	0	0	0	0	0	71
2021	0	0	0	0	0	85

Tabel 71 Diisel-hübrid sõiduautode jaotus suurusklassi, EURO-klassi ning registreerimisaasta järgi

Diisel-hübrid	Väike					
	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6 a/b/c	Euro 6 d-temp	Euro 6 d
2001	0	0	0	0	0	0



Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	35	0	0	0
2013	0	0	17	0	0	0
2014	0	0	0	4	0	0
2015	0	0	0	4	0	0
2016	0	0	0	2	0	0
2017	0	0	0	0	1	0
2018	0	0	0	0	5	0
2019	0	0	0	0	160	0
2020	0	0	0	0	0	330
2021	0	0	0	0	0	692
Diiseli-hübrid	Keskmine					
	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6 a/b/c	Euro 6 d-temp	Euro 6 d
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	2	0	0	0
2013	0	0	41	0	0	0
2014	0	0	0	36	0	0
2015	0	0	0	41	0	0
2016	0	0	0	9	0	0
2017	0	0	0	0	14	0
2018	0	0	0	0	182	0
2019	0	0	0	0	361	0
2020	0	0	0	0	0	191

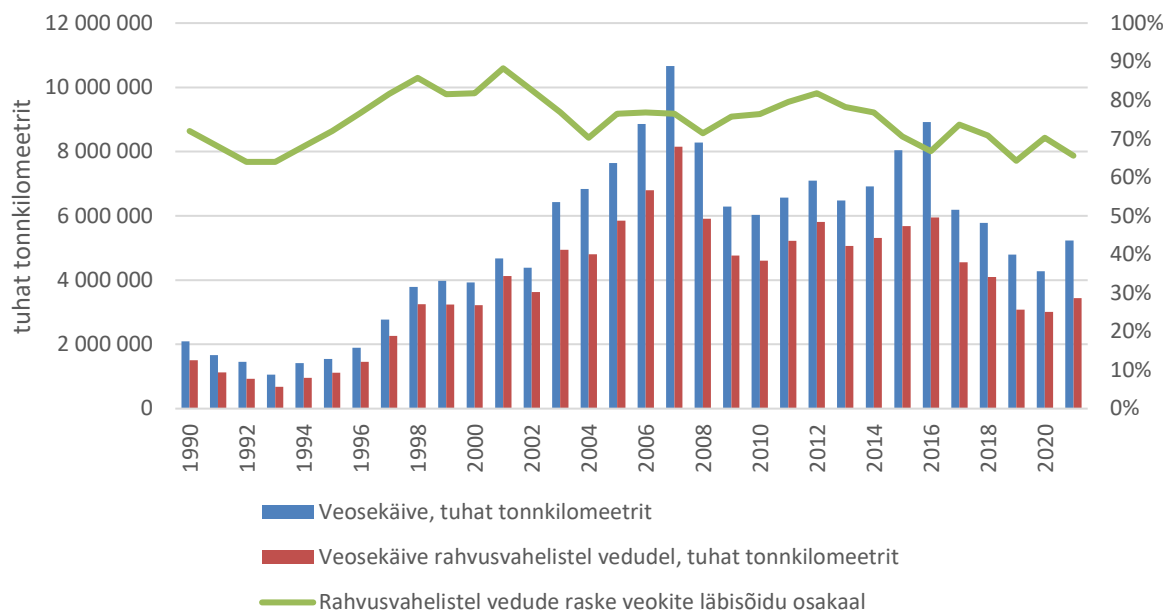


2021	0	0	0	0	0	376
Diiseli-hübriid	Suur					
	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6 a/b/c	Euro 6 d-temp	Euro 6 d
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0
2015	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	2	0
2020	0	0	0	0	0	21
2021	0	0	0	0	0	0

4.1.2 Veoautode statistika

Tegevuse eesmärki oli hinnata kui suured on veoautode aastased läbisõidud, mis tehakse väljaspool Eestit (vanuse ja täismassi lõikes), lisaks vaadati kuidas kajastada haagistega veoautosid inventuurides.

Transpordiamet hindab raske veokite läbisõitu välismaal läbi Statistikaameti andmete, mille näitajaks on veosekäive (tuhat tonnkilomeetrit). Raske veokite välismaa läbisõidu arvutamiseks oli aluseks võetud Statistikaameti andmebaasis tabelid TS121 ja TS13, mille puudu olevad andmed (1990-1995) oli koostatud vastavalt tuleviku trendidele. Tulemusena valmis raske veokite läbisõidu osakaalu välismaa ajalooline trend (1990-2021), Joonis 57.



Joonis 57 Raske veokite summaarne ja rahvusvahelistel vedude veosekäive ning läbisõidu osakaal

Saadud välismaa läbisõidu osakaalu põhjal arutati raskeveokite läbisõidud vastavalt vanuse, EURO-klassi, kütuse tüübi ja täismassi põhjal (Tabel 72).

Raskeveokite läbisõit haagistega välja selgitamiseks oli konsulteeritud Eesti Logistika ja Ekspedeerimise Assotsiatsiooniga, kelle sõnul sellist statistikat ei leidu ning hetkel ei vaadelda haagiste raske veokite läbisõite.



Tabel 72 Välismaal sõitvate raskeveokite läbisõidud sõltuvalt vanuse, EURO-klassi, kütuse tüübi ja täismassist, miljon kilomeetrit

Kategooria	Kütus	Täiss	EURO-klass	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Raskeveok	Beniin	>3,5 t	Conventional	2065	1041	668	662	552	298	359	684	994	692	595	844	412	186	63	67	103	84	52	40	39	29	27	19	16	14	11	13	9	4	3
Raskeveok	Diisel	Rigid <=7,5 t	Conventional	381	304	147	149	222	329	437	659	952	515	425	639	338	132	92	83	62	56	36	27	22	23	23	16	14	15	7	8	6	4	5
Raskeveok	Diisel	Rigid <=7,5 t	Euro I	0	0	1	4	11	22	25	35	52	34	57	253	122	76	56	28	18	22	15	13	11	16	14	9	7	6	4	5	4	3	3
Raskeveok	Diisel	Rigid <=7,5 t	Euro II	0	0	0	0	0	0	10	43	138	122	250	548	158	121	93	44	37	44	32	30	28	37	34	23	19	15	10	12	7	6	7
Raskeveok	Diisel	Rigid <=7,5 t	Euro III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	79	54	56	50	62	63	46	52	49	63	65	46	39	31	23	29	22	16	18
Raskeveok	Diisel	Rigid <=7,5 t	Euro IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	21	24	26	31	38	37	30	26	21	15	19	11	12	10
Raskeveok	Diisel	Rigid <=7,5 t	Euro V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	8	13	13	13	11	9	13	17	8	9
Raskeveok	Diisel	Rigid <=7,5 t	Euro VI A/B/C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	9	10	6	7
Raskeveok	Diisel	Rigid <=7,5 t	Euro VI D/E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	
Raskeveok	Diisel	Rigid 7,5 - 12 t	Conventional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	16	13	20	13	8	7	8	6	6	5	4	3
Raskeveok	Diisel	Rigid 7,5 - 12 t	Euro I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7	8	9	7	7	6	5	4	4	3	3	3
Raskeveok	Diisel	Rigid 7,5 - 12 t	Euro II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	8	11	12	8	7	7	5	6	5	4	4
Raskeveok	Diisel	Rigid 7,5 - 12 t	Euro III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	18	18	24	25	21	21	17	12	17	13	10	12
Raskeveok	Diisel	Rigid 7,5 - 12 t	Euro IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	8	14	15	12	11	14	10	14	9	9	9
Raskeveok	Diisel	Rigid 7,5 - 12 t	Euro V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	5	4	6	6	9	10	7	8



Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Raske veok	Diisel	Rigid 7,5 - 12 t	Euro VI A/B/C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	2	3		
Raske veok	Diisel	Rigid 7,5 - 12 t	Euro VI D/E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
Raske veok	Diisel	Rigid 12 - 14 t	Conventional	481	367	178	181	269	409	547	796	1142	622	708	1066	660	269	251	123	108	93	9	9	9	7	8	6	3	3	2	2	1	1	1		
Raske veok	Diisel	Rigid 12 - 14 t	Euro I	0	0	1	2	6	12	14	19	28	19	82	189	131	79	40	21	22	24	2	5	3	4	4	2	2	1	0	1	0	0	0		
Raske veok	Diisel	Rigid 12 - 14 t	Euro II	0	0	0	0	0	0	5	29	64	58	59	170	75	52	48	19	21	21	3	5	5	6	6	6	4	2	1	2	1	1	1		
Raske veok	Diisel	Rigid 12 - 14 t	Euro III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	52	37	30	24	25	23	3	4	5	8	7	7	6	4	3	4	3	2	3		
Raske veok	Diisel	Rigid 12 - 14 t	Euro IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8	2	3	5	5	5	4	4	2	2	2	2	2	2		
Raske veok	Diisel	Rigid 12 - 14 t	Euro V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
Raske veok	Diisel	Rigid 12 - 14 t	Euro VI A/B/C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Raske veok	Diisel	Rigid 12 - 14 t	Euro VI D/E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Raske veok	Diisel	Rigid 14 - 20 t	Conventional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147	64	48	50	45	29	20	17	12	15	9	7	6		
Raske veok	Diisel	Rigid 14 - 20 t	Euro I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	45	38	42	33	21	16	11	7	9	6	5	4		
Raske veok	Diisel	Rigid 14 - 20 t	Euro II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163	157	169	208	193	129	96	60	42	47	28	22	21			
Raske veok	Diisel	Rigid 14 - 20 t	Euro III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	275	297	447	527	558	349	286	176	125	147	101	68	71			



Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Raske veok	Diis el	Rigid 14 - 20 t	Euro IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	30	46	59	69	44	37	21	14	18	13	89	97	
Raske veok	Diis el	Rigid 14 - 20 t	Euro V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	56	15	29	26	23	15	11	15	12	87	89	
Raske veok	Diis el	Rigid 14 - 20 t	Euro VI A/B/C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	57	66	13	13	93	13		
Raske veok	Diis el	Rigid 14 - 20 t	Euro VI D/E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	28		
Raske veok	Diis el	Rigid 20 - 26 t	Conventional	61	46	22	22	33	49	65	75	1	78	56	85	73	31	29	53	49	40	10	51	43	46	43	26	20	14	9	10	5	5	4
Raske veok	Diis el	Rigid 20 - 26 t	Euro I	0	0	2	7	22	43	49	67	10	67	17	59	42	39	22	25	19	19	30	40	37	42	33	24	17	5	3	4	2	2	2
Raske veok	Diis el	Rigid 20 - 26 t	Euro II	0	0	0	0	0	19	70	17	17	28	84	64	52	28	47	37	37	49	89	90	11	10	73	55	19	13	16	10	7	7	
Raske veok	Diis el	Rigid 20 - 26 t	Euro III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	25	26	23	58	75	64	11	15	20	24	27	18	14	83	60	70	55	35	36		
Raske veok	Diis el	Rigid 20 - 26 t	Euro IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	37	12	15	23	28	31	20	18	11	76	92	57	45	49	
Raske veok	Diis el	Rigid 20 - 26 t	Euro V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	21	64	11	12	11	89	71	95	84	52	52	
Raske veok	Diis el	Rigid 20 - 26 t	Euro VI A/B/C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	38	54	10	12	92	11	
Raske veok	Diis el	Rigid 20 - 26 t	Euro VI D/E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	26	
Raske veok	Diis el	Rigid 26 - 28 t	Conventional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	24	23	26	23	16	11	6	4	4	3	2	3
Raske veok	Diis el	Rigid 26 - 28 t	Euro I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	37	35	43	34	24	20	12	8	9	5	4	4	



Eesti Keskkonnauringute Keskus OÜ

Raske veok	Diisel	Rigid 26 - 28 t	Euro II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	88	85	111	112	77	60	40	28	35	22	17	17
Raske veok	Diisel	Rigid 26 - 28 t	Euro III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	71	94	139	191	142	131	102	77	104	83	46	50
Raske veok	Diisel	Rigid 26 - 28 t	Euro IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	48	57	95	134	122	125	95	82	117	81	53	66
Raske veok	Diisel	Rigid 26 - 28 t	Euro V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	18	43	90	89	86	72	66	99	101	50	72	
Raske veok	Diisel	Rigid 26 - 28 t	Euro VI A/B/C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	35	46	86	94	53	76	
Raske veok	Diisel	Rigid 26 - 28 t	Euro VI D/E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	21	
Raske veok	Diisel	Rigid 28 - 32 t	Conventional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	9	8	10	9	6	4	3	2	2	1	1	1
Raske veok	Diisel	Rigid 28 - 32 t	Euro I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	11	10	14	14	10	8	4	2	3	1	1	1
Raske veok	Diisel	Rigid 28 - 32 t	Euro II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	20	21	29	32	28	19	13	9	12	8	8	7
Raske veok	Diisel	Rigid 28 - 32 t	Euro III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	34	47	61	75	56	53	34	26	36	32	22	23
Raske veok	Diisel	Rigid 28 - 32 t	Euro IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	32	59	62	77	53	48	31	24	36	23	22	23
Raske veok	Diisel	Rigid 28 - 32 t	Euro V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	22	45	45	39	24	21	29	34	19	23	
Raske veok	Diisel	Rigid 28 - 32 t	Euro VI A/B/C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12	16	32	36	26	28	
Raske veok	Diisel	Rigid 28 - 32 t	Euro VI D/E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	15	



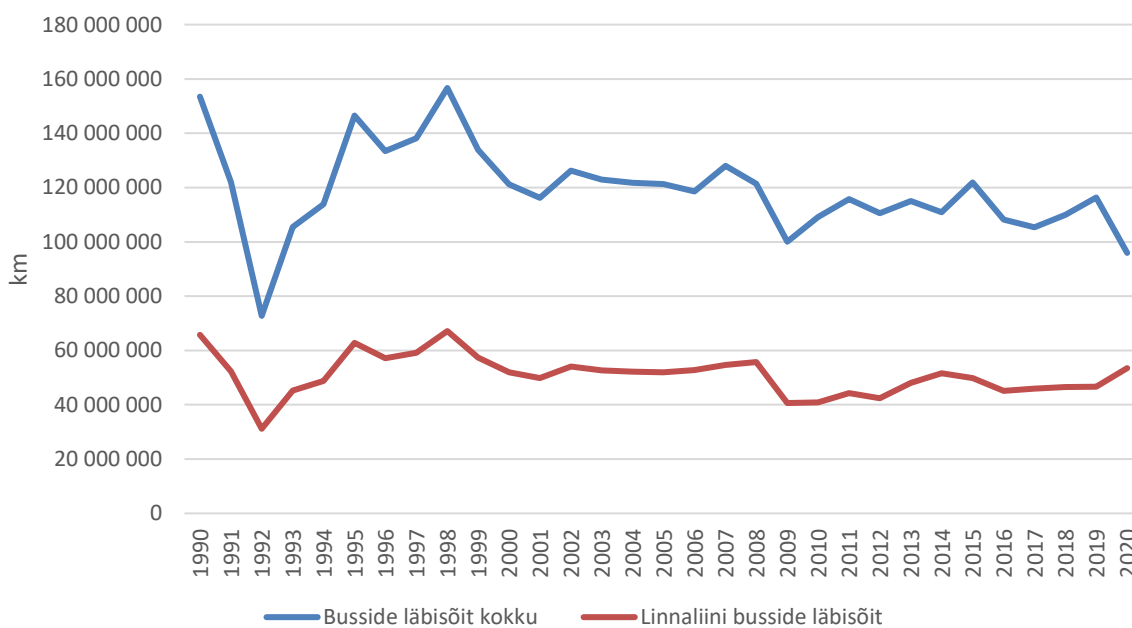
Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Raske veok	Diisel	Rigid >32 t	Conventional	9	7	3	3	5	7	10	15	21	11	7	11	8	3	4	9	10	9	5	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	0	0
Raske veok	Diisel	Rigid >32 t	Euro I	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	5	3	2	2	3	3	4	5	3	2	1	2	3	2	2	2	1	2	1	0	1
Raske veok	Diisel	Rigid >32 t	Euro II	0	0	0	0	0	0	0	14	21	17	27	18	10	7	4	5	7	8	8	7	8	10	11	9	7	6	4	6	4	3	3
Raske veok	Diisel	Rigid >32 t	Euro III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	16	13	10	10	17	17	16	16	16	19	22	18	16	15	12	16	14	9	11	
Raske veok	Diisel	Rigid >32 t	Euro IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	16	23	26	26	33	34	27	21	20	15	21	13	12	14	
Raske veok	Diisel	Rigid >32 t	Euro V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	8	10	10	8	8	7	9	11	7	8	
Raske veok	Diisel	Rigid >32 t	Euro VI A/B/C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	11	20	24	15	18	
Raske veok	Diisel	Rigid >32 t	Euro VI D/E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8



4.1.3 Busside statistika

Antud tegevuse eesmärgiks oli täpsustada busside läbisõidu statistikat (läbisõidu osakaalud linnades/maanteel, keskmised kiirused). Küsimusi oli esitatud nii Transpordiametile kui ka Statistikaametile. Kuigi Transpordiamet ei kogu/oma infot busside läbisõidu linnaliinid ja maantee lõikes, Statistikaamet koondab sellist infot, kuid alates 2006. aastast (veel täpsem jaotus on alates 2017. aasta). Kasutades Statistikaameti andmebaasi tabelit TS541 ja 2022. a inventuuri COPERTi andmeid, sai välja arvutada ja koostada ajaloolise linnaliini busside läbisõidu trendi (Joonis 58).



Joonis 58 Busside summaarne ja linnaliinide läbisõit 1990-2020, km

Transpordiameti tellitud uuringu põhjal „Sõidukite liikumiskiiruste mõõtmine Eesti põhimaanteedel kiiruspiirangute alades“ tuleb välja, et keskmine kiiruse ületus on ca 10%. Antud uuring ei kehti linnaliinide ega kaugliinibussidele, kuna busside liikumiskiirust mõjutavad peatuste arv ja täpne graafik. Lisaks, transporditeenust pakkuv ettevõtte on suurema avaliku huvi orbiidis, mistõttu kiirusületamised on üksikjuhtumitena sõidugraafikust maha jäämisel, tulenevalt ummikutest. Seetõttu maanteel liigeldes on busside liikumiskiirus ca 10% madalam kehtivast kiiruspiirangust ja linnaliinide puhul on kuni 50% liikumiskiirus madalam lubatud kiiruspiirangust.



5 Tööstuse valdkonna tegevused

Vastutav täitja: Aser Sikk

Kaastäitjad: Peeter Priks; Keio Vainumäe, Riina Titova, Arkadi Ebber

Jätkati 2020 a. alustatud töödega ning põhiorhk oli 2021 a. mõõtmiste teostamisel. Jätkusid saasteainete mõõtmised muude enimkasutatavate asfaldisegude AC Surf ja AC Base laotamisel. Mõõtmised teostati asfaldi kuumtaastamise protsessi käigus. Teostati katsed vookambriga gaaside ja peenosakeste eraldumiskiiruse määramiseks asfaltsegu pinnalt reaalsetes laotustingimustes. Katsete aluseks olid Peng, jt. 2020, Hugener, jt. 2019, Farshidi, jt. 2011 ja 2013, Xiu, jt. 2020, Eklund. 1992, US EPA. 1986 käsitletud meetodid. Hinnati saasteainete tekke sõltuvust asfaltsegu temperatuurist. Analüüsiiti asfaltsegu retsepte ja kasutatavaid bituumensideaineid. Mõõtmistulemuste põhjal arvutati eriheid (TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, BC ja NMVOC) pindalaühiku või asfaltsegu massiühiku kohta.

5.1 Tööstusprotsesside sektori õhusaasteainete eriheidetegurite uuendamine (lõpp 2021)

Õhusaasteainete inventuuri heitkoguste määramise parandamiseks viidi 2020 – 2021 aastal läbi mõõtmised ja katsed asfaldi laotamisel eralduvate PM_{sum}, PM₁₀, PM_{2.5}, BC ja NMVOCi eriheidetegurite täpsustamiseks. Eriheidetegurite leidmiseks teostati ülevaade kirjandusest, mis on käsitletud saasteainete kontsentratsioonide mõõtmist asfaltsegu laotamisel ja heidetegurite leidmisel. Asfaltsegu laotamisega seotud eriheidetegurite leidmiseks ei ole välja töötatud ühtseid meetodikaid UNEP-i, USEPA, OECD ega EEA poolt. Käesolevas projektis kasutati erinevates uuringutes kasutatud mõõtmismeetodeid ja heitkoguste kvantifitseerimise põhimõtteid. Olemasolevate mõõtmisvõimaluste raames, saadud mõõtetulemuste ja pindaasteallikatest heitkoguste määramise meetodite põhjal kvantifitseeriti heitevood erinevate enimkasutatavate asfaltsegu kohta ning leiti vastavad heidetegurid. Lisaks anti võrdlev ülevaade käsitletavate saasteainetega seotud kontsentratsioonidest, mis on saadud asfaltsegu laotamise ajal teostatud mõõtmistega.

5.1.1 Asfaltsegud ja nende laotamine

Asfaltsegud

Asfaltsegu all mõistetakse standardi EVS 901-3 nõuetele vastavaid tihedaid, poorseid ja killustikmastiksfalt segusid ja mustsegusid ning asfalt- ja mustkatete all nendest valmistatud katteid. Kasutatavad asfaltsegud jaotatakse lähtuvalt kasutamisest katendkihtides kolme erinevasse klassi:

- AC (surf, bin, base asfaltbetoon) ja SMA (killustikmastiksfaltsegu) tüüpi asfaltsegud ning nendest ehitatud teekatted;
- MSE (mustsegu) tüüpi asfaltsegud ja nendest ehitatud teekatted;



- regenereeritud asfaldist teekatendikihid. (Maanteeamet, 2014)

Asfaltsegude tootmise lähtematerjalidena kasutatakse erineva terastikulise suurusega täitematerjale ja sideainet (bituumenit).

Bituumenit toodetakse toornafta fraktsionaalse destilleerimise teel sisaldades hulgaliselt erinevaid varieeruvast mahus keemilisi ühendeid ja komponente. Bituumenid koosnevad enamasti tsüklilistest süsivesinikest (aromaatsed ja/või nafteesed) ja väiksemas osas küllastunud komponentidest, millel on väga madal keemiline reaktiivsus (polaarsus). (TTÜ, 2015)

Asfaltsegu retsept ja kavandatud asfaltsegu omadused peavad vastama standardile EVS 901-3. Asfaltsegu valmistatakse tsükkel- või pidevtoimega, statsionaarses või teisaldatavas seguris (tehases), mis peab võimaldama toota seguretseptile vastavat püsivate omadustega asfaltsegu. (Maanteeamet, 2014)

Üldjuhul tuleb AC tüüpi asfaltsegudes kasutada bituumeni marki 70/100. Erijuhtudel on võimalik tehniliselt põhjendatud lahendustes kasutada ka bituumeni marke 50/70; 100/150 või 160/220 ning polümeermodifitseeritud bituumeneid SMA tüüpi asfaltides. (Maanteeamet, 2014)

Asfaltsegu paigaldatakse laoturiga kuivale ja puhtale aluspinnale. Enne asfaltsegu laotamist toimub aluskihi kruntimine bituumeni või bituumenemulsiooniga ning peale laotamist tuleb asfaltkate tihendada. (Maanteeamet, 2014)

Sõltuvalt tee ehitusprojektist võidakse asfaltsegusid (nt. AC Base) laotada ka tasanduskihtidena, millele hiljem kantakse pealmine katendkiht.

Asfaltsegude ja bituumeni tootmis- ning kasutusmahud

Eesti Asfaldiliidu andmetel (Eesti Asfaldiliit, 2020) toodeti 2019 aastal Eestis kokku 1,63 miljonit tonni asfaltsegusid ja paigaldati 1,54 miljonit tonni. Suurima mahu toodetud asfaltsegudest moodustas AC Surf tüüpi segu (58,1%), millele järgnes AC Base (35,6%), AC Bin (4,7%) ja SMA (1,8%).

Pindamistöid tehti 2019 aastal mahus 12 889 tuhat m². Kokku kasutati Eestis 2019. aastal asfaltsegudes naftabituumenit 82,7 tuhat tonni, teede ehituses modifitseeritud bituumenit 1 798 tonni ja naftabituumenemulsioone 28,1 tuhat tonni.

Asfaldi laotamine

Asfaltsegud transporditakse reeglina ehitusobjektile selleks ettenähtud veokitega. Veokist toimub asfaltsegu laadimine laoturi või vahelaaduri punkritesse kust see transporditakse laoturi seguritesse ja sealt tasanduslauani, millega kantakse asfaltsegu kiht tee aluspinnale. Asfaltsegud tuleb laotada nii piki- kui põikprofiili järgimise automaatjuhtimissüsteemi abil, mis tagaks paigaldatud kihile esitatud nõutavad omadused. Seejärel toimub asfaldi katendkihi tihendamine sobivate teerullidega. Nõuded asfaltsegudele, asfaldi laotamisele ja

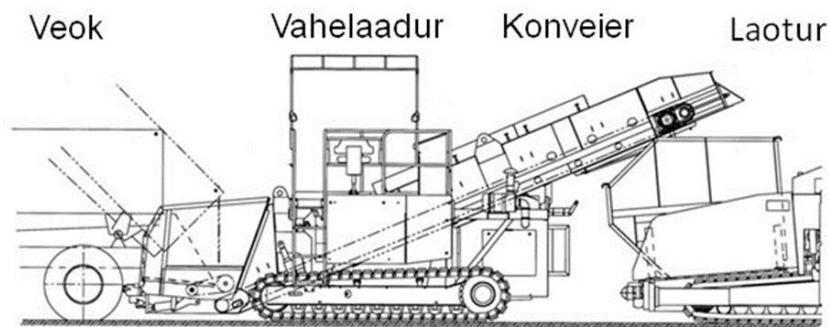


tihendamisele on ära toodud Maanteeameti „Asfaldi katendkihtide ehitamise juhises“.
(Maanteeamet, 2014)

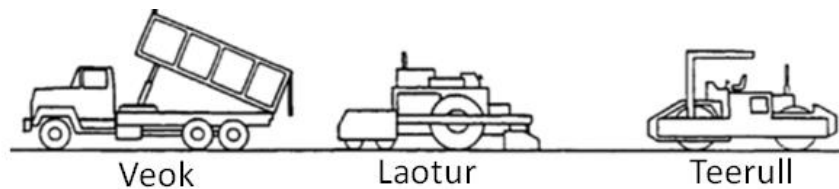
Polümeermodifitseeritud sideainet (SMA tüüpi asfaltsegud) sisaldava kuuma asfaltsegu (hot-mix) temperatuur ei tohi laoturi punkris olla alla 140 °C. Üldjuhul jääb seda ja AC tüüpi asfaltsegude laotamisel segu temperatuur vahemikku 145 – 165 °C.

Asfaldi laotamise protsessi ja kasutatava tehnika põhimõtteskeemid on esitatud Joonis 59 ja Joonis 60.

Lisaks uute asfaltsegudest katendkihtide paigaldamisele kasutatakse teedehituses ka asfaltkatete regenereerimist. Sellisteks viisideks on asfaldi korduskasutamine ja asfaltkatete kuumtaastamine. Nendest viimane on enim levinud asfaltkatete regenereerimise viis.



Joonis 59 Kasutatava tehnika põhimõtteskeem³⁴



Joonis 60 Asfaltsegu laotusprotsess³⁵

Asfaltteede pindamine

Pindamine on teekattele kulumis- ja ilmastikukaitsekihi ehitamine, mille korral kattele laotatakse vaheldumisi bituumensideainet ja sobiva terakoostisega täitematerjali, misjärel see rullitakse. Kasutatavad pindamistehnoloogiad on ära toodud Maanteeameti „Pindamisjuhises“. Pindamisprotsess koosneb järgmistest etappidest: katte ettevalmistamine, sideaine teele valamine, killustiku puistamine, rullimine ja lahtise killustiku harjamine. (Maanteeamet, 2017)

5.1.2 Heited asfaldi laotamisest

Asfaltsegude kasutamist ja laotamise protsesse peetakse üheks peamiseks mittetraditsiooniliseks orgaaniliste ühendite heidete allikaks kuid neist lähtuvate heitkoguste

³⁴ https://www.researchgate.net/figure/Machine-arrangement-for-Truck-Feeder-and-Paver_fig3_260479786

³⁵ <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/recycling/98042/09.cfm>



mitte- või ebatäpset kvantifitseerimist peetakse õhusaasteainete inventuuride oluliseks puuduseks. Erinevatel temperatuuridel ja keskkonnatingimustel millega asfaltsegud oma elutsükli jooksul (tootmine, transport, ladustamine, kasutamine, laotamine) kokku puutuvad, eraldub neist erinevaid orgaanilisi ühendeid ja nende segusid, kaasa arvatud ohtlikke saasteaineid. (Khare, jt. 2020)

Asfaldi laotamise käigus temperatuuride 145 – 180 °C juures eralduvad gaasid koosnevad peamiselt lenduvatest orgaanilistest ühenditest: alkaanid, monotsükloparafiinid, alküülnaftaleenid ja alküülbenseenid. (Kriech, jt. 2002)

Kuumade asfaltsegude (*hot-mix asphalt*) laotamisega seotud saasteainete heitkoguste ja eriheidete kohta on infot vähesel määral. Rohkem on mõõtmisandmeid õhusaasteainete kontsentratsioonide kohta asfaldi laotamisega seotud töökeskkonna ja terviseuuringutest, mis käsitlevad peamiselt töötajate eksponeeritust peenosakeste, lenduvate orgaaniliste ühendite ja polütsükliiliste aromaatsete ühendite (PAH) suhtes. Lisaks on teostatud uuringuid, milles on reaalseste mõõtmisandmete põhjal tuletatud eriheidete erinevate asfaldi tootmisprotsessi osade kohta - nii punkt- kui ka hajusallikate kohta. Tootmisprotsessiga seotud eriheidete arvutatud esmatähtsate saasteainete, kasvuhoonegaaside, PAH-de ja NMVOC-de kohta. (Khare, jt. 2020)

Asfalditootmisega seotud tööstusharus on levinud veendumus, et asfaldi laotamisega kaasnevad heited on väiksed ja ebaolulised ning tootmisprotsessi käigus eraldatakse filtersüsteemidega suurem osa tolmu- ja peenosakeste ning orgaaniliste ühendite heitmetest. (Khare, jt. 2020)

Asfaldi laotamisel tekkivate heitkoguste keemilised ja füüsikalised omadused sõltuvad otseselt kasutatavate materjalide tüübist ja nende kasutamisprotsessides esinevatest temperatuuridest. (Faber, jt. 2015)

Bituumeni aerosoolide heited moodustuvad madala lenduvusega gaasifaasis olevate orgaaniliste ühendite eraldumisel, mis peale emiteerumist ja jahtumist atmosfääris, kondenseeruvad tahketeks osakesteks. Nii emiteeruvate tahkete osakeste maht kui ka aerosooliosakeste ja emiteerunud gaaside mahu suhtarv kasvavad temperatuuride tõustes. (Faber, jt. 2015)

5.1.3 Kirjanduse ülevaade - saasteainete kontsentratsioonid ja eriheidete

Kuna infot ja kirjandust, mis käsitlevad asfaldi laotamisega seotud saasteainete eriheidete ja heitkoguste arvutamist, on vähe, siis kirjanduse ülevaatesse on mõõtmisandmete võrdlemiseks juurde toodud andmeid ka uuringutest, milles on mõõdetud laotusprotsessis esinevaid kontsentratsioone.

Riikliku õhusaasteainete inventuuri koostamise aluseks oleva EMEP/EEA õhusaasteainete inventuuri 2019. aasta juhendmaterjalis käsitletakse asfaldi laotamisega seotud eriheidetegurid tegevusalade nomenklatuuri (NFR) kood 2.D.3.b "Road paving with asphalt" peatükis. Eriheidetegurid TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, NMVOC ja BC kohta on esitatud kuumade asfaltsegude tootmise tehnoloogiate lõikes eraldi ja keskmistatult. Eriheidetegurid on antud



eraldi “Hot-Batch Mix” ja “Hot-Drum Mix” asfalditootmise tehaste tehnoloogiate kohta. Eriheitetegurid ei ole eraldi esitatud ainult asfaldi laotamisega seotud protsessi kohta vaid iseloomustavad heitmeid tervest asfalditootmise protsessist alates asfaltsegude valmistamisest kuni selle laotamiseni.

EMEP/EEA metoodikates kasutatavate TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, NMVOC eriheitetegurite algallikaks on US EPA heitetegurite käsiraamatu AP-42 Compilation of Air Emissions Factors peatükid 11.1 Hot Mix Asphalt Plants ja 4.5 Asphalt Paving Operations. Peatükk 4.5 käsitleb lenduvate orgaaniliste ühendite (VOC) heitetegureid, võttes arvesse ühendite aurustumise kogust asfaldi pinnalt ja sideaine mahuprotsenti asfaltsegus.

Uuringute põhjal koostatud põhjalik ülevaade asfaldi laotamisel esinevatest kontsentratsioonidest, millega töötajad kokku puutuvad, on antud ka IARC-i aruandes “IARC Monographs - 103. Bitumens and bitumen emissions”.

Allolevates tabelites on saasteainete lõikes ära toodud mõõdetud kontsentratsioonide ja eriheidete kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja leitud või kasutatavad eriheitetegurid ning proovivõtu- ja määramismeetodid. Tabelites esitatud andmed käivad kuumade asfaltsegude kohta (145 – 180 °C), mis on enim kasutatavad segud katendkihtides.

Tabel 73 TSP mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid

Kirjandus-allikas	Kontsentratsiooni vahemik, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Keskmine kontsentratsioon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eriheide	Proovivõtu meetod või standard	Määramismeetod või standard
Xiu, jt. 2020	86.3 - 3 126 (optiline)	1 800 (gravimeetriline) 666 (optiline)	110 - 160 $\mu\text{g}/\text{kg}$ asfaldi kohta	Staatiline vookamber, klaasfiiberfilter, madala mahtkuluga proovivõtu pump, portatiivne TSP analüsaator	Optiline, gravimeetriline
Nilsson, P., jt. 2018	< 20 - 3 100 (laotamisprotsess)	93 000 (bituumeni kuumutamise laborikatse)	-	PTFE filter, madala mahtkuluga proovivõtu pump	Gravimeetriline
Xu, jt. 2018	10 - 3 070	180-210 ¹	-	PTFE filter, madala mahtkuluga proovivõtu pump	Gravimeetriline
Kriech, jt. 2002	30 - 640	210	-	PTFE filter, madala mahtkuluga proovivõtu pump	Gravimeetriline, NIOSH 5042
Cavallari, jt. 2011	181 - 1 181	181 ¹	-	PTFE filter, madala mahtkuluga proovivõtu pump	Gravimeetriline, NIOSH 5042
Rubio, jt. 2013	-	149.8 (24h keskm.)	-	Kvartsfiiberfilter, suure mahtkuluga proovivõtu pump	Gravimeetriline
EMEP, 2019 ja US EPA, 2020a, 2020b, 2004	-	-	0.014 t/t asfaldi kohta (kogu tootmisprotsess)	Klaasfiiberfilter	Gravimeetriline
WebFIRE, 2020	-	-	0.00026 kg/t (laadimine)	-	-

¹ Mediaan


Tabel 74 PM₁₀ mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid

Kirjandus-allikas	Kontsentratsiooni vahemik, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Keskmine kontsentratsioon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eriheide	Proovivõtu meetod või standard	Määramis-meetod või standard
Xiu, jt. 2020	64 - 3 106	631	-	Portatiivne TSP analüsaator	Optiline
Chong, jt. 2018	47 - 7 801	-	-	PTFE filter, madala mahtkuluga proovivõtu pump	Gravimeetriline, NIOSH 0600
Nilsson, jt. 2018	< 20 – 1 300	-	-	PTFE filter, madala mahtkuluga proovivõtu pump	Gravimeetriline
Weiss, jt. 2018	61 - 3 954	180-210 ¹	-	Kvartsfiiberfilter, madala mahtkuluga proovivõtu pump	Gravimeetriline
EMEP, 2019 ja US EPA, 2020a, 2020b, 2004	-	-	0.003 t/t <i>asfaldi kohta</i> (kogu tootmisprotsess)	Kaskaadimpaktor, filtrid	Gravimeetriline
UK NAEI, 2020	-	-	0.00004 t/t <i>asfaldi kohta</i> (asfaldi laotamine)	-	-

¹ Mediaan

Tabel 75 PM_{2.5} mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid

Kirjandusallikas	Kontsentratsiooni vahemik, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Keskmine kontsentratsioon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eriheide	Proovivõtu meetod või standard	Määramis-meetod või standard
Xiu, jt. 2020	21 - 407	118	-	Portatiivne TSP analüsaator	Optiline
EMEP, 2019 ja US EPA, 2020a, 2020b, 2004	-	-	0.004 t/t <i>asfaldi kohta</i> (kogu tootmisprotsess)	-	-
UK NAEI, 2020	-	-	0.000012 t/t <i>asfaldi kohta</i> (asfaldi laotamine)	-	-

Tabel 76 NMVOC mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid

Kirjandus-allikas	Kontsentratsiooni vahemik, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Keskmine kontsentratsioon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eriheide	Proovivõtu meetod või standard	Määramis-meetod või standard
Xiu, jt. 2020	21 - 407	118	-	Portatiivne TSP analüsaator	Optiline
EMEP, 2019 ja US EPA, 2020a, 2020b, 2004	-	-	0.000016 t/t <i>asfaldi kohta</i> (kogu tootmisprotsess)	Kaskaadimpaktor, filtrid	Gravimeetriline
UK NAEI, 2020	-	-	0.000016 t/t <i>asfaldi kohta</i> (asfaldi tootmine) 0.00048 t/t <i>bituumeni kohta</i>	-	-



Kirjandus-allikas	Kontsentratsiooni vahemik, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Keskmine kontsentratsioon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eriheide	Proovivõtu meetod või standard	Määramis-meetod või standard
IPCC, 1996	-	-	0.023 kg/t asfaldi kohta (tootmisprotsess)	-	-
IPCC, 1996	-	-	320 kg/t asfaldi kohta (asfaldi pinnalt)	-	-
EMEP, 2019 ja VDI, 2007	-	-	30 kg/t asfaldi kohta	-	-

Tabel 77 BC mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid

Kirjandusallikas	Kontsentratsiooni vahemik, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Keskmine kontsentratsioon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eriheide	Proovivõtu meetod või standard	Määramis-meetod või standard
EMEP, 2019	-	-	5.7% $\text{PM}_{2.5}\text{-st}$	-	-

Tabel 78 VOC ja TOC mõõtmistega seotud kirjandusallikad, määratud kontsentratsioonid ja meetodid

Kirjandusallikas	Kontsentratsiooni vahemik, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Keskmine kontsentratsioon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Eriheide	Proovivõtu meetod või standard	Määramis-meetod või standard
Kriech, jt. 2002	150 - 8 320 (TOC)	1 230	-	PTFE filter, adsorbent XAD-2, madala mahtkuluga proovivõtu pump	GC/FID
Cavallari, jt. 2011	142 - 5 385 (TOC)	864	-	PTFE filter, adsorbent XAD-2, madala mahtkuluga proovivõtu pump	GC/FID
Farshidi, jt. 2013	-	-	2 000 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{min}$ (VOC)	Staatiline vookamber, PTFE filter, adsorbent XAD-2, madala mahtkuluga proovivõtu pump	GC/MS
Wanga, jt. 2020	-	4 008 (VOC)	-	PTFE filter, adsorbent Carboxen 1000, madala mahtkuluga proovivõtu pump	TD/GC/MS
WebFIRE, 2020	-	-	0.002 kg/t asfaldi kohta (laadimine, VOC)	-	-
US EPA, 2020a	-	-	0.00055 kg/t/8-min (auto kastist, TOC)	-	-

5.1.4 Kasutatud mõõtemetoodikad

TSP, PM_{10} ja $\text{PM}_{2.5}$



Peenosakeste massikontsentratsiooni (mg/m^3) määramiseks kasutati laserfotomeetrilist analüsaatorit DustTrak DRX8533, mis on mõeldud TSP, PM10 ja PM2.5 määramiseks välisõhus. Osakeste mõõtmine laserfotomeetrilisel meetodil seisneb osakeste konstantse kiirusega liikumisel läbi optilises mõõtekambris asuva laserkiire. Osakeste poolt tekitatud valgusimpulss registreeritakse tundlikul valgusdiodil, mis loeb ja arvutab osakeste suuruse vastavalt impulsile. Analüsaator võimaldab osakesi mõõta suurusvahemikus 0.1 kuni 10 μm . Analüsaator sobib osakeste määramiseks kontsentratsioonivahemikus 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kuni 150 mg/m^3 .

Lisaks osakeste laserfotomeetrilisele määramise meetodile võimaldab seade välisõhust koguda kuni 10 mikromeetrise aerodünaamilise diameetriga osakeste proovi ka kvartsfiiberfiltrile diameetriga 37mm. Proovi kogumise mahtkiiruseks on 2 liitrit minutis. Osakesi koguti filtrile eesmärgiga määrata filtrile kogutud proovist BC massikontsentratsioon.

NMVOC

NMVOC määramiseks kasutati analüsaatorit Graphite 52M-D. Analüsaatoris kasutatava leekionisatsioonidetektor (FID) tööpõhimõte on orgaanilise süsiniku ioniseerumine vesiniku leegis. Analüüsitav õhuproov juhitakse eelnevalt kalibreeritud leekionisatsioonidetektoriga analüsaatorisse ja tulemuseks saadakse gaasi- või aurufaasis olev summaarne orgaaniline süsinik milligrammides kuupmeetri kohta. Lisaks määrab seade metaani sisalduse ning konverteerib saadud tulemused NMVOC-i massikontsentratsiooniks. Seadme summaarse orgaanilise süsiniku mõõtepiirkond on 0 - 10 000 ppmC (0 - 5 358 mgC/m^3).

Analüsaatori mõõtmispõhimõte vastab standardile EN 12619:2013.

Must süsinik e. BC

BC määramiseks kasutati analüsaatorit Sunset Lab OC/EC Carbon Aerosol Analyzer Model 4L. Analüsaator kasutab kvartsfiiberfiltritele kogutud proovidest orgaanilise- (OC) ja elementsüsiniku (EC = BC) määramiseks soojus-optilist meetodit. Kogutud proovid desorbeeruvad filtrilt kuumutamise tagajärjel inertse heeliumi keskkonnas, millele järgneb temperatuuriliselt kontrollitud oksüdeerimisprotsess ning proovi süsiniku sisalduse analüüsimiseks kasutatakse leekionisatsioonidetektorit. Analüsaatori OC mõõtepiirkond on 0.2-600 $\mu\text{gC}/\text{cm}^2$ ja EC mõõtepiirkond 0.2-30 $\mu\text{gC}/\text{cm}^2$.

Analüsaatori mõõtmispõhimõte vastab NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) mõõtemetodile 5040.

Proovivõtt asfaltsegu pinnalt dünaamilise vookambriga

NMVOC heite mõõtmiseks laotatud asfaldi pinnalt kasutati Scentroid SF450 portatiivset dünaamilist poolsilindrilise kujuga vookambrit mahuga 0.043 m^3 , mille põhja diameeter on 0.45 m ja põhjapindala 0.155 m^2 . Vookambril on oma sisselaskeava, mis on ühendatud sünteetilise õhu ballooniga ja väljalaskeava, mis on ühendatud FID analüsaatoriga mõõtmaks



NMVOC kontsentratsioonid kambrist väljuvates gaasides. Lisaks mõõdeti termopaariga kambri sisetemperatuuri ja asfaldi kambri alla jääva asfaltsegu pinnatemperatuuri. Tootja poolt ette nähtud kambrisse lisatava sünteetilise õhu mahtkiirus on 3.9 l/min ehk 0.000065 m³/s ja seda kontrolliti mõõtmiste ajal kalibreeritud voomeetriga. Kontsentratsioonide mõõtmiseks asetati vookamber vahetult peale laoturiga laotatud ja pressitud asfaltsegu pinnale hoides samal ajal lisatava õhu mahtkiirust 3.875 l/min juures ja mõõdeti FID analüsaatoriga NMVOC kontsentratsioonid. FID analüsaatori proovivõtu imemise mahtkiirus jääb vahemikku 0.8-1.0 l/min.

Ilmastiku parameetrid

Temperatuuri, õhurõhu ning tuule suuna ja kiiruse määramisel kasutati Columbia Weather Systems'i portatiivset ilmajaama Magellan ning tarkvara WeatherMaster 4.0.

Asfaldi pinnatemperatuur

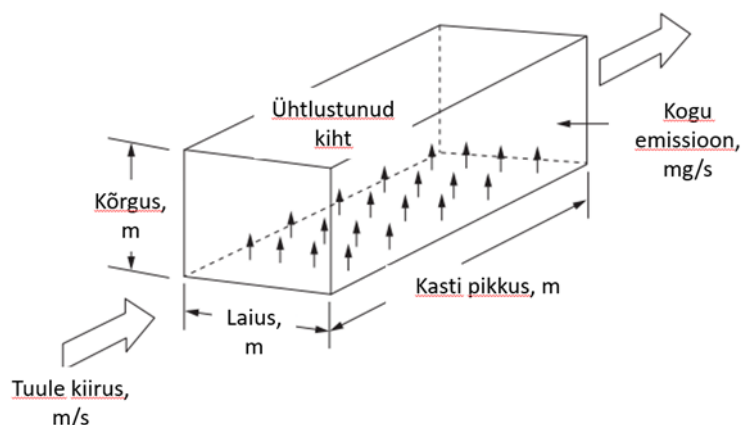
Asfaldi pinnatemperatuuri määramiseks kasutati infrapuna termomeetrit FLIR TG165 mõõtepiirkonnaga -25...+380 °C.

5.1.5 Heitkoguste ja heitetegurite määramise meetodika

TSP, PM10, PM2.5 ja BC

Erinevate asfaltsegude laotamisel eralduvate PM2.5, PM10 ja BC heitetegurid on leitud arvutuslikult kasutades "simple box" mudelit ehk kastimudelit. (Ortolano, 1985; Font jt., 2014; Jamriska ja Morawska, 2001)

Meetod baseerub massibilansi põhimõttel, mis käsitleb asfaldi laoturi tagumist osa kastina. Kastile on antud oma pikkuse, laiuse ja kõrguse mõõdud ning kasti üks külg on võetud paralleelseks tuule suunaga. Mudeli kasutamisel lähtutakse järgmistest eeldustest: a) saasteaine kontsentratsioonid mõjutava põhiprotsessid (heited ja kaod) on tasakaaluolekus; b) saasteainete segunemine on ideaalne ning kontsentratsioonid jagunevad kogu õhumassis ühtlaselt; c) keemilistest ja füüsikalistest reaktsioonidest tekkivad kaod ning ladestumine on ebaolulised; d) saasteained ei välju kastist pikisuunaliste ega ülemise külje kaudu. Kastimeetodi põhimõtteskeem on esitatud Joonis 61.



Joonis 61 Kastimeetodi põhimõte (Ortolando, 1985)

Ükskõik millise saasteaine massibilanssi kastisüsteemis saab kirjeldada järgmiselt:

$$F_{\text{sisenev}} + F_{\text{lisanduv}} = F_{\text{väljuv}}$$

kus F_{sisenev} ja $F_{\text{väljuv}}$ on kasti sisenevate ja väljuvate osakeste massivoog (mg/s) ja F_{lisanduv} on asfaldi laotamisel emiteeruvate osakeste massivoog (mg/s). Nimetatud massivood on defineeritud järgmiselt:

$$F_{\text{sisenev}} = U \times H \times W \times C_b$$

$$F_{\text{lisanduv}} = EF \times W \times L$$

$$F_{\text{väljuv}} = U \times H \times W \times C$$

kus U on horisontaalne tuule kiirus (m/s); W , L , H on vastavalt kasti laius, pikkus ja kõrgus (m); C_b on saasteaine taustakontsentratsioon vastutuult (mg/m^3); C on kasti mõõdetud saasteaine kontsentratsioon allatuult (mg/m^3); EF on heitevoog ($\text{mg/m}^2 \times \text{s}$).

Võttes aluseks massibilanssi ja massivooge kirjeldavad võrrandid saame nendest tuletada EF arvutustehte:

$$EF = \frac{U \times H \times W \times (C - C_b)}{L \times W}$$

kus $C - C_b$ näitab kontsentratsiooni juurdekasvu (mg/m^3).

Teoreetilise kasti laiuseks võeti 2 m lähtudes laoturi tasanduspinnalaaiusest ja analüsaatori positsioonist, pikkus võrdseks laotatud asfaldipaani laiusega ja kõrguseks 8.4 m. Kasti sobiva kõrguse määramiseks tuleb meetodi põhjal hinnata saasteainete segunemise ja ühtlustumise maksimaalset kõrgust. See leitakse erinevatel kõrgustel määratud kontsentratsioonide põhjal. Kuna asfaldi laotamise juures ei olnud võimalik peenosakeste kontsentratsioone mõõta erinevatel kõrgustel, siis lähtuti Jamriska ja Morawska 2001 uuringus leitud segunemise kõrgusest 8.4 m.

NMVOC

Erinevate asfaltsegude laotamisel eralduva NMVOC heitetegurid on leitud dunaamilise vookambri ja FID analüsaatoriga teostatud NMVOC mõõtmistulemuste põhjal.



Dünaamiline vookamber on avatud ümara põhjaga pealt kinnine seade, kuhu lisatakse teadaoleva kiirusega sünteetilist õhku või lämmastikku. Kambris olevat õhku segatakse või kasutatakse spetsiaalseid sisselaskeavasid, mis tagavad õhu kiire segunemise kambris. Kambrit läbiva gaasikoguse mahtkiirust reguleeritakse ja uuritavate ainete kontsentratsiooni kambri väljavoolus mõõdetakse. (EKUK, 2005)

Kui teada on kambri põhja pindala, kambrit läbiva õhu mahtkiirus ja saasteaine kontsentratsioon väljuvas gaasis, siis leitakse saasteaine voog pinnalt järgmise valemi kaudu (EKUK, 2005; Eklund, 1992; Farshidi, jt. 2013):

$$EF=(C \times R)/A$$

kus EF on heitevoog ($mg/m^2 \times s$); C on mõõdetud saasteaine kontsentratsioon (mg/m^3); R on kambrit läbiva gaasi mahtkiirus (m^3/s) ja A on kambri põhja pindala (m^2).

Kui on teada heitevoog pindalaühiku kohta ja asfaltsegu mass sama pindalaühiku kohta, siis saame asendada heitevoos pindalaühiku massiga ja esitada heitevoo ka pindalaühiku massi kohta ($mg/kg \times s$). SURF ja SMA asfaltsegu keskmine mass ehk kulunorm $1 m^2$ kohta on 147 kg ja BASE tüüpi segul 143.4 kg.

5.1.6 Heitetegurite leidmine

Heitetegurid erinevate saasteainete kohta leitakse asfaltsegude lõikes. Aluseks võetakse mõõtmistulemuste põhjal asfaltsegude põhiselt leitud heitevood (EF), mis keskmistatakse vastavalt teostatud pidevmõõtmiste või vookabriga tehtud katsete arvu põhjal. Heitetegurid esitatakse aine massina pindalaühiku kohta sekundis ($mg/m^2 \times s$) või massina kilogrammi asfaltsegu kohta sekundis ($g/kg \times s$).

5.1.7 Teostatud mõõtmised ja asfaltsegud

Ajavahemikus 26.09.2020 – 02.11.2021 koguti PM2.5 ja PM10, TSP, BC ja NMVOC proove 3 erineva enimkasutatava asfaltsegu tüübi laotamisel: SMA, AC SURF ja AC BASE. SMA ja AC SURF segusid kasutatakse pealmistes tee katendkihtides ja BASE segu alumistes katendkihtides. Lisaks mõõdeti proovivõtmise ajal PM2.5, PM10, TSP ja BC taustakontsentratsioone, pinnatemperatuuri FLIR termomeetriga ning mobiilse ilmajaamaga ilmastiku parameetreid: tuule kiirus ning tuule suund, välisõhu temperatuur ja õhurõhk.

Proovivõtu päevad, laotamise asukohad koos segu tüüpide ja laotamise tingimuste ning mõõdetud parameetritega on ära toodud Tabel 79.

Tabel 79 Proovivõtu kohad ja parameetrid

Kpv	Asukoht	Asfaldi segu	Sideaine sisaldus, %	Laotamise temp., °C	Saasteaine	Proovivõtu meetod	Proovivõtu kestvus, h
26.09.2020	Tallinn – Pärnu mnt. Jälgimäe	SMA	5.8	143-163	NMVOC, PM2.5, PM10, BC	FID, Laser-fotomeetriline	8
14.10.2020	Tallinn – Pärnu mnt. Jälgimäe	SMA	5.8	143-156	NMVOC, PM2.5, PM10, BC	FID, Laser-fotomeetriline	4
05.05.2021	Marja tn 4d, Tallinn	AC BASE	3.6	147-153	NMVOC	FID, vookamber	-

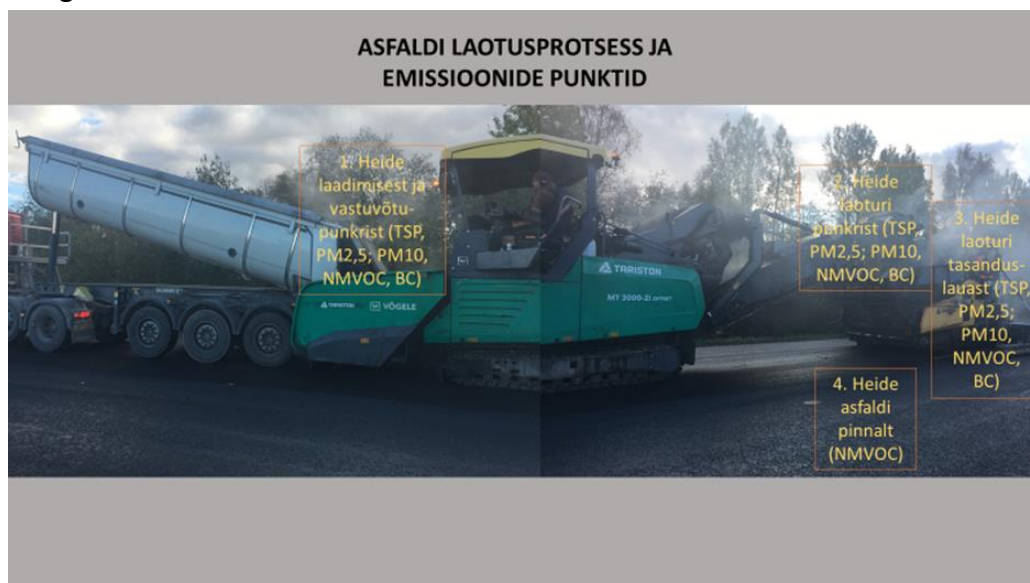


Kpv	Asukoht	Asfaldi segu	Sideaine sisaldus, %	Laotamise temp., °C	Saasteaine	Proovivõtu meetod	Proovivõtu kestvus, h
10.05.2021	Marja tn 4d, Tallinn	AC SURF	5	106-145	NMVOC	FID, vookamber	-
16.09.2021	Piibe mnt. Pikkjärve	AC SURF	5	133-170	NMVOC, PM2.5, PM10, BC	FID, Laser-fotomeetiline	4
22.09.2021	Tallinn-Tartu mnt. Kükita	AC BASE	3.1-3.3	145-178	NMVOC, PM2.5, PM10, BC	FID, Laser-fotomeetiline	4
01.10.2021	Tallinn-Tartu mnt. Kükita	AC SURF	4.8	155-175	NMVOC, PM2.5, PM10, BC	FID, Laser-fotomeetiline	4
08.10.2021	Tallinn-Tartu mnt. Anna	AC BASE	3.1	135-166	NMVOC, PM2.5, PM10, BC	FID, Laser-fotomeetiline	4
02.11.2021	Tallinn-Tartu mnt. Kükita	AC BASE	3.3	133-156	NMVOC	FID, vookamber	-

Pidev mõõtmisi teostati asfalteerimisprotsessi käigus laoturi tagaosas asuva tasanduslaua pealt vahetult laotatud asfaldi ning tasanduslaua all asetseva seguri kohal. FID analüsaatori proovivõtu sond asetseb 20 cm kõrgusel asfaldi pinnast ning DustTrak analüsaator asetseb sõltuvalt laoturi tüübist 1.5-2.5 m kõrgusel asfaldi pinnast. Pidevproove erinevate asfaltsegude laotamisel võeti kokku 6 päeval.

Dünaamilise vookambriga mõõdeti NMVOC heidet kokku 3 päeval ja teostati 6 katset, millest 5 viidi läbi asfaltseguga BASE ja 1 katse seguga SURF. Vookambriga viidi mõõtmised läbi vahetult peale laoturi laotatud asfaldi pinnalt.

Laotusprotsessis kasutatud tehnika ja laotusprotsessi käigus eralduvate saasteainete heitepunktid ja mõõtekohad on ära toodud Joonis 62, Joonis 63 ja Joonis 64. Dünaamilise vookambriga teostatud katse on esitatud Joonis 65.



Joonis 62 Laotusprotsess ja heite mõõtepunktid



Joonis 63 Laoturi tasanduslaud ja heide



Joonis 64 Mõõtmisprotsess ja analüsaatorid laoturil



Joonis 65 Mõõtmise dünaamilise vookambriga

5.1.8 Tulemused

Mõõdetud kontsentratsioonid

Kõikide käsitletavate saasteainete mõõtmistulemused on esitatud järgnevas tabelites. Kõik mõõtmistulemused on normaliseeritud normaaltingimustele 0 °C ja 101.325 kPa. Eraldi on esitatud laotamise käigus laoturil pidevmõõtmistega mõõdetud kontsentratsioonid Tabel 80 ja samaaegselt vastutuult mõõdetud taustakontsentratsioonid Tabel 81. Taustakontsentratsioone ei mõõdetud NMVOC-de osas. Temperatuurid on esitatud mõõteperioodi keskmistena.

Tabel 80 Pidevmõõtmiste tulemused asfaldi laoturil

Kpv.	Asfaldi segu	Sideaine sisaldus, %	Pinna-temp., °C	Temp. 20-30cm, °C	NMVOC, mg/Nm ³	TSP, mg/Nm ³	PM ₁₀ , mg/Nm ³	PM _{2.5} , mg/Nm ³	BC, µg/Nm ³
26.09.2020	SMA	5.8	151	36	26.2	10.7	10.7	10.7	3.0
14.10.2020	SMA	5.8	150	36	36.5	88.6	88.6	86.6	< 0.4 ¹
16.09.2021	AC SURF	5	150	28	23.3	4.3	4.3	4.3	< 2.4 ¹
01.10.2021	AC SURF	4.8	166	30	18.6	2.4	2.4	2.4	8.3
22.09.2021	AC BASE	3.1-3.3	165	27	15.0	2.4	2.4	2.4	5.4



Kpv.	Asfaldi segu	Sideaine sisaldus, %	Pinna-temp., °C	Temp. 20-30cm, °C	NMVOC, mg/Nm ³	TSP, mg/Nm ³	PM ₁₀ , mg/Nm ³	PM _{2.5} , mg/Nm ³	BC, µg/Nm ³
08.10.2021	AC BASE	3.1	158	23	15.8	1.0	1.0	1.0	6.7

¹ allpool määramispiiri

Tabel 81 Mõõdetud taustakontsentratsioonid

Kpv.	TSP, mg/Nm ³	PM ₁₀ , mg/Nm ³	PM _{2.5} , mg/Nm ³	BC, µg/Nm ³
26.09.2020	20.6	20.6	6.2	< 0.2 ¹
14.10.2020	6.2	6.2	2.8	< 0.4 ¹
16.09.2021	0.01	0.01	0.01	< 1.8 ¹
01.10.2021	0.04	0.04	0.04	1.7
22.09.2021	0.03	0.03	0.02	3.9
08.10.2021	0.03	0.03	0.03	2.8

¹ allpool määramispiiri

Heitkogused

Heitkoguseid PM_{2.5} ja PM₁₀, TSP ja BC osas on hinnatud arvutuslikult kastimeetodi ja reaalsete mõõtmistulemuste põhjal. Aluseks on peatükis nr 5.1.5 ära toodud meetodika. Kastimeetodiga leitud heitevood on erinevates ühikutes esitatud Tabel 82 ja Tabel 83.

Tabel 82 Heitevood kastimeetodi põhjal I

Kpv.	Asfaldisegu	TSP, mg/m ² *s	PM ₁₀ , mg/m ² *s	PM _{2.5} , mg/m ² *s	BC, µg/m ² *s
26.09.2020	SMA	43.6	43.6	43.6	12.1
14.10.2020	SMA	815.3	815.3	796.5	-
16.09.2021	AC SURF	17.96	17.96	17.95	-
01.10.2021	AC SURF	8.72	8.72	8.68	30.5
22.09.2021	AC BASE	14.18	14.18	14.16	8.8
08.10.2021	AC BASE	5.03	5.03	5.02	20.1

Tabel 83 Heitevood kastimeetodi põhjal II

Kpv.	Asfaldisegu	TSP, g/kg*s	PM ₁₀ , g/kg*s	PM _{2.5} , g/kg*s	BC, g/kg*s
26.09.2020	SMA	3.0E-04	3.0E-04	3.0E-04	8.3E-08
14.10.2020	SMA	5.5E-03	5.5E-03	5.4E-03	-
16.09.2021	AC SURF	1.2E-04	1.2E-04	1.2E-04	-
01.10.2021	AC SURF	5.9E-05	5.9E-05	5.9E-05	2.1E-07
22.09.2021	AC BASE	9.9E-05	9.9E-05	9.9E-05	6.2E-08
08.10.2021	AC BASE	3.5E-05	3.5E-05	3.5E-05	1.4E-07

NMVOC heitvooge hinnati vookambriga tehtud katsete põhjal. Arvutuste aluseks on katsete jooksul mõõdetud kontsentratsioonide keskmised kontsentratsioonid. Tulemused on esitatud Tabel 84. Tabelisse on lisatud ka SMA asfaltsegu heitevood. SMA asfaltseguga vookambri katset läbi ei viidud ning heitevoogude arvutamise aluseks on vastavatel kuupäevadel mõõdetud NMVOC kontsentratsioonid, kupli parameetrid ja ette nähtud kuplit läbiva õhuvoolu mahtkiirus. Sellest tingituna võivad leitud heitevood alahinnata tegelikke heitvooge, sest eeldatavasti oleks vookabris NMVOC kontsentratsioonid kõrgemad kui välisõhus asfaldi laotamisel esinevad kontsentratsioonid.

**Tabel 84 NMVOC heitevoog**

Kpv.	Asfaldi segu	Sideaine sisaldus, %	Temp. kambris, °C	NMVOC, mg/Nm ³	Mahtkiirus, m ³ /s	Heitvoog, mg/m ² *s	Heitvoog, g/kg*s
26.09.2020	SMA	5.8	36	26.2	6.67E-05	0.011	7.66E-08
14.10.2020	SMA	5.8	36	36.5	6.67E-05	0.016	1.07E-07
05.05.2021	AC BASE	3.6	27	16.1	6.59E-05	0.007	4.77E-08
10.05.2021	AC SURF	5.0	36	56.9	6.58E-05	0.024	1.64E-07
11.02.2021	AC BASE	3.3	37	10.0	6.67E-05	0.004	2.92E-08
11.02.2021	AC BASE	3.3	37	16.4	6.67E-05	0.007	4.93E-08
11.02.2021	AC BASE	3.3	36	15.5	6.82E-05	0.007	4.75E-08
11.02.2021	AC BASE	3.3	38	14.0	6.67E-05	0.006	4.20E-08

Heitetegurid

Heitvoogude põhjal ja asfaltsegu lõikes arvatud heitetegurid on esitatud Tabel 85 ja Tabel 86

Tabel 85 Heitetegurid I

Asfaltsegu	NMVOC, mg/m ² *s	TSP, mg/m ² *s	PM ₁₀ , mg/m ² *s	PM _{2.5} , mg/m ² *s	BC, µg/m ² *s
SMA	7.9E-03	-	-	-	1.2E+01
AC SURF	2.4E-02	1.3E+01	1.3E+01	1.3E+01	2.0E+01
AC BASE	6.2E-03	9.6E+00	9.6E+00	9.6E+00	2.0E+01

Tabel 86 Heitetegurid II

Asfaltsegu	NMVOC, g/kg*s	TSP, g/kg*s	PM ₁₀ , g/kg*s	PM _{2.5} , g/kg*s	BC, g/kg*s
SMA	5.3E-08	-	-	-	8.3E-08
AC SURF	1.6E-07	9.1E-05	9.1E-05	9.1E-05	1.4E-07
AC BASE	4.3E-08	6.7E-05	6.7E-05	6.7E-05	1.4E-07

TSP ja PM-de heitetegureid SMA asfaltsegu kohta ei esitata. Samasuguse retseptiga ja sarnastel tingimustel laotati SMA asfaltsegu mõlemal mõõtmispäeval, kuid tulemuste erinevus oli enam kui 18 kordne. Samuti oli sarnased mõlema mõõtmispäeva analüüsitehnika ja mõõtmismeetodid. NMVOC-de puhul sellist erinevust ei olnud. Samuti jäi alla määramispiiri 16.09.2021 AC SURF laotamisel mõõdetud BC kontsentratsioon. Kuna aga AC SURF ja AC BASE segudes kasutatavad sideained ja nende sisaldus on väga sarnased ning 3 pidevmõõtmisega kvantifitseeriti BC kontsentratsioonid, siis võeti nii AC SURF kui ka AC BASE heiteteguri leidmisel aluseks kolme mõõtmise keskmine heitvoog.

BC heitetegur on saadud ühe 26.09.2020 mõõtmistulemuse põhjal. 16.09.2020 mõõtmisel jäi BC kontsentratsioon alla määramispiiri ja heitvoogu seetõttu ei hinnatud.



6 Põllumajanduse valdkonna tegevused

6.1 Eesti lauda- ja sõnnikukäitlustehnoloogiate ja nende mõju kaardistamine (lõpp 2021)

Vastutav täitja: Allan Kaasik

Kaastäitjad: Hannes Keernik, Marek Maasikmets

6.1.1 2020 a. tegevused

Juuli-detsember 2020 jooksul valmis Eesti Maaülikoolilt kui korraldatud hanke võitjalt tellitud töö „Eesti lauda- ja sõnnikukäitlustehnoloogiate ning sõnniku laotamise tehnoloogiate uuring“. Tellitud töö tulemusel täpsustati NH₃ ja KHG heitega seotud 2020. aasta levinuimate Eesti sõnnikukäitlussüsteemide sh karjatamise, laudatehnoloogiate, sõnnikuhoidlate katmisviiside ja sõnniku laotamistehnoloogiate jaotust. Teostati ka sõnnikuhoidlate ruumiline analüüs, leides hoidlate koordinaate ja pindalasiid. Uuringuks vajalikud algandmed saadi peamiselt Keskkonnaameti KOTKASE andmebaasist, Ehitusregistrist ja Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ametist. Uuringus leiti, et lüpsikarja pidamisel on peamiseks tehnoloogiliseks lahenduseks vähesel allapanul vabapidamine sõnnikueemaldamisega üle kolme korra päevas, lihaveseid aga peetakse enamasti vabapidamisel sügavallapanul. Seakasvatuses valdavad allapanuta pidamistehnoloogiad. Vedelsõnnikuhoidlate koguarvust moodustuvad peaaegu kaks kolmandikku ringja põhiplaani ja ühe kolmandiku laguuntüüpi mahutid. Hoidlate pindalast lähtuvalt on aga olukord vastupidine. Tahesõnnikuhoidlate koguarvust ja -pindalast moodustavad katusega hoidlad umbes 15%. Umbes 40% vedelsõnnikust laotatakse segamislaotusega, umbes 35% sisestuslaotusega ja ligikaudu 2% paisklaotusega. Tahesõnnikut laotatakse traditsiooniliselt paisklaotusega. Tellitud uuringu tulemused on leitavad eraldi aruandena.

Erinevate hoidlatüüpide (vedel- ja tahesõnnikuhoidla) NH₃, N₂O ja CH₄ eriheidete mõõtmised (maksimaalselt 10 hoidlat ning valik tehakse saasteainete heitkoguste inventuuri seisukohast olulistest hoidlatüüpidest). Tegevused on planeeritud aastateks 2020-2021.

Koostöös KAURi ja Eesti Maaülikooli spetsialistidega valiti inventuuri seisukohast olulised hoidlatüübid ning valiti välja konkreetsed mõõtekohad, mis on järgmised:

1. Sigade vedelsõnnikuhoidla: rõngasmahuti (ujukate); 2 käitist - Lutsu sigala, Pandivere Kisla sigala
2. Piimalehmade vedelsõnnikuhoidla: laguun (loomulik koorik); 2 käitist - Põlva POÜ, Hummuli Agro või mõni muu Põlva POÜ hoidla
3. Piimalehmade vedelsõnnikuhoidla: rõngasmahuti (loomulik koorik); 2 käitist - Põlva POÜ, Männiku Piim
4. Piimalehmade vedelsõnnikuhoidla: kinnine mahuti; 1-2 käitist olenevalt, kas hoidlaid on Eestis 1 või rohkem - Märja katselaut, JK OTSA TALU OÜ

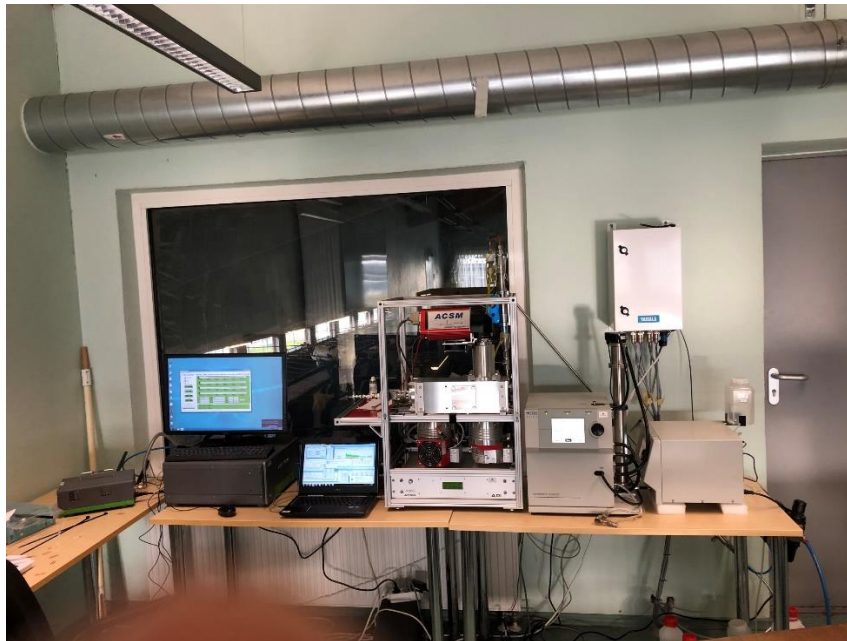


5. Muude veiste va piimalehmade tahesõnnikuhoidla: varikatusega ja loomuliku koorikuga hoidla; 2 käitist - Vao Agro OÜ, Rannu Mõis OÜ
6. Sigade vedelsõnnikuhoidla: kinnine mahuti; 1 käitis, jääb valikusse juhul kui Eestis on endiselt vaid 1 käitis piimalehmade vedelsõnnikuhoidla kinnise mahutiga – Säkna

Eesti Maaülikoolist osales konkreetsete mõõtekohtade valikul Allan Kaasik ning kokkulepped mõõtmiste teostamiseks on olemas, kuid hetkel pole soe ilm soosinud talviste heitkoguste mõõtmise teostamist. Mõõtmistega alustatakse kohe kui minimaalselt 1 nädal on olnud ööpäevakeskmise temperatuur alla 0°C.

2020 a. suve lõpus alustati Märja katselaudas NH₃, N₂O, CH₄, CO₂, peenosakeste (PM<1.0), nende arvkontsentratsiooni (#/cm³) ja keemilise koostise (orgaanika, NH₄⁺, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻) reaalajas mõõtmistega, kasutades selleks järgmist mõõteaparatuuri (Joonis 66):

1. Gaaside kontsentratsioon - Picarro CRDS G2508;
2. Peenosakeste arvkontsentratsioon – SMPS (Scanning mobility particle sizer, 3938, TSI), mõõtevahemik 10 nm kuni 1000 nm;
3. Peenosakeste (PM<1.0) keemiline koostis – ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor, Aerodyne).

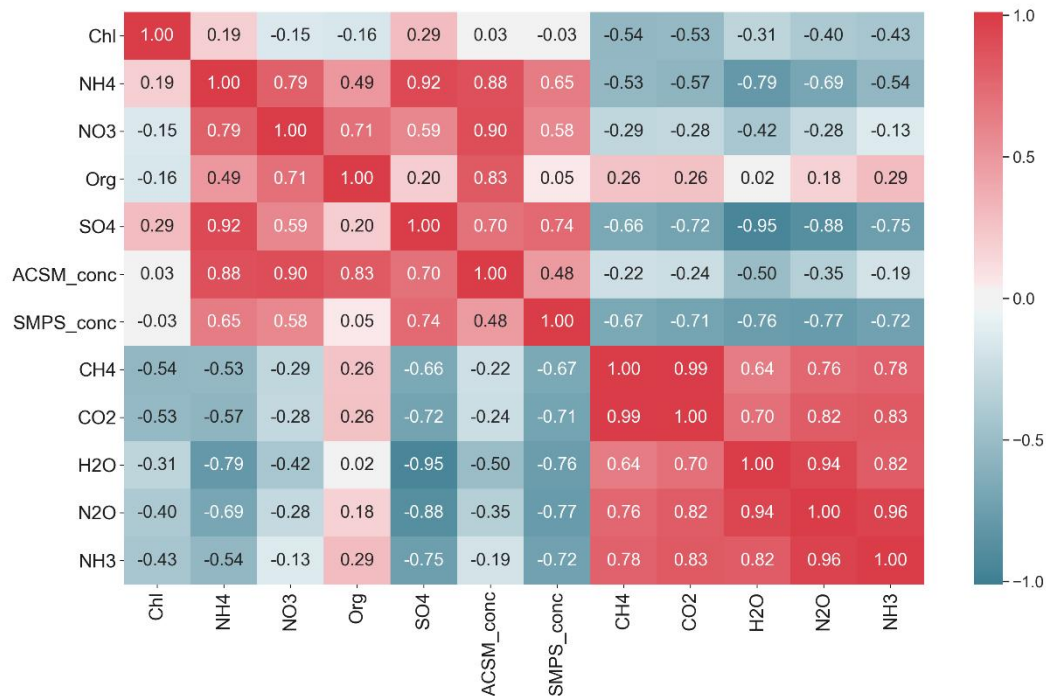


Joonis 66 Märja katselaudas olevad mõõteseadmed

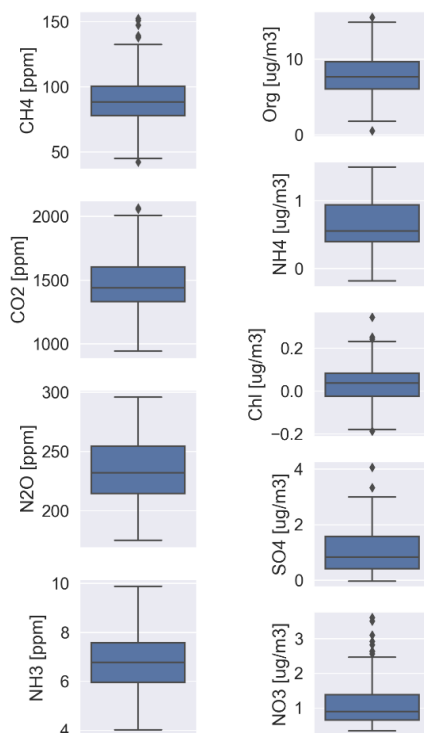
Mõõtmiste alusel saab hinnata kui palju tekib laudas kohapeal ammoniaaki ning kui palju sellest jõuab minna aerosoolifaasi. Mõõtmisi jätkatakse 2021 a. 2020 a. esialgsed mõõtetulemused on toodud Joonis 67 kuni Joonis 70. Esialgsete tulemuste põhjal on tuvastatav, et NH₃ ja NH₄⁺ vahel esineb tugev negatiivne korrelatsioon (-0,54), mille põhjal võib järeldada, et vähemalt sel perioodil pärines enamuse NH₄⁺ väliskeskkonnast. Siiski tuleb andmeid edasi analüüsida, et selgitada kui palju ja mis tingimustel NH₃ läheb laudakeskkonnas üle aerosoolifaasi. Teoreetiliselt peaksid selleks sobima talvised tingimused kui temperatuur ning õhuvahetus on laudas madal. Osakeste suurusjaotuse (Joonis 69) puhul on täheldatav



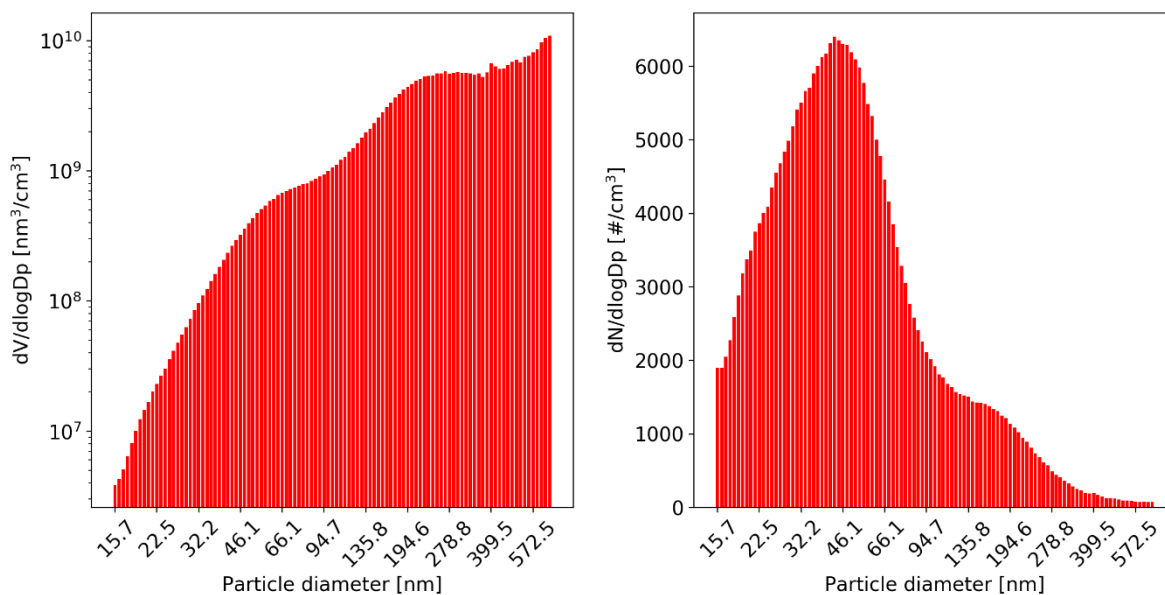
maksimaalne numbrikontsentratsioon suurusvahemikus 30-50 nm. Joonis 70 põhjal on täheldatav mitmed nukleatsioonipuhangud ning edasise töö käigus peab analüüsima puhangute tekkepõhjuseid, st kas tegemist on laudas või välisõhus toimuvate protsessidega. Igaljuhul on kogutavad andmed üliolulised, et selgitada ammoniaagi ning peenosakeste dünaamikat laudakeskkonnas.



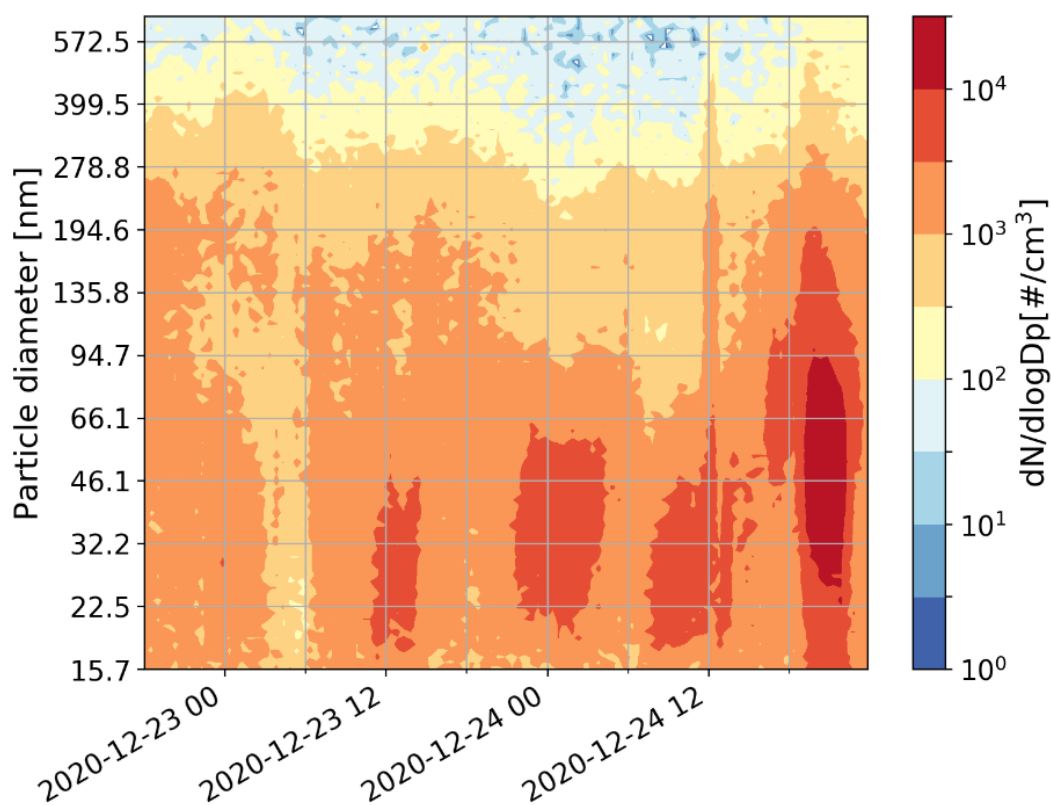
Joonis 67 ACSM, SMPS (15-673 nm) ja Picarro mõõtmistulemustel põhinevad esialgsed korrelatsioonid Märja katselaudas



Joonis 68 ACSM ja Picarro poolt mõõdetud parameetrite esialgsed kvantiilid ning keskmised, miinimum- ja maksimumväärtused Märja katselaudas



Joonis 69 Keskmine osakeste suurusjaotus kasutades ruumilist- ja numbrilist kontsentratsiooni



Joonis 70 Näide SMPS mõõdetud osakeste numbrilise kontsentratsiooni ajalisest evolutsioonist vahemikus 22.12.2020 18:00 kuni 25.12.2020 00:00

PM₁₀ eriheidete otsing kirjandusest

Ülesanne: Uuritakse, kas kirjandusallikate põhjal on võimalik leida Eesti konteksti sobituvaid PM₁₀ (võimalusel ka PM_{2.5} ja PM_{sum}) eriheidete sigalatele (nuumsead, võõrdepõrsad, emised) ja kanalatele (broilerid, munakanad) arvestades allapanu liiki, loomade aktiivsust ja pidamisviisi selliselt, et kaetud oleksid Eesti käitistes levinumad pidamisviisid. Eriheidete leidmisel lähtutakse EMEP/EEA Guidebook'ist. Vastav kirjandusallikate analüüs lõpetatakse hiljemalt juuniks 2021.

Tabel 87 EMEP/EAA Guidebook eriheidete

PM ₁₀ ja PM _{2.5} (tier 1) eriheidete (kg AAP ⁻¹ a ⁻¹)			
Kood	Loomaliik/vanuse(tootmis)grupp	Loomapidamishoone	
		PM ₁₀	PM _{2.5}
3B3	Sead (nuumsead)	0.14	0.006
3B3	Sead (võõrdepõrsad)	0.05	0.002
3B3	Sead (emised)	0.17	0.01
3B4gi	Munakanad	0.04	0.003



PM ₁₀ ja PM _{2.5} (tier 1) eriheitel (kg AAP ⁻¹ a ⁻¹)			
Kood	Loomaliik/vanuse(tootmis)grupp	Loomapidamishoone	
		PM ₁₀	PM _{2.5}
3B4gii	Broilerid	0.02	0.002

EMEPi juhendi PM-ga seotud info

Peamised tahkete osakeste heitkoguste allikad on hooned, kus peetakse kariloomi, kuigi olulised allikad võivad olla ka õuealad. Need heitmed pärinevad peamiselt söödast, mis moodustab 80–90 % põllumajandussektori tahkete osakeste koguheitest. Allapanu materjalid, nagu õled või puidulaastud, võivad samuti tekitada õhus lenduvaid osakesi. Linnu- ja seafarmid on peamised tahkete osakeste põllumajanduslikud allikad. Linnupidamishoonete heitkogused tekivad ka sulgedest ja sõnnikust, samas kui sigalate heitmed nahaosakestest, väljaheitest ja allapanust. Loomade tegevus võib samuti põhjustada varem settinud tolmu resuspendeerumist kariloomade pidamisruumi atmosfääri (resuspensioon) (Winkel et al. (2015)). Seetõttu on oluline tagada, et kõik heitkoguste mõõtmised tehakse piisavalt pika perioodi jooksul, et tagada nende sobiv representatiivsus, enne kui neid aastase heitehinnangu määramiseks suurendatakse.

Tahkete osakeste heitkoguste üksikasjalikuks arvutamiseks oleks vaja kvantitatiivseid andmeid kõigi 1. lisa punktis A1.2.2 nimetatud tegurite kohta. Praktikas võimaldavad olemasolevad andmed kasutada iga kariloomade alamkategooria puhul ainult keskmisi EF-sid. Lisateavet heitkoguste kohta on esitatud 1. lisa jaotises A1.2.2.

Uuritud on meetodeid õhus lenduva tolmu kontsentratsiooni vähendamiseks kariloomade pidamises. Need on kokku võetud 1. lisa punktis A1.2.3.

Tahkete osakeste heitkoguste kohta on vaja rohkem andmeid, et paremini määrata nii keskmisi heitkoguseid kui ka heitemäärade varieeruvust, mis on tingitud erinevatest keskkonna- ja juhtimisteguritest. Seetõttu on see allikas ka tulevaste kontrolliuuringute sihtmärk.

Seega on hea tava kohaldada 1. astme EF-sid ainult peetavatele kariloomadele. Tahkete osakeste emissiooni määramisel on olulised teadmised erinevate parameetrite kohta, millest määravamad parameetrid on toitumistingimused, loomade tegevus ja allapanu. PM₁₀ ja PM_{2,5} EF-d põhinevad kõige värskemal kirjandusel. Takai et al. (1998) ja Winkel et al. (2015) ja seal toodud publikatsioonide ülevaated on EF-ide peamised allikad. Hiljuti läbi viidud uuringutes on väiksemad EF-d kui Takai jt. (1998); seetõttu on umbes 50 % EF-idest uuendatud. Seda langust võib seletada muutustega loomakasvatuse praktikas. Tabeli 3.5 joonealuses märkuses on käsitletud uuringute täielik loetelu ja lisas on esitatud üksikasjalik kirjeldus:

- (d) Chardon and van der Hoek (2002); Schmidt et al. (2002) cited in Winkel et al. (2015); Jacobson et al. (2004); Koziel et al. (2004) cited in Winkel et al. (2015); Haeussermann et al. (2006, 2008); Costa et al. (2009); Van Ransbeeck et al. (2013); Winkel et al. (2015).



(f) Haeussermann et al. (2008); Costa et al. (2009); Winkel et al. (2015).

(h) Lim et al. (2003); Demmers et al. (2010); Costa et al. (2012) cited in Winkel et al. (2015); Valli et al. (2012); Hayes et al. (2013); Shepherd et al. (2015); Winkel et al. (2015); Haeussermann et al. (2008); Costa et al. (2009); Winkel et al. (2015).

(j) Redwine et al. (2002); Lacey et al. (2003); Roumeliotis and Van Heyst (2007); Calvet et al. (2009); Demmers et al. (2010); Modini et al. (2010); Roumeliotis et al. (2010); Lin et al. (2012) Winkel et al. (2015).

1. lisa jaotises A1.3.1 esitatakse 1. tasandi keskkonnamõjude hindamiseks kasutatavad EF-d kõikide loomade, välja arvatud sigade ja kodulindude puhul, eristades sönnikukäitlussüsteemi tüübi (tahke või vedel).

Tahkete osakeste heitkogused sõltuvad muuhulgas 1. lisa punktis A1.2.2 käsitletud teguritest. Olemasolev kirjandus ei võimalda hinnata EF-sid, mis võtavad arvesse ülalnimetatud muutujate mõju.

Võib eeldada, et allapanuga (tahkesönnikuga) pidamissüsteemid toodavad rohkem tolmu kui loomapidamised ilma allapanuta (läga), kuna allapanumaterjal, nagu põhk, koosneb lahtisest materjalist, mis häirete tõttu kergesti õhku levib (Hinz et al., 2000). Takai et al. (1998) leidsid Inglise lüpsilehmade allapanuga pidamisruumides suurema sissehingatava tolmu kontsentratsiooni kui lägapõhiste süsteemidega Saksa piimakarjahoonetes. Ka tahkete osakeste arvutuslikud heitkogused erinesid. Siiski on leitud, et tahkete osakeste heitkogused on sügavas allapanusüsteemis 50% väiksemad, kuna tolmu siseneb peenrasse ja hoiab seal niiskuse käes. Kui pesakond on niiske, ei põhjusta loomade tegevus nii palju materjali suspendeerumist (CIGR Working Group, 1995). Tahkete osakeste heitkogused tekivad nii peetavatelt kui ka vabapidamisel peetavatelt kariloomadelt. Vabapidamisel peetavate kariloomade heitkoguste mõõtmiste puudumine tähendab aga seda, et EF-ide väljatöötamine on keskendunud peetavatele kariloomadele.

Õhus lenduva tolmu kontsentratsiooni vähendamiseks kariloomade pidamises on uuritud meetodeid. Sellised meetmed nagu märg söötmine, sealhulgas rasvalisandid söödas, õli ja/või veega piserdamine, on mõned näited tehnikatest, mis takistavad liigset tolmu teket hoones. Saadaval on ka torulõpu tehnoloogiad tahkete osakeste heitkoguste oluliseks vähendamiseks, eelkõige filtrid, tsüklonid, elektrostaatilisid filtrid, märgpuhastid ja bioloogilised heitõhu puhastussüsteemid. Kuigi paljusid neist peetakse praegu liiga kalliks, tehniliselt ebausaldusväärseks või ebapiisavalt kasutajasõbralikuks, et neid põllumajanduses laialdaselt kasutusele võtta, loeb UNECE (2007) õhupuhastid 1. kategooria heitkoguste vähendamise võimaluseks.

Eraldatud osakeste massivoogusid reguleerivad järgmised parameetrid (näited sulgudes), mis põhjustab prognoositavate heitkoguste osas ebakindlust (Seedorf ja Hartung, 2001):

- Hoone projekteerimine ja käitamine:
 - ventilatsioon (sund-vs loomulik ventilatsioon); Aruannetes puudub info.
 - kliima (temperatuur ja suhteline õhuniiskus); aruannetes pole infot
 - põranda tüüp (osaliselt või täielikult restiga); Eestis Sead täisrestpõrand,



osaline restpõrand (a) betoonrestid, b) metallrestid/plastrestid, monoliitpõrand

- sisse- ja väljalaskeavade geometria ja asendid (turbulentsist põhjustatud ladestunud osakeste tagasihaaramine hoonesiseste pindade kohal); aruannetes pole infot
- Kariloomade allapanu:
 - materjali tüüp (õled või puidulaastud); infot ei koguta allapanu liigi kohta
 - materjali füüsikalised omadused;
 - kogus ja kvaliteet (nt põhk, hakitud põhk, puidulaastud, saepuru, turvas, liiv, tolmust puhastatud allapanumaterjalide kasutamine, erinevate materjalide segud, allapanu niiskus, niiskust eemaldavate ainete lisamine, kasutatud allapanu mass looma kohta); infot ei koguta allapanu liigi kohta
- Loomakasvatus:
 - loomade tegevus (liigid, ööpäevarütmid, noored vs täiskasvanud loomad, puuris peetavad vs lindude süsteemid); Sead vs kodulinnud. Noorlinde ei eristata arvutustes. Noored sead võõrutajatel. Munakanad puuris 97%, mitmel tasapinnal u 2%, põrandal u 2%, sügavallapanu u 3%. Noorlinnud 99% põrandal, 1%puuris, 99% sügavallapanu, 1% skreeper. Broilerid 100% põrandal, 100% sügavallapanu. Ööpäevarütmi info vajab uurimist, aruannetes pole.
 - eluaseme aeg (terve aasta vs hooajaline eluase); Eestis: sead ja linnud aastaringi sees
 - söötmissüsteemid (kuiv vs märg, automaat vs käsitsi, sööda säilitamise tingimused); 3.B Sõnnikukäitlus EMEP/EEA õhusaasteainete heitkoguste inventuur Juhend 2019 aruannetes pole infot
 - sõnnikusüsteemid (vedel vs tahke, eemaldamine ja ladustamine, sõnniku kuivatamine konveierilintidel). Munakanad 98% transportöörlint, 2% ei kuivatata. Broilerid 100% kuivatamiseta sügavallapanu. Noorlinnud 99% kuivatamiseta sügavallapanu, 1% skreeper?. Kodulinnud 100% igaõnnik. Sead: ajaloos olnud vedel ja tahe.
 - Peetavate kariloomade tüüp (kodulinnud vs imetajad). Linnud – kodulinnud, sead – imetajad

Teiste riikide näited

Austria IIR 2020

Austrias on kasutusel RAINS mudeli (Lükewille et al. 2001) eriheitel, mida on Austria puhul hinnatud sobivateks. Arvutuste tulemuseks on madalamad ja eelduslikult realistlikumad hinnangud võrreldes tulemustega, mis on toodud EMEP/EEA GB 2019 vaikeväärtuste kasutamisel. Loomade ja kodulindude eriheitel (kg PMsum/loom/aastas) on toodud alljärgnevas tabelis.

**Tabel 88 PMsum eriheidet (kg/looma või linnu kohta aastas)**

Looma/linnuliik	PMsum, kg/looma või linnu kohta aastas
piimalehmad	0.235
muud veised	0.235
nuumsead	0.108
emised	0.108
munakanad	0.016
broilerid	0.016
kalkunid	0.016
muud kodulinnud	0.016
lambad	0.235
kitsed	0.153
hobused	0.153
muud loomad	0.016

Austria IIR-is (Umweltbundesamt, Viin 2020) lähtutakse KLIMONT et al. (2002) uuringust, mille kohaselt PM₁₀ osakaal PMsum-s on 45% ja PM_{2.5} osakaal eelduslikult 10%. Eeldatakse, et PM₁₀ ja PM_{2.5} eriheidetes ei ole kondenseeruvat komponenti, kuigi seda pole sõnaselgelt kirjeldatud (Winiwarter et al. 2007 and 2009) ja (Lükewille et al. 2001).

Kirjandusallikad:

LÜKEWILLE, A.; BERTOK, I.; AMANN, M.; COFALA, J.; GYARFAS, F.; HEYES, C.; KARVOSENOJA, N.; KLIMONT, Z. & SCHOEPP, W. (2001): A Framework to Estimate the Potential and Costs for the Control of Fine Particulate Emissions in Europe. Interim Report IR-01-023, IIASA, Laxenburg.

KLIMONT, Z.; J. COFALA, I.; BERTOK, M.; AMANN, C.; HEYES & GYARFAS, F. (2002): Modelling Particulate Emissions in Europe. A Framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs, Interim Report IR-02-076, IIASA, Laxenburg

Itaalia IIR 2020

PMsum heitkoguste arvutamiseks kasutatakse Tier 1 meetodikat. PM₁₀ ja PM_{2.5} eriheidet on tuletatud EMEP/EEA juhendist (EMEP/EEA, 2019; EMEP/CORINAIR, 2006), mida on muudetud Itaalia loomakasvatustomade ja kaaluparameetrite alusel (Córdoba et al., 2008; Córdoba, 2011). Sigade ja kodulindude puhul on eriheidet ajakohastatud alates 2010. aastast, prognoosides järkjärgulist üleminekut ajakohastatud eriheidetele alates 2005. aastast, kajastades ISTATi uuringutega (FSS ja põllumajandusloendus) registreeritud muudatusi sönnikukäitlussüsteemides. Alates 2010. aastast põhinevad PM heitkoguste arvutused 2019.



aasta EMEP/EEA juhendis esitatud eriheidetel. Need eriheidet põhinevad aastatel 2006–2016 läbi viidud uuringutel, mis hõlmavad Itaalias tehtud teadustöid. Need uuringud on näidanud, et 2006. aasta EMEP/CORINAIRi juhendis soovitatud Takai et al. eriheidet on liiga kõrged ega kajasta praegust PMsum heitkoguste taset. Vaheaastateks (2004-2010) on eeldatud järkjärgulist üleminekut ajakohastatud eriheidetele, võttes arvesse heitkoguste vähendamise tehnoloogiate järkjärgulist levikut.

Holland

Kasutuses olevate eriheidete ülevaade on toodud Lagerwerf et al. (2019).

Saksamaa

EMEP 2013 GB sead ja munakanad Tier 2, teised 2016 muutus Tier 1ks <https://iir-de-2020.wikidot.com/3-agriculture>.



6.1.2 2021 a. tegevused

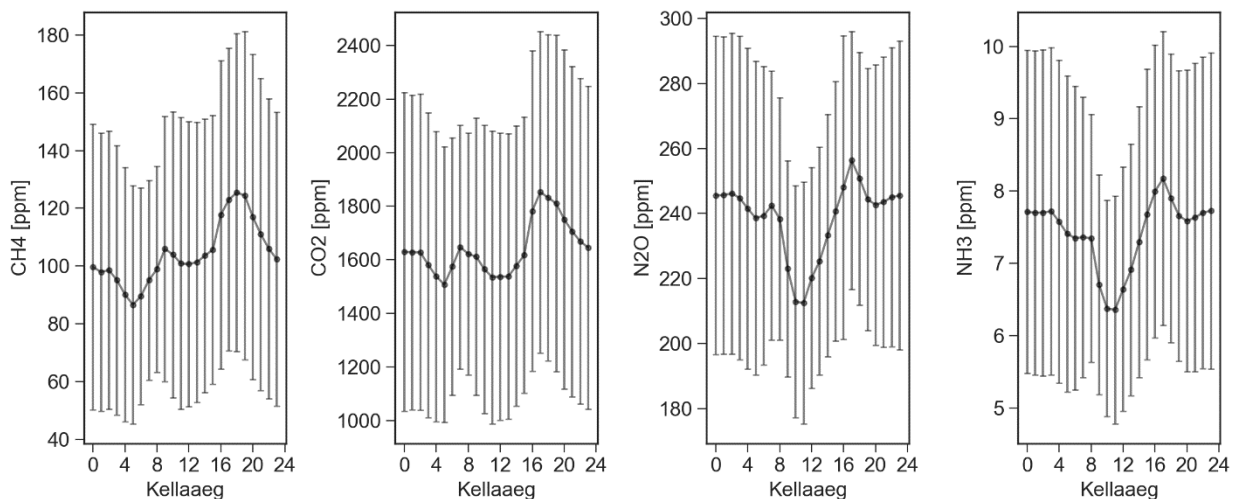
Märja katselauda mõõtmised

2021. aastal jätkati Märja katselaudas NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2 , peenosakeste ($\text{PM}<1.0$), nende arvkontsentratsiooni ($\#/ \text{cm}^3$) ja keemilise koostise (orgaanika, NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) reaalajas mõõtmistega, kasutades selleks järgmist mõõteaparatuuri:

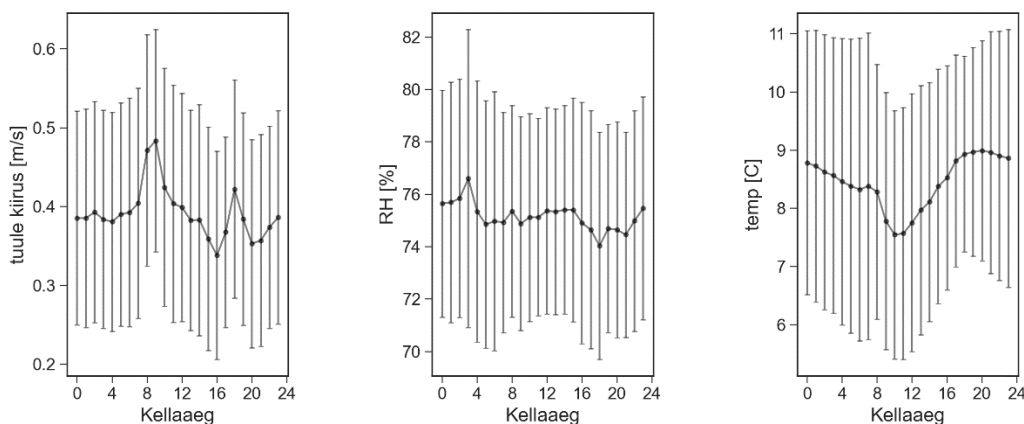
1. Gaaside kontsentratsioon - Picarro CRDS G2508;
2. Peenosakeste arvkontsentratsioon – SMPS (Scanning mobility particle sizer, 3938, TSI), mõõtevahemik 14 nm kuni 673 nm;
3. Peenosakeste ($\text{PM}<1.0$,) keemiline koostis – ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor, Aerodyne).

Lisaks oli kasutada lauda neljas punktis mõõdetud suhtelise õhuniiskuse ja temperatuuri ning 10 punktis mõõdetud tuule kiiruse aegridasid.

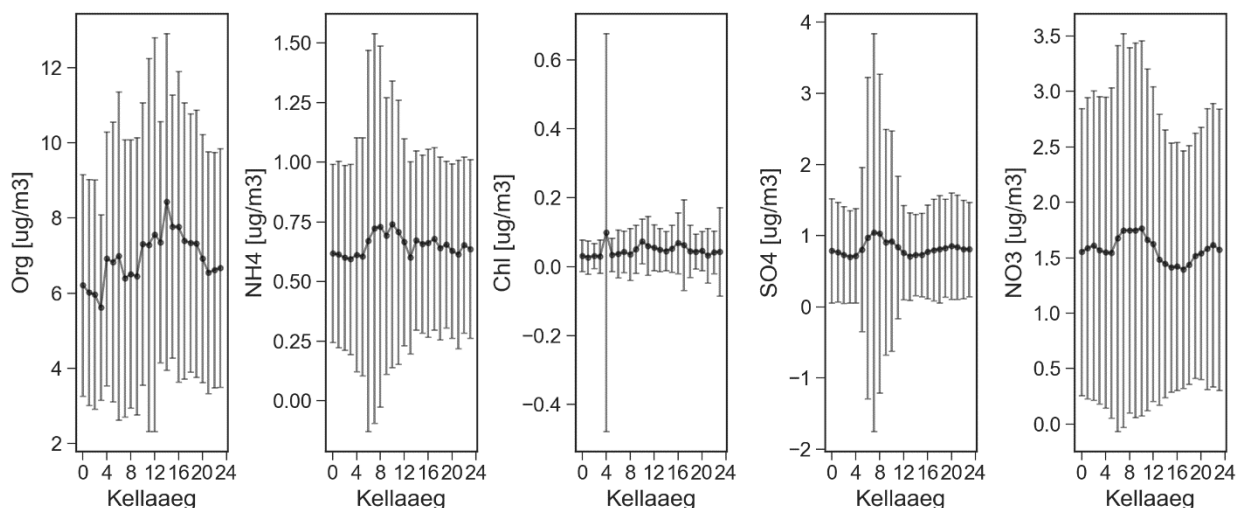
Joonis 71 põhjal ilmneb, et gaasiliste ainete ööpäevane maksimum leiab aset kella 16 ja 19 vahel. N_2O ja NH_3 puhul on märgata ka selge miinimum ennelõunal, mis ühtib temperatuuri miinimumiga (Joonis 72). See omakorda on seotud õhuvahetusega laudas. Nii tuule kiiruse kui temperatuuri andmetest selgub, et lauda õhutusavasid suurendatakse tavaliselt kella 8–10 vahel. Peenosakeste keemilise koostise ööpäevases varieeruvuses (Joonis 73) nii selget muutlikkust ei ole võimalik täheldada (NO_3^- , SO_4^{2-} ja NH_4^+ puhul võib märgata maksimumi hommikustel tundidel, Org puhul ilmneb maksimum pärastlõunal, Cl^- korral selge maksimum puudub). Cl^- maksimum kell 4 öösel on tingitud lühiajalisest kõrgete väärtustega perioodist (Cl^- kuni $5 \text{ ug}/\text{m}^3$, samaaegselt kõrged väärtused ka Org ja NH_4^+ aegridades).



Joonis 71 Picarro mõõdetud parameetrite ööpäevane muutlikkus

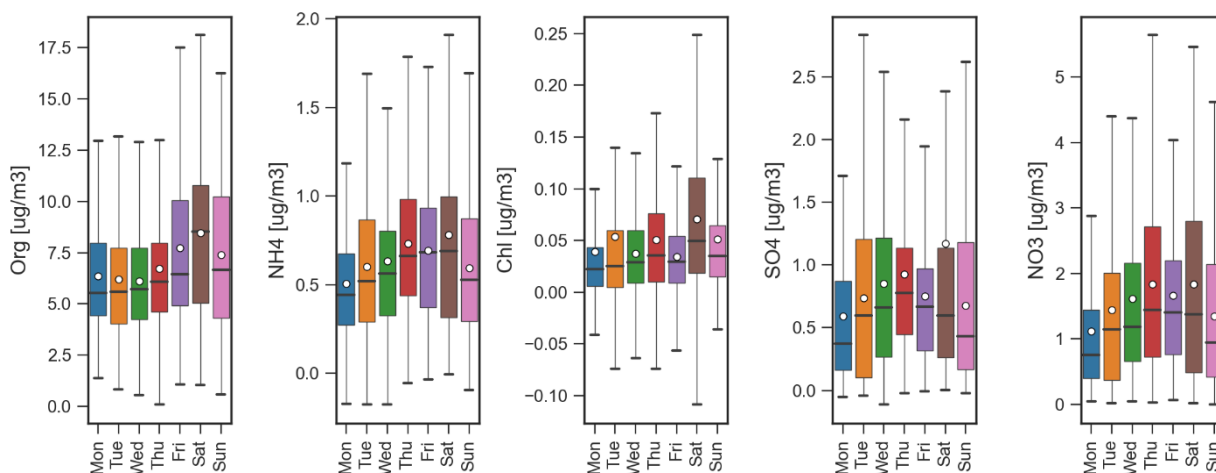


Joonis 72 Laudas mõõdetud tuule kiiruse, suhtelise õhuniiskuse ja temperatuuri ööpäevane käik

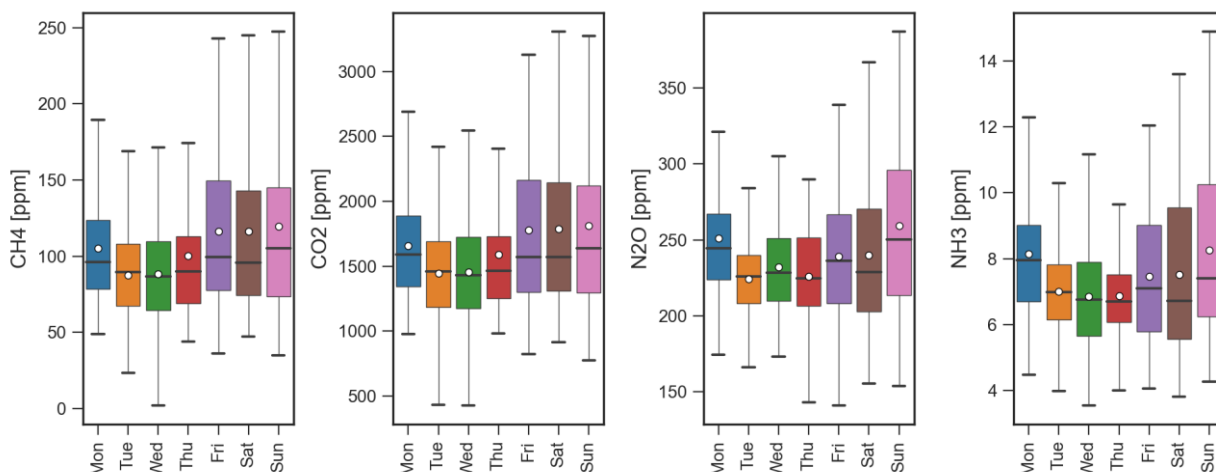


Joonis 73 ACSM mõõdetud parameetrite ööpäevane muutlikkus

Tuginedes allolevatele joonistele võib väita, et kõrgeimad peenosakeste kontsentratsioonid esinevad laupäeviti, gaasiliste ainete korral laupäeviti, pühapäeviti ja esmaspäeviti, mis on ilmselt seotud lauda töögraafikuga.



Joonis 74 ACSM mõõdetud parameetrite muutlikkus nädala lõikes

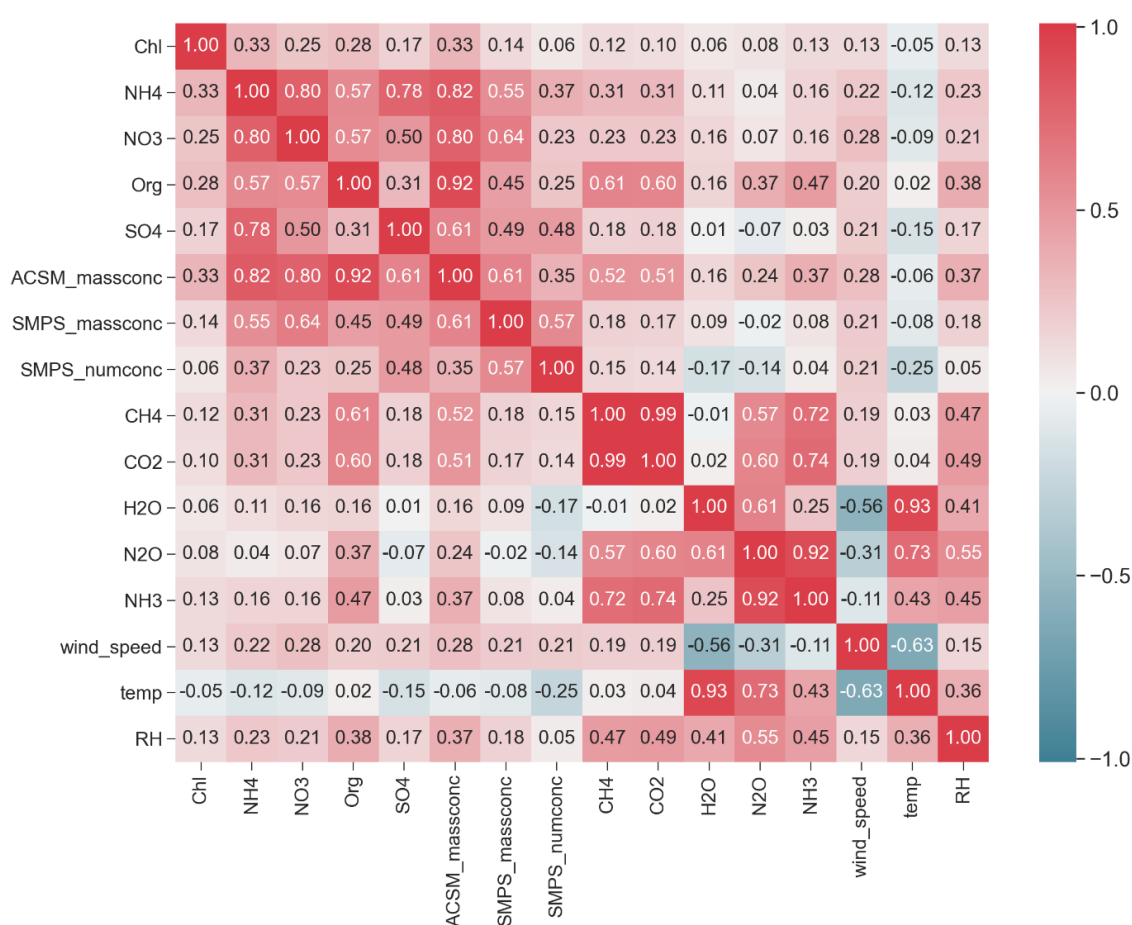


Joonis 75 Picarro mõõdetud parameetrite muutlikkus nädala lõikes

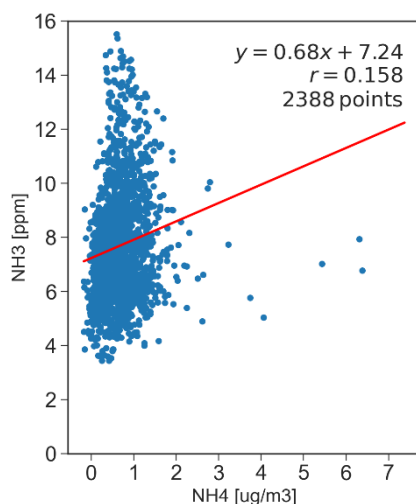
Joonis 76 põhjal nähtub, et ACSM ja SMPS mõõdetud summaarse massikontsentratsiooni vahel on tugev seos, $r = 0.61$. Kõikide gaasiliste ainete ja peenosakeste keemiliste parameetrite vahel on positiivne korrelatsioon. NH₃ ja NH₄⁺ vahelist korrelatsiooni kirjeldab nõrk positiivne seos, $r = 0.16$ (Joonis 76). NH₃ gaasifaasist aerosoolifaasi ülemineku tuvastamiseks laudakeskkonnas vaadeldi mõõdetud aegridasid ööpäeva lõikes. Kuigi SMPS ei võimalda mõõta osakeste kontsentratsiooni nukleatsiooni alumises piirkonnas (<10 nm), siis aitab see hinnata osakeste tekkeprotsesside algusaega paari-kolmetunnise hilinemisega (võttes keskmiseks osakeste kasvukiiruseks 3-5 nm/h). Osakeste teke sõltub paljudest asjaoludest, muuhulgas sobivatest meteoroloogilistest tingimustest (päikesekiirgus, segunemine, temperatuur) ja õhulisandite kontsentratsioonist. Kuna osakeste teke on muu hulgas indutseeritud päikesekiirgusest, algab osakeste teke tüüpiliselt 3–5 tundi pärast päikesetõusu. Talvise perioodi kõrgeimad Org, NH₄⁺ ja summaarsed peenosakeste kontsentratsioonid mõõdeti jaanuari keskel (Joonis 78), kuid mis tõenäoliselt oli tingitud lauda õhuvahetuse



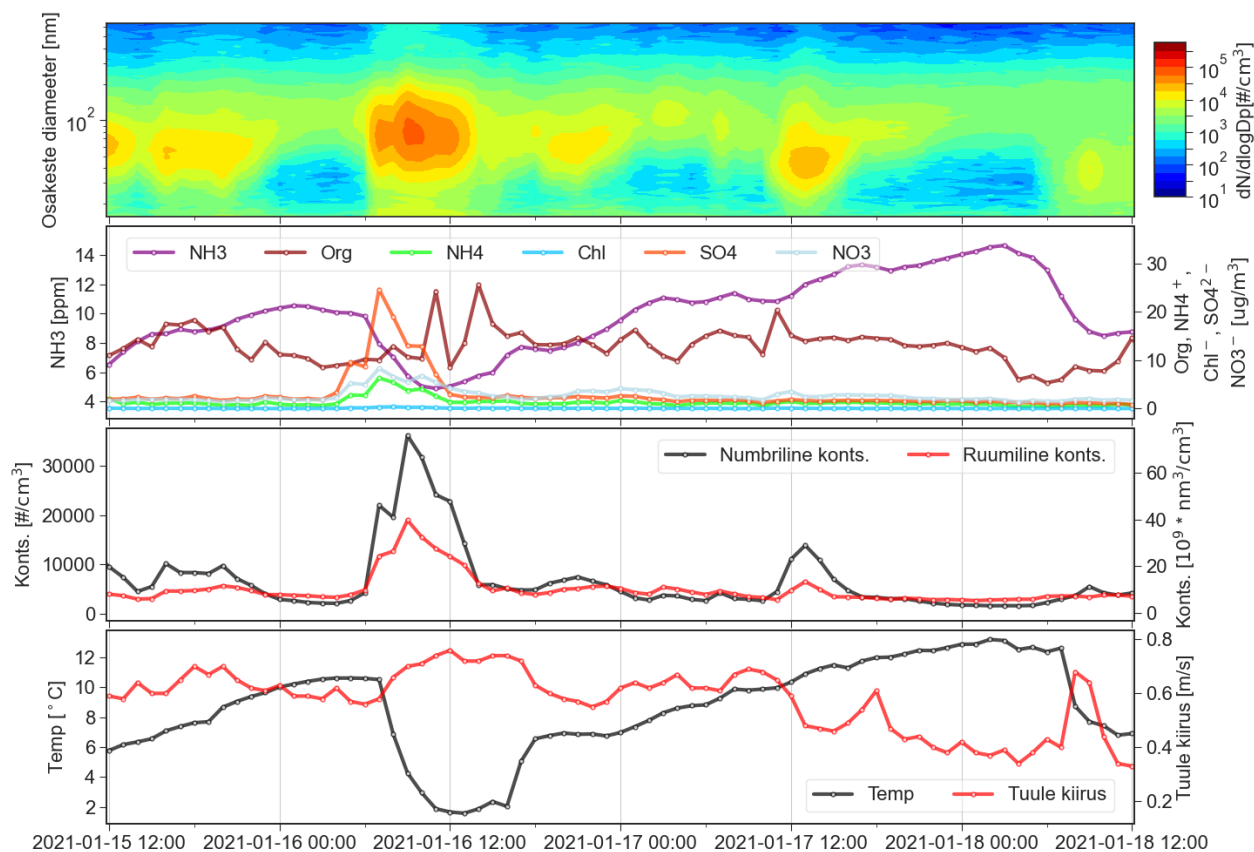
suurendamisest – temperatuur ja NH₃ langesid, tuule kiirus kasvas, kiire osakeste numbrilise kontsentratsiooni kasv kõikides suurusvahemikes 14–673 nm. See omakorda viitab sellele, et osakesed pärinesid väliskeskkonnast ja ei tekkinud lokaalselt. Ka teiste sarnaste kõrgete väärtuste korral ei tuvastatud talvisel perioodil laudakeskkonnas osakeste tekkepuhanguid. Küll aga leiti võimalikke nukleatsioonipuhanguid oktoobris (Joonis 79). Nii ilmneb osakeste kasv ajas näiteks kahel järjestikkusel päeval, 7. ja 8. oktoobril, mil <20 nm diameetriga osakesed kasvavad üle 100 nm ja jäävad pikaks ajaks laudakeskkonda püsima. Keskmise osakeste suurusjaotuse (Joonis 80) puhul on täheldatav maksimaalne numbrikontsentratsioon ligikaudu 50 nm suuruste osakeste juures, kus numberkontsentratsioon oli keskmiselt 4000-5000 osakest/cm³.



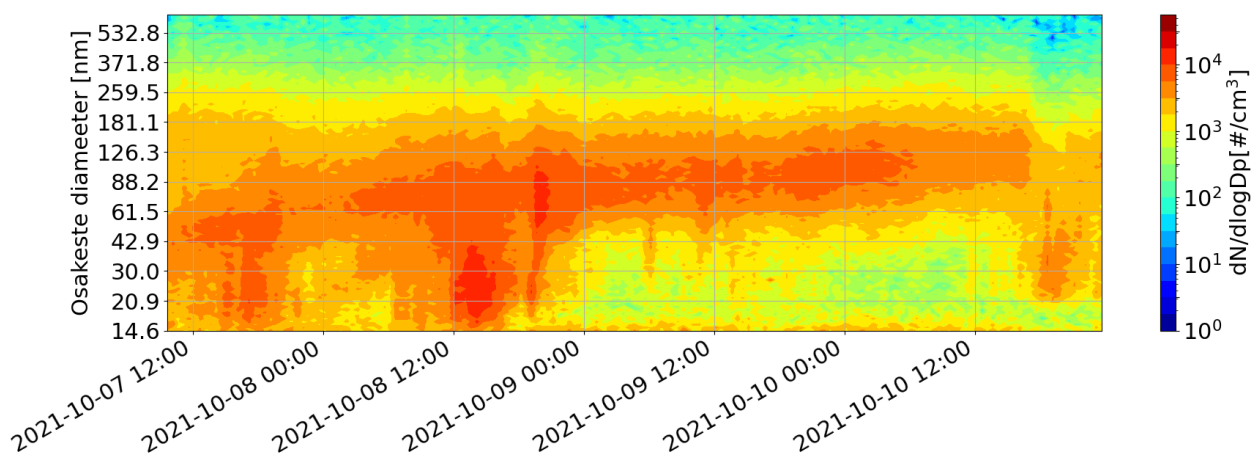
Joonis 76 ACSM, SMPS (14-673 nm) ja Picarro mõõtmistulemustel põhinevad korrelatsioonid Märja katselaudas perioodil 22.12.2020 – 01.04.2021



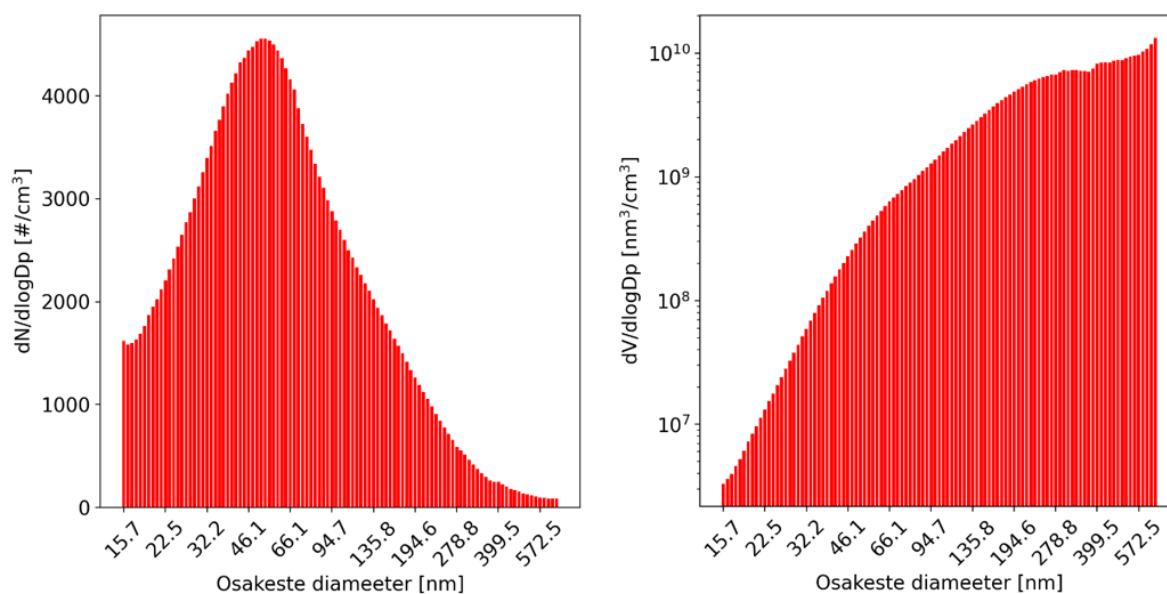
Joonis 77 NH₃ ja NH₄⁺ vaheline sõltuvus Märja katselaudas perioodil 22.12.2020 – 01.04.2021



Joonis 78 Näide SMPS mõõdetud osakeste numbrilise kontsentratsiooni ajalisest evolutsioonist Märja katselaudas vahemikus 15.01.2021 12:00 - 18.01.2021



Joonis 79 Näide SMPS mõõdetud osakeste numbrilise kontsentratsiooni ajalisest evolutsioonist (võimalik nukleatsioonipuhang) vahemikus 07.10.2021 - 10.10.2021



Joonis 80 Keskmine osakeste suurusjaotus Märja katselaudas kasutades normaliseeritud numbrilist- ja ruumilist kontsentratsiooni

Hoidlate emissioonide mõõtmised

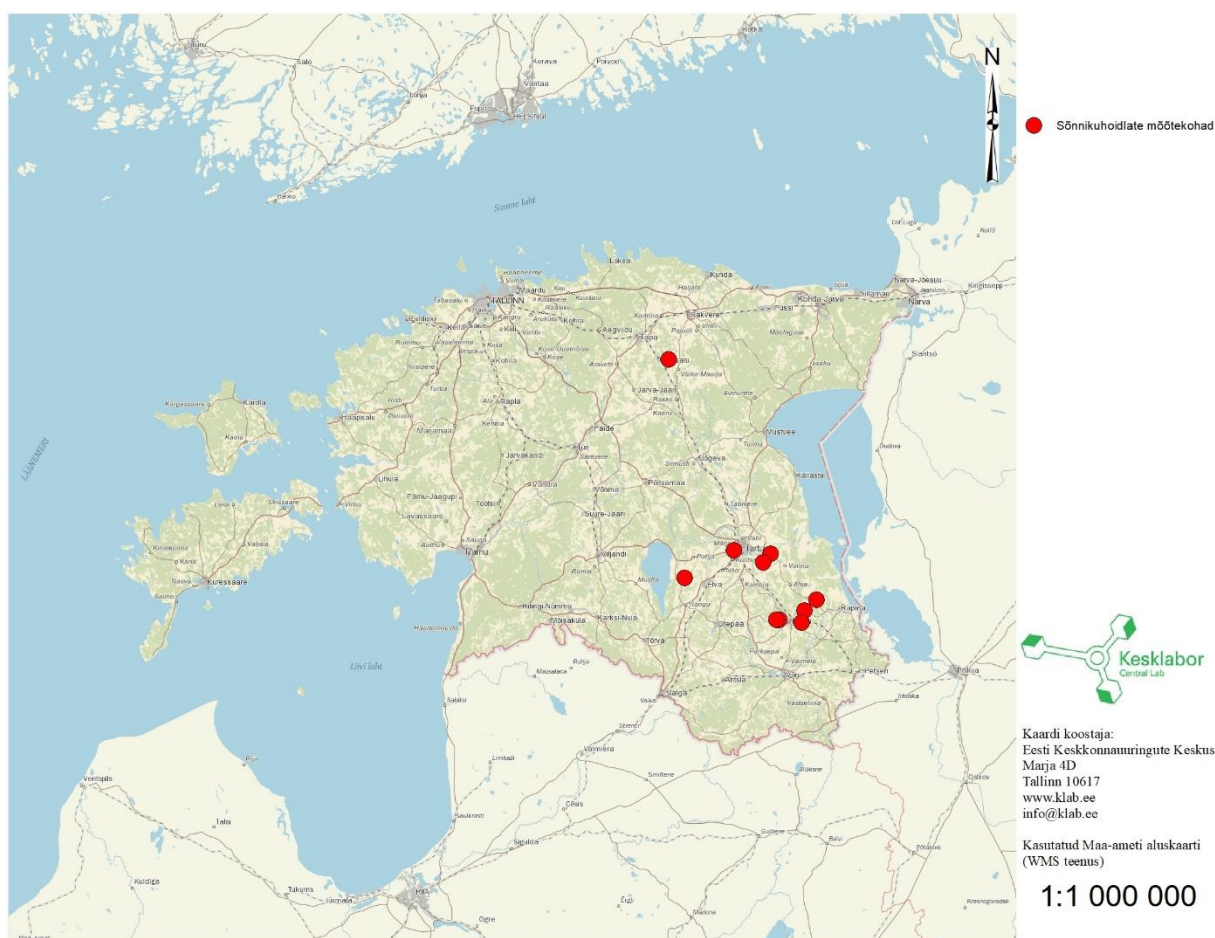
Hoidlate mõõtmised teostati 2020-2021 aastatel ja eristati jahedat ja sooja perioodi, et oleks võimalik hinnata hoidlate heitkoguseid erinevatel aastaegadel (talv ja suvi). Kokku teostati mõõtmised üheksas loomakasvatusevõttes ning mõõtmiskohtade valikuga sooviti tagada võimalikult esinduslik valim, et oleks esindatud nii vedel- kui tahesõnniku tehnoloogiad (kaetud/katmata). Valimi koostamisel lähtuti KAURi ja Eesti Maaülikooli spetsialistide soovituselt ning valiti inventuuri seisukohast olulised hoidlatüübid. Mõõdetud hoidlate tüübid ning käitises olevate loomade arvud on toodud alljärgnevas tabelis ning mõõtekohtade asukohad Joonis 81.

**Tabel 89 Mõõdetud veisekasvatuste hoidlatüübid ning loomade andmed**

Loomade arv (tk)							
Ettevõtte	Sõnniku tüüp	Piimalehmad	Ammlehmad	Lehmmullikad	Pullmullikad	Lehmvasikad	Pullvasikad
Märja	vedelsõnnik, kaetud	129	-	85	10	30	12
JK Otsa Talu	vedelsõnnik, kaetud	415	-	274		154	
Aarna	vedelsõnnik	968	-	404			
	tahesõnnik	110	-	231		238	9
Männiku Piim	tahesõnnik	28	-	180		80	
Rannu Mõis	tahesõnnik, kaetud	25	-	12		84	13
Peri POÜ	vedelsõnnik	549	44	136			

Tabel 90 Mõõdetud seakasvatuste hoidlatüübid ning loomade andmed

Ettevõtte	Sõnniku tüüp	Nuumsead, tk	Emised, tk	Võõrdepõrsad, tk
Säkna	vedelsõnnik, kaetud	3133	-	-
Kisla	vedelsõnnik	1300	700	3000
Lutsu	vedelsõnnik	5909		3220



Joonis 81 Mõõdetud hoidlate asukohad

Kuna hoidlate mõõtmised toimusid kuni 2021. a. lõpuni, siis hetkel toimub veel hoidlate emissioonide arvutamine ning tulemused lisatakse aruandesse esimesel võimalusel.

6.1.3 2022 a. tegevused

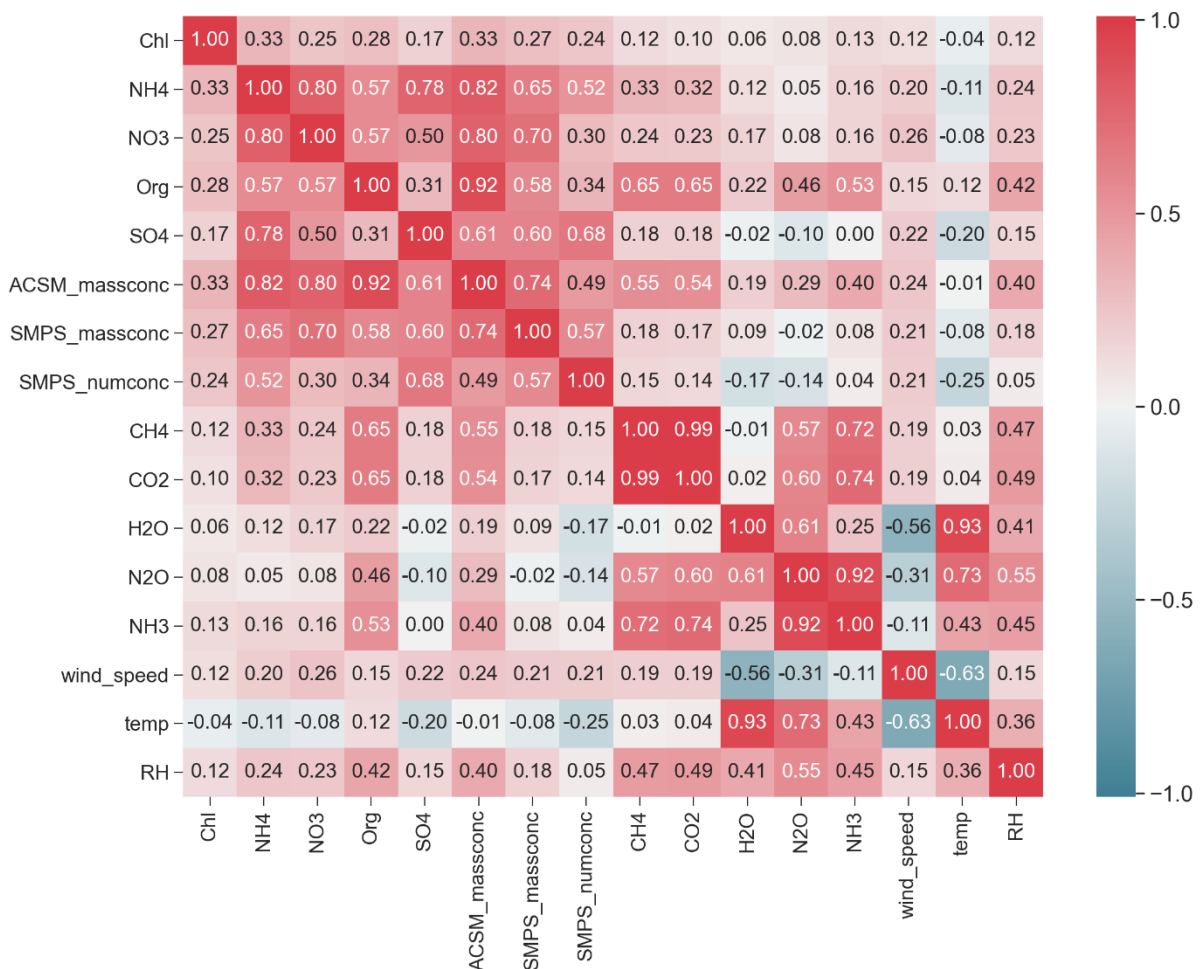
Märja katselauda mõõtmised

Mõõtmistulemuste põhjal, mis on saadud aastatel 2021–2022, tuvastati ACSM PM1 ja SMPS massikontsentratsiooni (14-673 nm) vahel väga hea koosõla, $r = 0.74$ (Joonis 67). Keskmised massikontsentratsioonid olid vastavalt 10.0 ja 6.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Erisus on seletatav sellega, et SMPS mõõdab kontsentratsiooni kitsamas vahemikus kui ACSM. Kõrgeimad peenosakeste kontsentratsioonid esinevad laupäeviti, seda nii kõikide ACSM mõõdetud PM1 komponentide lõikes kui ka SMPS mõõtmiste (massi- ja numbrilise kontsentratsiooni) põhjal. ACSM hinnatud PM1 keemilises koostises domineeris orgaaniline fraktsioon (panus 70%), sellele järgnes NO_3^- (panus 16%).

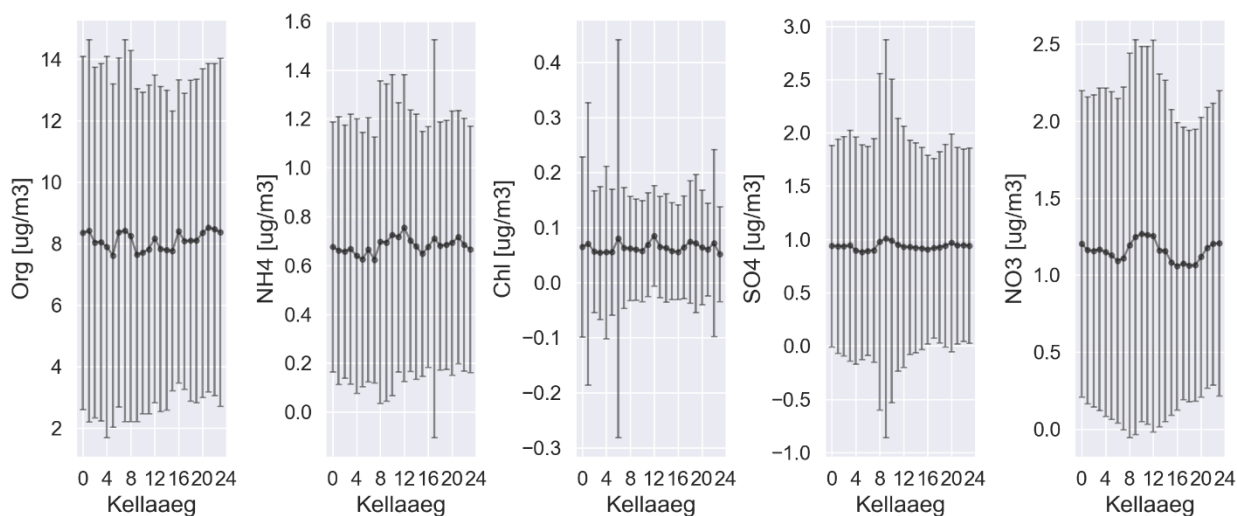
Ööpäevases PM1 keemilise koostise muutlikkuses on kõrgeimad väärtused täheldatavad valdavalt hommikul (Org , SO_4^{2-}) või enne lõunat (NH_4^+ , NO_3^-) (Joonis 68). Kuna suurima osa PM1 muutlikkusest annab orgaanika, siis esinevad ka summaarse PM1 kontsentratsiooni



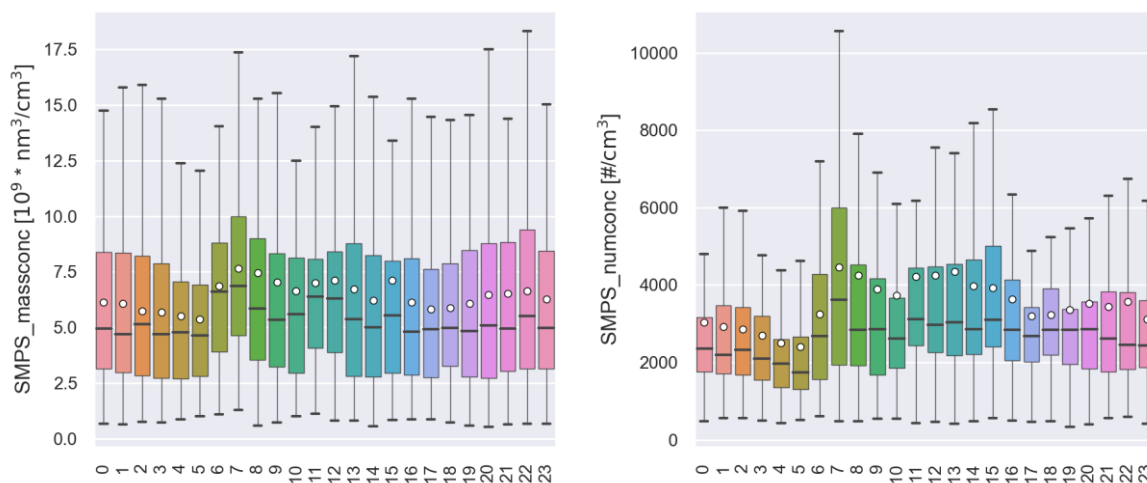
maksimumväärtused just hommikul kella 7 ajal (Joonis 69). Meteoroloogiliste näitajate põhjal võib näha, et õhusaaste suurendatakse hiljem – tavaliselt kella 8–10 vahel. Seetõttu ei ole varahommikused kõrgemad kontsentratsioonid tõenäoliselt seotud õhuvahetuse suurenemisega vaid on tingitud sel ajal laudas läbiviidavatest protseduuridest. Nii ACSM mõõdetud komponentide kui SMPS hinnatud kontsentratsioonide põhjal ilmneb maksimum nädala lõikes laupäeval (Joonis 70 ja 71). Selge komponentide ülene miinimum puudub, sõltudes konkreetsest parameetrist.



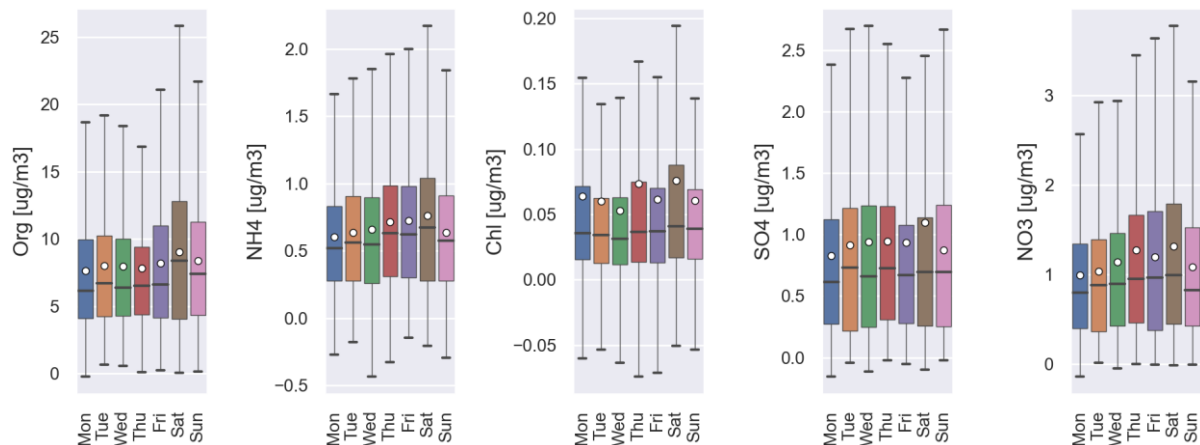
Joonis 67 Mõõdetud parameetrite omavahelised korrelatsioonikordajad Märja katselaudas, 2021–2022.



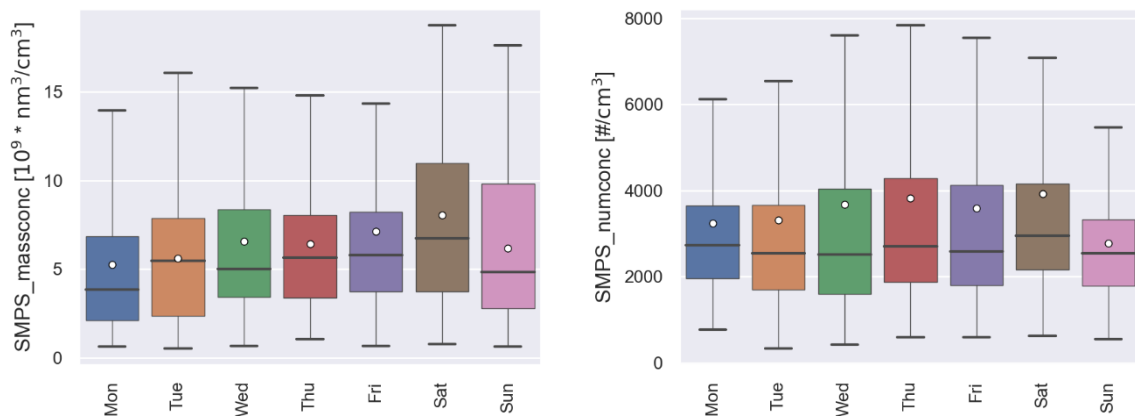
Joonis 828 ACSM mõõdetud PM1 komponentide kontsentratsiooni muutlikkus kellaaja lõikes. Joonisel on antud keskmine (tume joon) ning standardhälve.



Joonis 69 SMPS mõõdetud massi- ja numbrilise kontsentratsiooni muutlikkus kellaaja lõikes. Joonisel on antud keskmine (valge täpp), mediaan (must horisontaalne joon), ülemine ja alumine kvartil (värvitud ala).



Joonis 70 ACSM mõõdetud PM1 komponentide kontsentratsiooni muutlikkus nädala lõikes. Joonisel on antud keskmine (valge täpp), mediaan (must horisontaalne joon), ülemine ja alumine kvartil (värvitud ala).



Joonis 83 SMPS mõõdetud massi- ja numbrilise kontsentratsiooni muutlikkus nädala lõikes. Joonisel on antud keskmine (valge täpp), mediaan (must horisontaalne joon), ülemine ja alumine kvartil (värvitud ala).

Hoidlate emissioonide mõõtmised

Alljärgnevalt on toodud sõnnikuhoidlate mõõtetulemused.

**Tabel 91** Mobair1 välisõhu mõõtmistulemused 2022. aasta suvel sõnnikuhoidlate lõikes

Mõõdetud parameeter	ARAVETE			OISU	TARTU BIOGAAS		VORBUSE
	Laguun	Tahesõnniku-hoidla	Vedelsõnniku mahuti	Laguun	Katmata rõngasmahuti	Tahesõnniku-hoidla	Katmata rõngas-mahuti
Horiba CH4 [ppm]	3.4			4.3	3.6	9.2	1.9
Picarro CH4 [ppm]	3.1	10.7	8.4	6.0	5.8	11.9	3.5
Horiba NH3 [ppb]	1065.1			368.6	11.4	1397.4	688.5
Picarro NH3 [ppb]	544.1	863.5	641.7	152.9	1.7	604.6	272.0
Horiba HC [ppmC]	3.5			5.9	4.1	13.0	3.3
Horiba NMHC [ppmC]	0.10			1.54	0.46	3.84	1.40
Picarro CO2 [ppm]	435.3	441.2	434.9	455.6	445.3	489.7	437.7
2-m suht. õhuniiskus [%]	71.8	61.2	74.5	78.2	76.9	77.7	71.2
2-m temp. [C]	18.6	25.5	26.1	21.2	20.4	17.5	23.6
10-m tuule kiirus [m/s]	2.2	1.2	1.6	1.5	1.5	0.8	1.5



6.2 Kariloomade söödaplaanide uuring (lõpp 2022)

Vastutav täitja: Allan Kaasik

Jätkati 2020 a. alustatud tegevustega ning 2021 a. jooksul toimus kariloomade söödaplaanide uuringu viimistlemine (hiljemalt juuni 2021) ja kariloomade söödaplaanide uuringu tulemuste sisseviimine KHG inventuuri arvutustesse ja KHG inventuuri arvutusfaili arendamine vastavalt uuringu tulemustele (tegevus jätkub 2022. aastal).

Juuli-detsember 2020 jooksul valmis Eesti Maaülikoolilt kui korraldatud hanke võitjalt tellitud töö „Kariloomade söödaplaanide uuring 1990–2020“. Tellitud töö tulemusel täpsustati veiste, sigade ja kodulindude kuivainete seeduvusi nende vanuse- ja toodangurühmade kaupa. Veiste kõikides vanuse- ja toodangugruppides leiti seeduvuse suurenemine ajas. Kõige suurem seeduvuse suurenemine toimus piimaveistel: lehm- ja pullmullikatel 5,4% ja piimalehmadel 5%. Sigade seeduvus oli võrreldes varasemalt KHG inventuuris kasutatavate seeduvustega erinevamad eelkõige võrdepörsaste puhul, omades ajas pigem tõusutendentsi, kuigi 2005. aastal oli seeduvus natuke kehvem, kui eelnevatel aastatel. Teiste vanuse- ja toodangugruppide lõikes sigade seeduvuses ega ajalises arengus olulisi erinevusi ei esinenud. Uuringu käigus selgus, et Eestis üldiselt kodulindude kuivaine ja orgaanilise aine seeduvust ei määrata, seeduvuse sai leida vaid munakanadele. Samuti mõjutavad seeduvuse õhusaasteainete inventuuri arvutusi. Uuringu tulemused on esitatud eraldi aruandena. Leitud veiste ja sigade seeduvusi saab hakata kasutama KHG inventuuri arvutustes pärast arvutustabelites tehtavaid täpsustusi.

2022 a. viidi kariloomade söödaplaanide uuringu tulemused KHG inventuuri arvutustesse ja arendati KHG inventuuri arvutusfaili vastavalt uuringu tulemustele.



6.3 Biogaasi põllumajanduslikest ressurssidest tootmise KHG heite hindamise mudeli arendamine, algandmete kogumine, riigispetsiifilise eriheite väljatöötamine (lõpp 2023)

Vastutav täitja. Allan Kaasik

Kaastäitja: Marek Maasikmets

Vastavalt 2021.aastaks püstitatud ülesannetele selgitati ja uuriti järgmist:

Analüüsida kas ja missugustest konkreetsetest digestaadihoidlatest, käärititest ja vajadusel eelhoidlatest on võimalik teostada CH₄, N₂O ja NH₃ heite mõõtmised, tagamaks üleminek Tier 3-le.

Biogaasijaamade (5 põllumajanduslikku jaama) külastuste käigus selgus, et kääritites (biogaasireaktorites) toimub CH₄ ja NH₃ mõõtmine tehnoloogilise protsessi käigus pidevalt, andmed salvestatakse ja säilitatakse logifailides. Lisaks sellele fikseeritakse reaajas ka biogaasi H₂S sisaldus, protsessi töötemperatuur jms. tehnoloogilised parameetrid. Kääritites N₂O-d ei teki. Kuna biogaasireaktor on hermeetiliselt suletud mahuti ning protsessi parameetrid s.h gaaside moodustumine reaajas fikseeritakse, siis eraldi gaaside teket reaktoris ei ole võimalik mõõta, samuti puudub selleks eeltoodud põhjustel vajadus. Kuna Eesti põllumajanduslikud biogaasijaamad (reaktorid) on suured, keskmine maht 4000m³ on teoreetiliselt võimalik mõõta metaani lekkeid käärititest. See sõltub biogaasijaama asukohast. Juhul kui jaam paikneb vahetult laudahoone juures (näiteks Estonia OÜ biogaasijaam), siis laudahoonest lähtuv heide võib leket reaktorist varjata.

Eelhoidlad on hermeetilised mahutid. Eelhoidlates toimub reaktoris lisatavate subsstraatide segamine, homogeniseerimine ja temperatuuride ühtlustamine. Kuna eelhoidlad paiknevad vahetult biogaasireaktorites juures, siis eraldiseisev lekete mõõtmine ei ole tehniliselt võimalik.

CH₄, N₂O ja NH₃ heidet tuleb mõõta Estonia OÜ, Vinni ja Ilmatsalu biogaasijaama digestaadihoidlatelt.

Tuleb analüüsida, millistest andmebaasidest on võimalik saada parimat infot digestaadihoidlate pindalade kohta.

Digestaadihoidlate pindala ja maht on leitav KOTKAS andmebaasist. 2019.a. oli nimetatud andmebaasi andmetel Eestis 25 digestaadihoidlat, summaarse pindalaga 61 141 m² ning efektiivse mahuga 211 339 m³. 2020, 2021 ja 2022.a. info saadakse andmebaasi täienemisel.

Tuleb selgitada, kas eelhoidlad on toorme suhtes puhtad sõnnikuhoodlad loomaliigi kaupa või tuleb eriheid mõõta eri loomaliikide sõnniku segust

Eelhoidlas on tegemist erinevate substraatide seguga. Vedelad substraadid (vedelsõnnik) lisatakse tavaliselt vahetult eelmahutisse kas laudahoone pumplast või paakautost, eelnevat ladustamist ei toimu. Tahked lisasubstraadid (tahesõnnik jms) ladustatakse vajadusel lühiajaliselt (max. 24-48h) betoneeritud ja lekkekindlatele ladustamisplatsidele. Sellest



tulenevalt saab vajadusel kasutada konkreetsele loomaliigile ja laudahoonele või sõnnikutüübile kehtivaid eriheiteid. Spetsiifiliste eriheidete mõõtmise vajadus puudub.

Tuleb analüüsida, kuidas on võimalik hinnata gaaside leket kääritist, st kas otseste mõõtmiste teel või on võimalik kasutada arvutuslikke meetodeid

Teoreetiliselt on lekete mõõtmine teostatav, kuid praktiliselt teostatav vaid kohtades kus läheduses puuduvad teised lekke tuvastamist segavad heiteallikad.

Praegu eksisteerivate põllumajanduslikel toormetel põhinevad biogaasijaamade loetelus olevatele käitistele koostatakse küsimustik, milles täpsustatakse toormete kasutamise jaotust ajas. Lisaks alustatakse info kogumist ja koondamist sõnniku, põllukultuuride jääkide, komposti, reoveesette ja muu toorme kohta, kääritite ja hoidlate seisukorra kohta, samuti CH₄ ja energia toodangu ning kääritites kasutatud kuivaine koguse kohta.

Biogaasijaamades kääritatakse nii vedel- kui ka tahesõnnikut, seejuures põhiliseks substraadiks on vedelsõnnik. Järgnevas tabelis (Tabel 92) on toodud 2020. aastal kasutatud substraatide jaotus ja substraatide keskmine kuivaine sisaldus Koksvere biogaasijaama (Biometaan OÜ) näitel.

Substraatide jaotus Koksvere biogaasijaamas (Biometaan OÜ) on toodud alljärgnevas tabelis.

Tabel 92 Kasutatud substraatide jaotus ja substraatide keskmine kuivaine sisaldus Koksvere biogaasijaamas

Substraat	Kogus, tonni	K.A, %
vedelsõnnik	60 000	6.0
tahesõnnik	5 000	25.0
rohusilo	5 000	25.0

Koksvere jaamas toodetakse aastas keskmiselt 1,3 mln. Nm³ biometaani (CH₄ 97%). Sünteesitud biogaasi metaanisaldus on ca 60%.

2019.a. Eesti põllumajanduslikes biogaasijaamades kasutatud sõnniku summaarne kogus (vedelsõnnikuna) on esitatud järgnevas tabelis (KOTKAS andmebaas, 2019).

Tabel 93 Biogaasijaamades kasutatud sõnniku kogus loomaliikide lõikes

Loomaliik	Vedelsõnnik, tonni
veised	231 763
sead	5 500
kokku	237 263

Ülejäänud neljas Eestis põllumajanduslikus biogaasijaamas on peamisteks substraatideks samuti veiste vedel- ning tahesõnnik. Vähemal määral kasutatakse sea- ning linnusõnnikut. Lisasubstraatideks on peamiselt rohusilo ning vähemal määral toiduainetetööstuse jäägid. Kasutatakse ainult rohusilo, mis peab vastama minimaalsetele silo kvaliteedi (hügieeni) nõuetele. Komposti ja reoveesetet põllumajanduslikes biogaasijaamas ei kasutata. Lisasubstraadina kasutatakse toiduainetetööstuse (piima- ja juustutööstus) jääke Ilmatsalu



biogaasijaamas ning toidujäätmeid Vinni biogaasijaamas. Lihatööstuste ja tapamajade jäätmeid tulenevalt Tauditõrje seadusest ei kasutata. Nimetatud seadusest tulenevalt on biogaasijaamadest lubatud kasutada ainult 3. kategooria loomseid jäätmeid, mida tuleb eelnevalt termiliselt töödelda (70°C, 1h). Märgalade (looduslike rohumaade) biomassi biogaasijaamadest samuti ei kasutata, kuna see ei sobi biogaasi sünteesiks oma keemilise koostise tõttu.

Info toorme liigi ja koguste ning sünteesitud biogaasi mahu ning keemilise koostise kohta registreeritakse biogaasijaamadest reaajas rutiinse tootmisprotsessi käigus, info on leitav logifailidest (vt.p.1 2022.a. ülesanded).

Vastused küsitluses esitatud küsimustele:

1) Kääritite ja hoidlate kvaliteet, sh lekkekindlus (vastusevariantidega)

- a) Väike leke, parim võimalik tööstustehnoloogia, kõrgekvaliteediline lekkekindel hoidla
- b) Väike leke, kõrgekvaliteediline tööstustehnoloogia, madalakvaliteediline lekkekindel hoidla
- c) Väike leke, kõrgekvaliteediline tööstustehnoloogia, avatud hoidla
- d) Suur leke, madalakvaliteediline tehnoloogia, kõrgekvaliteediline lekkekindel hoidla
- e) Suur leke, madalakvaliteediline tehnoloogia, madalakvaliteediline lekkekindel hoidla
- f) Suur leke, madalakvaliteediline tehnoloogia, avatud hoidla

Kõik Eesti põllumajanduslikud biogaasireaktorid on lekkekindlad mahutid. Lekkekindlust testitakse ja kontrollitakse süstemaatiliselt vastavalt tootjafirma rutiinsele hooldegraafikule. Kääritusjääk (digestaat) ladustatakse tavalistes vedelsõnniku laguuntüüpi või rõngasmahutites. Seega kõik biogaasijaamad vastavad jaotusele „c“.

2) Sõnniku hoidlas hoiustamise aeg, tühjendamise sagedus ja tühjendamise kuu.

Digestaadi hoiustamine ja käitlemine toimub sarnaselt vedelsõnnikuga. Kehtivad samad regulatsioonid.

3) Kas biogaasijaamal on olemas sõnniku eelhoidla? Kui jah, kas õues või laudas (nt sõnnikukelder).

Eelhoidla on iga põllumajandusliku biogaasijaama lahutamatu (eraldiseisev) osa. Definitsiooni vt. p.1 ja 3.

4) Milline on eelhoidla ja digestaadihoidla katmise viis?

Kõik eelhoidlad on tavapäraselt reaktorile sarnase konstruktsiooniga s.t. hermeetilised. Kõik digestaadihoidlad on loomuliku koorikuga laguunid või rõngasmahutid.

5) Milline on kääritusjäägi (digestaadi) kuivaine sisaldus (vajalik kaudse N₂O heite hindamiseks)?

Digestaadi keskmine kuivainesisaldus jääb vahemikku 10-15%. *Vajalik proovide võtmine 2022.a.*



6) Kui suur on CH₄ toodang? Vt. Koksvere jaama näide. *Kõikide jaamade täpsustatud andmed kogutakse 2022.aastal (logifailid).*

7) Kui suur on energia toodang? Vt. Koksvere jaama näide. 2021. aastal tootsid 4 põllumajanduslikku biogaasijaama transportkütust (biometaani). Elektri- ja soojusenergiat tootis ainult Aravete Agro biogaasijaam.

8) Milline on anaeroobsetes käärrites kasutatud substraatide kuivaine kogus vastavalt X liiki looma sõnnikus?

Koksvere jaama näide. Erinevate loomaliikide ja sõnnikutüüpide ning rohusilo kuivaine keskmist sisaldust on võimalik leida erinevatest sõnniku ning silo keemilist koostist iseloomustavatest andmebaasidest (EMÜ, PMK). Käärrites ajaühikus kasutatud leitakse arvutuslikult. Sõnniku ja lisa-substraatide proovide võtmise vajadus puudub.

Lenduvad tahkised (Volatile solids, lühendatult VS)

Lenduvate tahkiste kogus on otstarbekas leida arvutuslikult.

2022.a. teostatud tööd

Biogaasijaamade täpsustatud andmete kogumine ja analüüs

2022.aastal toodeti Eestis biogaasi viies põllumajanduslikus biogaasijaamas: Aravete Biogaas OÜ, Tartu Biogaas OÜ (Ilmatsalu), OÜ Oisu Biogaas (Estonia), OÜ Vinni Biogaas ning Biometaan OÜ (Koksvere). Biogaasijaamade tootmisprotsessi iseloomustavad üldandmed on esitatud tabelis 71 vastavalt Keskkonnaameti KOTKAS andmebaasis toodud välisõhu saastamisega seotud tegevuse aruannetele ning jaamadest kogutud andmetele.

Tabel 94. Biogaasijaamade tootmisprotsessi iseloomustavad üldandmed 2020.a.

Biogaasijaam	Sisendid			Väljundid	
	Vedelsõnnik	Tahesõnnik	Muud lisa-substraadid	Biogaas	Biometaan
	t/aasta			Nm ³ /aasta	
Aravete Biogaas OÜ	72285	26058	51750	2408975	1445385
Tartu Biogaas OÜ	66773	25320	37099	2184148	1310489
OÜ Vinni Biogaas	72966	14650	105100	2185116	1311070
OÜ Oisu Biogaas	109000	12000	27375	3077482	1846489
Biometaan OÜ	60000	5000	2500	2166667	1300000

Põllumajanduslikest ressurssidest sünteesitava biogaasi KHG heite modelleerimiseks ja sidumiseks riikliku kasvuhoonegaaside inventuuri meetodikaga ei ole ülaltoodud andmestik piisav. Biogaasi tootmise käigus tekkiva KHG heite täpsemaks hindamiseks ja arvestamiseks inventuurides tuleb teada erinevate substraatide, eeskätt loomasõnniku koguseid täpsemalt. Biogaasijaamades kasutatud sõnniku koguse baasil kalkuleeritud orgaanilise kuivaine (inglise keeles *volatile solids, VS*) kogused peaksid lähtuma loomade arvust, kelle sõnnik suunatakse kääritamisele ning konkreetses loomapidamisettevõttes rakendatud pidamistehnoloogiast (tootmis- ja vanusegruppide lõikes). Biogaasijaamadesse looma- ja või linnusõnnikut tarnivate põllumajandusettevõtete loend saadi küsitluse teel. Aasta keskmine loomade arv vastavate põllumajandusettevõtete lõikes saadi PRIA-st andmepäringuga. Tabelis 72 on esitatud põllumajandusloomade arv (liik ja vanusegrupp) ning arvutuslik sõnniku orgaanilise kuivaine



kogus (vedel- ja/või tahesõnnik) biogaasijaamade lõikes. Sõnniku orgaanilise kuivaine sisalduse kalkulatsioon looma liikide ja vanuserühmade lõikes baseerub 2021.a. lõppenud arendustöö „Kariloomade söödaplaanide uuring 1990–2020“ tulemustele ning 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories toodud koefitsientidele ning arvutusmetoodikale.

Tabel 95. Loomade arv ja sellest lähtuv biogaasijaamades kasutatud arvutuslik sõnniku orgaanilise kuivaine kogus 2020.a.

Biogaasijaam	Piimalehmad			Mullikad			Vasikad			Nuumsead			Munakanad/noorlinnud			Kokku
	Loomade arv	Vedeli-sõnnik	Tahesõnnik	Loomade arv	Vedeli-sõnnik	Tahesõnnik	Loomade arv	Vedeli-sõnnik	Tahesõnnik	Loomade arv	Vedeli-sõnnik	Tahesõnnik	Lindude arv	Vedeli-sõnnik	Tahesõnnik	
	pead	oKA, t/aasta		pead	oKA, t/aasta		pead	oKA, t/aasta		pead	oKA, t/aasta		pead	oKA, t/aasta		
Aravete Biogaas OÜ	2950	6651		1261	1314		1387		865							8830
Tartu Biogaas OÜ	1413	3186		648		675	1207		753	1913	371					4985
OÜ Vinni Biogaas	1897	4277		820	854		1097		684							5816
OÜ Oisu Biogaas	2473	5575		1093		1139	1463		912				11183		605	8232
Biometaan OÜ	1705	3844		688	717		883		551							5112

Lähtuvalt biogaasijaamades kasutatud sõnniku orgaanilise kuivaine kogusest kalkuleeriti sünteesitud biometaani maht ja kogused (tabel 73) vastavalt ülalnimetatud metoodikale (2019 Refinement...)

Tabel 96. Looma- ja linnusõnnikust sünteesitud biogaasi maht ning kogus 2020.a.

Biogaasijaam	Biometaan	
	m ³ CH ₄ aasta	kg CH ₄ aasta
Aravete Biogaas OÜ	1966616	1317633
Tartu Biogaas OÜ	1174464	786891
OÜ Vinni Biogaas	1288060	863000
OÜ Oisu Biogaas	1922756	1288246
Biometaan OÜ	1138033	762482
Kokku	7489930	5018253

Biogaasijaamade kontekstis on suurimaks kasvuhoonegaaside (KHG) heite allikaks kääritamise jääkprodukt kääritusjääk ehk digestaat. Teoreetiliselt on võimalik biogaasireaktoris ära kasutada kogu substraatide biogaasi potentsiaal (orgaaniline aine). Kuna mikroobide poolt raskemini lagundatavate orgaaniliste ühendite lõhustumise aeg on väga pikk, siis tagamaks biogaasireaktori maksimaalset efektiivsust (substraate keskmine viibeaeg reaktoris keskmiselt 30 päev), jääb osa lõhustuvast orgaanilisest materjalist paratamatult digestaadi hulka. Kasvuhoonegaaside (metaani) emissiooni aasta keskmine ulatus digestaadist, nagu ka kääritamata sõnnikust, sõltub väliskeskkonna temperatuurist ning sõnniku (digestaadi) hoidla täitvusest. Juhendmaterjalile „2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National



Greenhouse Gas Inventories“ on lisatud spetsiifiline Exceli põhine arvutusvahend, mille alusel kalkuleeriti esialgne Eesti kohalikele tingimustele vastav metaani konversiooni faktori (MCF) vedelsõnnikule. Kalkulatsioonides arvestati Eesti keskmisi temperatuure kuude lõikes aastal 2020 ning asjaolu, et sõnnikuhoidlaid tühjendatakse kaks korda aastas, vastavalt mais ja septembris. Arvutuste tulemusena vähenes vedelsõnniku metaani konversiooni faktor (MCF) esialgselt 21%-lt (2019 Refinement..., table 10.17) 19%-ni. Kuna juhendmaterjal ei ole toodud digestaadi maksimaalset metaani produktsiooni mahu väärtust (B_0 , $m^3 CH_4 kg/oKA$), siis edasistes kalkulatsioonides ja arutluses on kasutatud kääritusjäägi metaani konversiooni faktori (MCF) vastavat tabeli väärtust 3,55% (väike leke, kõrgekvaliteediline tööstustehnoloogia, avatud hoidla, tabel 10.17). Tabelis 74 on võrreldud biogaasijaamades kasutatud kääritamata sõnniku vs sama koguse kääritatud sõnniku (digestaadi) ladustamisel tekkivad KHG heidet.

Tabel 97. Kääritamata sõnniku vs. digestaadi KHG heide 2020.a.

Materjal	CH ₄ kg/aasta
Kääritamata sõnnik (MCF-vedelsõnnik 19%; tahesõnnik 2%; sügavallapanusõnnik 21%)	969340
Digestaat (MCF 3,55%)	178148

Tabelist nähtub, et looma- ja linnusõnniku kääritamisel biogaasireaktoris väheneb oluliselt digestaadist keskkonda lenduvate kasvuhoonegaaside kogus. Summaarselt väheneb viies biogaasijaamas digestaadina ladustatud looma- ja linnusõnnikust metaani emissioon 81,6% võrra.

KHG mõõtmised digestaadihoidlatel

2022.aastal mõõdeti gaaside s.h metaani emissioone Aravete Biogaas OÜ, Tartu Biogaas OÜ ning OÜ Oisu Biogaas digestaadihoidlatel. Mõõtmistulemuste põhjal on võimalik korrigeerida esialgset (2019 Refinement ...) digestaadi metaani konversiooni faktorit (3,55%) s.t leida riigispetsiifiline näitaja.

2023 a. tegevused:

2023. aasta novembri seisuga toodavad Eestis biogaasi ja biometaani järgnevad ettevõtted:

- põllumajandustoormest – biogaasijaamad Aravetel, Ilmatsalus, Vinnis, Oisus, Rannus, Ebaveres ja Koksveres
- reoveesetest – AS Tallinna Vesi, AS Kuressaare Veevärk, AS Narva Veevärk ja AS Tartu Veevärk
- tootmisjääkidest ja -veest – A.LeCoq Tartus, Estover Piimatööstus OÜ Kaarlijärvel, Salutaguse pärmitehas, Eastman Specialties OÜ Kohtla-Järvel ja AS Estonian Cell Kundas
- biolagunevatel jäätmetel – EKT Ecobio OÜ Maardus

Biogaasi kogutakse ja kasutatakse ka neljas prügilas.



2022. aastal toodeti Eestis 0,168 TWh biometaani, millest 0,03 TWh toodeti reoveesetetest, 0,05 TWh looma- ja linnusõnnikust, 0,035 TWh toiduainetööstuse jääkidest, 0,037 TWh biojäätmetest ja 0,004 TWh muust biomassist. Biogaasist toodeti elektrienergiat võrku 0,007 TWh. Viimastel aastatel on suurenenud biometaani tootmine ja vähenenud biogaasist elektrienergia tootmine. (Eesti Biogaasi Assotsiatsioon, 2023)

Peamiseks sisendmaterjaliks Eesti põllumajanduslikes biogaasijaamades on veisesõnnik, vähemal määral sea- ja linnusõnnik. Jaamade andmetel kasutati kokku 384 359 tonni substraate, millest looma- ja linnusõnnik moodustas 73,9% (284 158 tonni) ning lisasubstraadid 26,1% (100 201 tonni) biogaasi tootmise sisendist. Suurima osakaaluga lisasubstraadiks olid toiduainetööstuse jäägid, vastavalt 61 279 tonni. Lisasubstraadide jaotus ja proportsioon on toodud tabelis 11. Vastavalt sisendmaterjalide kogusele (põhi- ja lisasubstraadid kokku) saadi samas mahus kääritusjääki.

Tabel 75. Biogaasijaamades kasutatud lisasubstraadide kogus (t) ja proportsioon (%)

Lisasubstraat	Kogus, t	Proportsioon*	
		Keskmine, %	Vahemik, %
Silojäägid ja rohusilo	20730	5,7	2,15–9,30
Teravilja sorteerimisjäätmel	2165	0,6	0,00–1,03
Toidutööstuse jääk	61 279	16,8	0,07–35,45
Köögiviljajäätmel	8651	2,4	0,00–3,45
Rasv	2073	0,6	0,00–1,51
Pärm	942	0,3	0,00–0,84
Puidu väärindamise jääk	4362	1,2	0,00–3,93
Kokku	100 201	26,1	10,01–46,24

*Summaarsest substraadide sisendist.

Allikas: Biogaasitootjate küsitlus, 2023.

Biolagunevast materjalist (looma- ja linnusõnnikust ning muudest biolagunevatest jätmetest) tootsid põllumajanduslikud biogaasijaamad 2022. aastal kokku 20 572 083 normaalkuupmeetrit (Nm^3)³⁶ biogaasi, millest biometaan moodustas 12 060 358 Nm^3 (58,6%).

Arvutusmudeli sidumine KHG inventuuri Aether arvutusmooduliga

2023.aastal lisati põllumajanduse KHG inventuuri arvutustesse ka biogaasi tootmisest tulenevad erisused (kogu aegrida). Põllumajanduse sektori arvutustes kajastub biogaasi tootmine loomakasvatuse jaotuses 3.B (Manure Management) ja taimekasvatuse osas vastavalt jaotuses 3.D.1.2.c (Other Organic Fertilizers Applied to Soils).

Kuna loomakasvatuse KHG emissioonid kalkuleeritakse põllumajandusloomade liigi ja vanuse- (tootmis) rühma põhise arvust, sõnnikukäitlus tehnoloogiate (sõnniku tüüp) jaotusest ning neile vastavatest lisaparameetritest, siis ka sõnniku kogus, mida kasutatakse

³⁶ Gaasi mahu mõõtühik normaal- ehk standardtingimuste juures ehk temperatuuril 0 °C ja absoluutsel gaasi rõhul 1,01325 baari.



biogaasi tootmiseks lähtub samadest parameetritest. Seega arvutusvahendisse lisati read, kus kajastub sõnniku kogus, mida kasutatakse biogaasi tootmiseks. Loomade arvud liikide ja vanusegruppide lõikes on saadud PRIA andmebaasist (biogaasijaamadesse sõnnikut tarnivad loomakasvatuseettevõtted). Biogaasirektoris kääritatud sõnniku (digestaadi) metaani konversiooni faktor (MCF) – 3,55%, pärineb IPCC 2019 refinement, tabelist 10.17.

Biogaasi sünteesi käigus substraatide kogus muutub minimaalselt, seetõttu arvutuslik digestaadi hulk, mida laotatakse põldudele on võrdne algmaterjali kogusega. Seega summaarne sõnniku kogus (3.D.1.2.a, Animal Manure Applied to Soils), mis on aluseks N₂O emissioonide arvutustele taimekasvatuse jaotuses, biogaasi tootmise kontekstis ei muutu. Küll aga lisandub digestaadi kogus (N₂O emissioon), mis pärineb biogaasi tootmisel kasutatud lisasubstraatidest (materjalid, mis ei ole looma- ega linnusõnnik). Kuna vahetult biogaasi tootjatelt sisendmaterjale puudutavate algandmete saamine tuleviku perspektiivis on komplitseeritud, siis lisasubstraatide koguseid ja jaotust käsitlevad andmed pärinevad vastavast riiklikust jäätmeäitlust kajastavast andmebaasist. Näiteks 2022.aastal käideldi Eesti biogaasijaamades lisaks looma- ja linnusõnnikule vastavalt eelnimetatud andmebaasi andmetele 106 058 t lisasubstraate.

Põllumajanduslike biogaasijaamade sisendmaterjal on peamiselt looma- ja linnusõnnik ning vähemal määral biolagunevad lisasubstraadid (jäätmehäki). Sellest tuleneb ka kääritusjäägi koostis. Kuna kääritusjääk kasutatakse põllumajanduses orgaanilise väetisena, siis ka digestaadi ladustamise ja laotamisega seonduvad KHG emissioonid (metaan ja dilämmastikoksiid) kajastuvad peamiselt põllumajanduse sektori inventuuris v.a. digestaadi ladustamisel lisasubstraatidest tulenev metaani emissioon, mida arvestatakse jäätmesektori inventuurides. Biogaasirektoris kääritatud lisasubstraatidest pärineva digestaadi metaani konversiooni faktor (MCF) on samuti 3,55%.



6.4 Põllumajanduses kasutatavate anorgaaniliste väetiste algandmete väljaselgitamine (lõpp 2021)

Vastutav täitja: Sirly-Ann Meriküll

Kaastäitja: Regina Alber (2020 a. tegevused)

6.1.4 2020 ja 2021 a. tegevused

Eestis koondab lämmastikku sisalduvate mineraalväetiste andmeid Statistikaamet. Statistikaameti andmebaasi tabel PM065 sisaldab põllukultuuride jaoks kasutatud mineraalväetiste lämmastiku (N) koguseid (väetis toimeainena) aastate 1992–2019 kohta (väetiste liike ei eristata). Statistikaamet arvutab alates 2015. aastast mineraalväetiste toimeainete kogused põllumajandusliku raamatupidamise andmebaasi (FADN) väetiste kasutamise andmetest arvutatud indeksite alusel. FADN-i andmed hõlmavad kõik põllumajandustootjad, kelle standardtoodang on vähemalt 4000 eurot. Karbamiid on olnud inventuurides ainus väetiselik, mida on eristatud teistest mineraalsetest lämmastikväetistest. 2018. aastani oli nii KHG kui õhusaasteainete inventuuris võimalik kasutada Põllumajandusameti karbamiidi turustusandmed; 2019. aastal aga lõpetati karbamiidi turustusandmete kogumine. Seega on tuleviku jaoks kadunud üks võimalik andmebaas. Turustusandmed ise pole aga laotatud väetiste koguste kasutamise jaoks nii kvaliteetsed, kui võiks olla kasutatud väetiste koguste andmed, sest osa turustatud väetistest turustatakse edasi teistesse riikidesse. Seega tasus kasutatud väetiste koguste jaoks otsida eelkõige väetiste kasutamist kajastavaid andmebaase, mitte turustusandmete andmebaase. Välismaistest andmebaasidest sai välistatud EUROSTATi andmebaas, sest seal kasutatakse Statistikaameti juba kirjeldatud andmeid. Õhusaasteainete inventuuri ja KHG inventuuri jaoks on vaja siiski mineraalsete lämmastikväetiste andmeid liigiti. Üks vahepeal liigiti lämmastikväetiste andmeid kogunud andmebaas on FAOSTATi andmebaas, mida haldab ÜRO Toidu- ja Põllumajandusorganisatsioon. Eesti kohta on seal andmed liigiti olemas 1993–2011, edaspidi sisaldab andmebaas koondatud mineraalsete väetiste N koguste andmeid.

2021. aasta analüüsi jaoks valiti lõpuks välja IFASTATi (Rahvusvahelise Väetise Ühingu) andmebaas. Seal on olemas Eestis kasutatud mineraalsete lämmastikväetiste andmed liigiti aastate 1993–2019 kohta. Ka selles valitud andmebaasis esineb puudusi, näiteks puuduvad seal liigiti andmed 1995. ja 1996. aastate kohta sarnaselt FAOSTATile. Samuti ei ühti IFASTATi ja Statistikaameti kasutatud mineraalväetiste kogused. Kuna IFASTATi andmebaas on aga tervikuna parima aegreaga rahvusvaheliselt tunnustatud andmebaas, mis kogub kasutatud mineraalsete lämmastikväetiste andmeid liigiti, siis hakatakse 2021. aastal võrdlema selle andmeid Statistikaameti ja seni KHG inventuuris kasutatud karbamiidi andmetega.

2021 a. tegevused on seotud peamiselt andmete analüüsiga: rahvusvaheliselt tunnustatud andmebaaside andmete võrreldavuse hindamine Eestis kogutavate andmetega.



2021. aasta töö tulemusena selgus, et IFASTATI andmebaasile anorgaaniliste väetiste koguste osas üleminek ei ole siiski mõistlik. Algandmete täpsustamisel selgus, et andmekvaliteet ei ole selleks piisav. IFASTATI andmebaasil on mitmeid puudusi ning peamiseks on see, et andmed erinevad Statistikaameti andmebaasi omadest kümneid kordi. Lähemal uurimisel selgus ka, et IFASTATI väetiste kasutuskogused ei ole Eesti mõistes loogilised – näiteks veeseire andmed ei näidanud lämmastikväetiste mitmekümne kordset kasvu, mida IFASTATI andmetest välja lugeda võis. Seega tehti järeldus, et IFASTATI andmed lämmastikväetiste kohta ei ole piisavalt usaldusväärsed.

Võimalusel alustatakse tulevikus lämmastikväetiste (just karbamiidväetiste) kasutuskoguste jaoks alternatiivse andmebaasi otsinguid.



6.5 Eesti lämmastikubilansi süsteemi loomise analüüs (lõpp 2023)

Vastutav täitja: Allan Kaasik

Ülesande täitmisel uuritakse täiendavaid võimalusi, kuidas edendada Eestis põllumajandusliku lämmastikubilansi üle arvestuse pidamist ja selle kajastamist riiklikes KHG ja NH₃ inventuurides.

Koostatakse ülevaade Eesti põllumajandusliku lämmastikubilansi üle arvestuse pidamisest, selle kajastamisest riiklikes KHG ja NH₃ inventuurides ning koostatakse süsteemi ülesehituse kava. Põllumajandussektori KHG ja välisõhu saasteainete inventuuri andmete täpsustamine panustab jagatud kohustuse määrusega seatud KHG vähendamise ja NH₃ heitkoguste vähendamise eesmärkide täitmisesse.

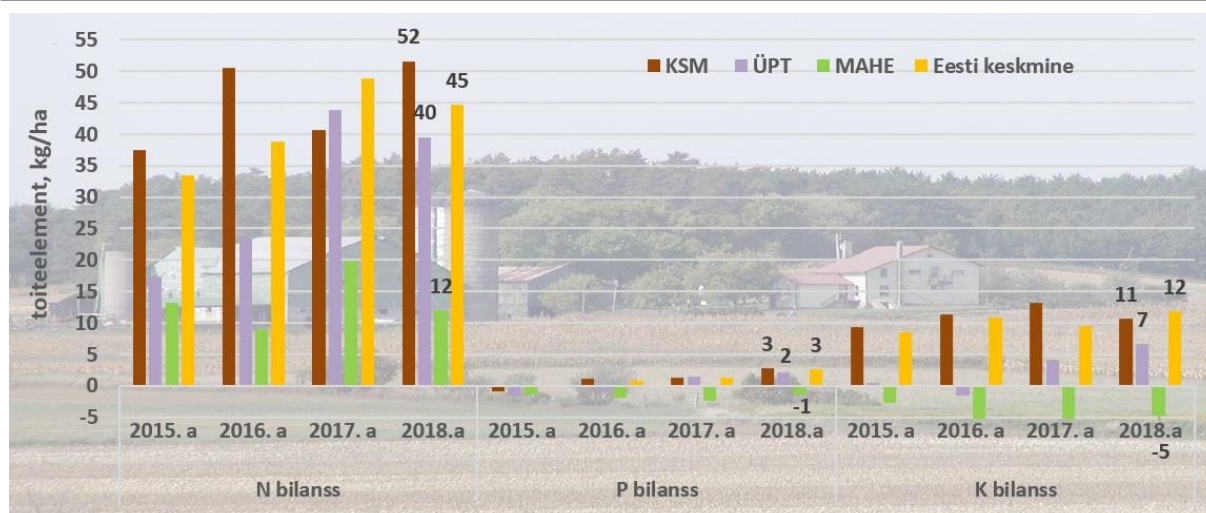
2021.a. tegevused

Riiklikul tasandil teostab põllumajandusliku lämmastikubilansi üle osalist arvestust Põllumajandusuuringute Keskus projekti „Taluvärava toiteelementide bilansi ja kasutuse uuringud“ raames. Aastate 2009-2020 aruanded on leitavad PMK kodulehel: <https://pmk.agri.ee/et/pollumajanduskeskkonna-uuringud/uurimisvaldkonnad/vesi>

Nimetatud kalkulatsioonis kasutatakse järgnevat põhimetoodikat: Lämmastiku (N), fosfori (P) ja kaaliumi (K) kohta arvutatud taluvärava toiteelementide bilansi uuringu tulemused (NPK sisend, väljund, bilanss, efektiivsus) annavad üldist informatsiooni põllumajandusettevõtte majandamisest. Bilansi põhjal saab hinnata, mil määral võib erinevate keskkonna nõuete täitmine vähendada NPK leostumise riski pinna- ja põhjavette, kuivõrd efektiivselt ettevõtte tasandil toiteelemente kasutatakse, kui suure üle- või puudujäägiga majandatakse. Bilansi tulemused kajastavad kaudselt ka võimalikke muutusi (positiivseid või negatiivseid) mullaviljakuses ja elurikkuses. Täpne meetoodika (https://pmk.agri.ee/sites/default/files/2021-03/Metoodika_bilanss.pdf).

Metoodikast nähtub, et lämmastiku kadusid emissioonidena (NH₃, N₂O, N₂, NO_x) kalkulatsioonides ei arvestata.

Alljärgneval joonisel on esitatud NPK bilansid aastatel 2015-2018 eespool nimetatud meetoodikast lähtuvalt (<https://pmk.agri.ee/et/keskkonnaseire/taluvärava-toiteelementide-uuringust>)



Joonis 84 Lämmastiku, fosfori, kaaliumi taluvärava bilanss toetustüübiti ja Eesti keskmisena aastatel 2015-2018

2018. aastal varieerus lämmastiku bilanss toetustüübiti ja Eesti keskmisena vahemikus 12-52 kg/ha, fosfori bilanss 3-(-1) kg/ha, kaaliumi bilanss vahemikus 12-(-5) kg/ha (joonis 1).

NPK bilanss oli 2018. aastal positiivne ja kõrgem keskkonnasõbraliku majandamise toetuse (KSM), ühtset pindalatoetust (ÜPT) saavates ettevõtetes ja Eesti keskmisena ning madalaim mahetootmises (MAHE), kus P ja K bilanss olid negatiivsed.

Lisaks Põllumajandusuuringute Keskusele on projektipõhiselt NPK bilansse uuritud (arvutatud) Eesti Maaülikooli Põllumajanduse ja Keskkonna Instituudis, aga samuti kas ettevõtte põhiseelt või ka ettevõtte siseselt näiteks konkreetsest põllust lähtuvalt. Selleks on koostatud või koostamisel mitmeid arvutusvahendeid:

- 1) Eesti Maaülikooli PKI, NPK põllupõhise kalkulaatori versiooni 1.0 alla laadimine siit ([pakitud .zip failina](#)).
- 2) Eesti Maaülikooli PKI, NPK taluvärava bilansi kalkulaatori versioon 1.0. Momendil täiendatakse, ei ole hetkel kättesaadav.

Lähtuvalt eelnevast nähtub, et praegu kasutusel olevad lämmastiku bilansi arvestuse meetodid sobivad riiklikul tasandil arvestuse pidamiseks ainult osaliselt.

Riikliku süsteemi ülesehitamiseks on olulised eelkõige esinduslikud sisend- ja väljundandmed nii taime- ja loomakasvatuse kui ka toodangu kontekstis.

Riikliku (aastapõhise) lämmastikubilansi põhikomponendid.

- 1) Sisendandmed
 - Lämmastikväetiste jaotus ja kogus, väetiste N sisaldus vastavalt väetise tüübile. Riiklikul tasemel andmed puudulikud ja suure määramatusega. Pikemas



perspektiivis omab potentsiaali Põllumajanduse suurandmete projekt (loodav mineraalväetiste kasutamise andmebaas)

- Mullastiku näitajad (lõimis, N varu, jms). *Keskmiised andmed on vastavates andmebaasides olemas.*
- Seemnete ja istikute summaarne kogus ning N- sisaldus. *Riiklikul tasemel praegu ei fikseerita*
- Söödakultuuride jaotus, kasvupind ja -kogus ning N-sisaldus. *Kasvupinnad põhiliste söödakultuuride lõikes on olemas SA andmebaasis. Keskmine N sisaldus söödakultuuride lõikes on leitav vastavatest juhendmaterjalidest (söötade tabelitest).*
- Taimekasvatusest põllumajandusmaadele jäävate taimejäänuste kogus ja N-sisaldus. *Leitakse praegu kalkulaatiivselt.*
- Ostusöötade (väljaspool Eestit toodetud) jaotus, summaarne kogus ja N-sisaldus. *Riiklikul tasandil andmed puuduvad*
- Põllumajandusloomade (lindude) koguarv toodangu- ja vanuserühmade lõikes. *Andmed on olemas SA andmebaasis*
- Põllumajandussaaduste import. *Andmed on arvatavasti olemas SA andmebaasis*

2) Väljundandmed

- Põllukultuuride jaotus, saagikus, kogutoodang ning keskmine N sisaldus. *Põllukultuuride jaotuse, saagikuse ja kogutoodangu andmed on olemas SA andmebaasis. Keskmiised N-sisalduse andmed on leitavad vastavatest juhendmaterjalidest (tabelitest).*
- Loomakasvatussaaduste jaotus, kogutoodang ning keskmine N-sisaldus. *Andmed on olemas SA andmebaasis. N-sisalduse andmed on leitavad vastavatest juhendmaterjalidest (tabelitest).*
- Lämmastiku kaod (emissioon atmosfääri, leostumine) kõikidel tootmistsükli etappidel nii taime kui ka loomakasvatuses. *Vastavaid andmeid kalkuleeritakse riikliku kasvuhooonegaaside ja välisõhu saasteainete inventuuri käigus. Nimetatud andmed on kasutatavad ka riikliku lämmastikubilansi kalkuleerimisel.*
- Põllumajandussaaduste eksport. *Andmed on arvatavasti olemas SA andmebaasis*

2022.a. teostatud tööd

Riikliku lämmastikubilansi koostamiseks (arvutamiseks) on olemas Eurostat/OECD metoodika ja juhendmaterjal „Methodology and Handbook, Eurostat/OECD, Nutrient Budgets, EU-27, Norway, Switzerland“ (2013).

Vastavalt ülalnimetatud metoodikale on lämmastiku kogu- (summaarse) bilansi koostamiseks ja arvutamiseks vajalik minimaalselt allolevas tabelis toodud andmestik. Tabelis on esitatud ka olemasolevad riiklikud andmeallikad erinevate andmekategooriate lõikes.

**Tabel 98 Lämmastiku kogubilansi koostamiseks vajalik üldandmestik ja selle allikad**

Lämmastiku sisendandmed		Ühik	Allikas
1	Mineraalväetiste kasutamine	t/aasta	Riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
2	Looma-, linnusõnniku tootmine	t/aasta	Statistikaamet; riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
3	Looma-, linnusõnniku import/eksport/varud	t/aasta	Arvutuslik
4	Muud orgaanilised väetised (kompost, reoveesete)	t/aasta	Riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
5	Bioloogiline lämmastiku sidumine	t/aasta	Arvutuslik
6	Lämmastiku sidumine atmosfäärist	t/aasta	Arvutuslik
7	Seemned ja istikud	t/aasta	Statistikaamet; riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
8	Põllukultuuride jääkide sisend mulda	t/aasta	Riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
	Kogusisend	t/aasta	= 1+2+3+4+5+6+7+8
	Lämmastiku väljundandmed		
9	Taimakasvatussaaduste toodang	t/aasta	Statistikaamet; riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
10	Söötade toodang	t/aasta	Statistikaamet; riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
11	Põllukultuuride jääkide eemaldamine mullast	t/aasta	Arvutuslik
	Koguväljund	t/aasta	= 9+10+11
	Lämmastiku kogubilanss	t/aasta	= kogusisend - koguväljund

Mineraalväetiste kasutamine

Mineraalsete lämmastikväetiste kogus ja summaarne lämmastiku sisaldus antud aastal. Statistikaamet (SA) kogub mineraal s.h lämmastikväetiste kasutamise andmeid riiklikul tasemel (PM 065). Näiteks 2020.aastal kujunes lämmastiku sisendiks mineraalsetest lämmastikväetistest 41 486 tonni.

Looma-, linnusõnniku tootmine

Looma- ja linnusõnniku kogus ja summaarne lämmastiku sisaldus antud aastal. Põllumajandusloomade ja -lindude arvu liikide, vanuse- ja tootmisrühmade lõikes kajastatakse ja uuendatakse SA andmebaasis (PM 09) pidevalt. Hobuste ja põllumajanduslindude andmed Statistikaameti andmebaasis ei ole lämmastiku bilansi koostamiseks piisavad. Nimetatud alajaotuste lõikes tuleks arvutustes kasutada riiklikus KHG ja õhusaasteainete inventuuris modelleeritud andmeid. Sõnniku lämmastikusisalduse keskmised näitajad looma liikide ja vanuserühmade lõikes on kajastatud samades inventuurides (N_{ex} , kg/aasta). Sõnniku lämmastikusisalduse keskmised näitajad lähtuvad uuringu „Kariloomade söödaplaanide uuring 1990–2020“ tulemustest.

Looma-, linnusõnniku import/eksport/varud

Eeldatavasti looma- ja linnusõnnikut Eestisse sisse ei tooda ega välja ei viida (vajab täpsustamist). Tavapäraselt kasutatakse looma- ja linnusõnnik nii vedelal kui tahkel kujul samal/järgneval vegetatsiooniperioodil orgaanilise väetisena. Mõningane sõnniku kui orgaanilise väetise varu (säilitatakse/kompostitakse maksimaalselt kahe aasta vältel) võib esineda sügavallapanu sõnniku puhul. Koguse selgitamine on pigem hinnanguline, kuna vastavaid andmeid andmebaasidesse ei koguta.

Muud orgaanilised väetised (kompost, reoveesete)



Komposti ja reoveesette kogus ja summaarne lämmastiku sisaldus antud aastal. Nimetatud alajaotuste lõikes tuleks arvutustes kasutada riiklikus KHG ja õhusaasteainete inventuuris modelleeritud koguste ja keskmise lämmastiku sisalduse andmeid. Näiteks 2020.aastal kasutati põllumajanduses 387,2 tonni reoveesette ning 1331,1 tonni orgaaniliste jäätmete komposti lämmastikku.

Bioloogiline lämmastiku sidumine

Lämmastiku kogus, mis seotakse liblikõielistesse (kaunviljad ja liblikõielised söödataimed) antud aastal. Vastavate kultuuride kasvupinnad (ha) ja saagikus (kg/ha) on kajastatud SA andmebaasis (PM 281) ning neid andmeid uuendatakse pidevalt. Kultuuride keskmine lämmastikusisaldus on leitav kas ülalnimetatud juhendist (default väärtused, väga üldine) või oluliselt täpsematest riigispetsiifilistest tabelitest. Näiteks: „Söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelid“ (2004).

Lämmastiku sidumine atmosfäärist

Protsess, mille tulemusena atmosfääris leiduv erinevates keemilistes ühendites seotud lämmastik seotakse mulda, taimedesse, pinnavette jms, kas sademetega (vihm, lumi, udu), mida defineeritakse lämmastiku niiske sidumisena, või settimise, adsorbtsiooni vms tulemusel, mida nimetatakse ka lämmastiku kuivaks sidumiseks. Näiteks põllumajandusest pärinev ammoniaak võib atmosfääris olla nii molekulaarses vormis (NH_3) kui ka ammoniumioonina (NH_4^+). Nendest viimane seotakse atmosfäärist peamiselt sademete kaudu (lämmastiku niiske sidumine) ning molekulaarne ammoniaak adsorbtsiooni teel (lämmastiku kuiv sidumine). Atmosfäärist seotud lämmastiku kogus lähtub kogu põllumajanduses kasutatud maa pindalast (ha) ning vastava piirkonna lämmastiku sidumise koefitsiendist, valemiga: $N_{\text{sidumine}}(t) = \text{põllumajandusmaa pindala (1000 ha)} \times N_{\text{sidumise koefitsient}} \text{ (kg N/ha)}$. Kogu põllumajandusmaa pindala on leitav SA andmebaasist (PM 0281). N sidumise koefitsiendi arvutamise meetodika on kirjeldatud IPCC juhendites. Põllumajanduse kontekstis sõltub see eelkõige mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamisest ning loomade karjatamise tulemusena rohumaadele jäänud väljaheidete kogusest.

Seemned ja istikud

Lämmastiku kogus, mis viiakse mulda seemnete ja istikutega. Külviks kasutatud seemne koguseid (teraviljad ja kartul) konkreetsel aastal kogu Eesti lõikes kajastatakse SA andmebaasis (PM 043). Seemnete (teraviljad, kartul jms) keskmise lämmastikusisalduse näitajad on leitavad vastavatest riigispetsiifilistest tabelitest, näiteks „Söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelid“ (2004).

Põllukultuuride jääkide sisend mulda



Lämmastiku kogus, mis jääb põllumajanduslikult kasutatavale maale põllukultuuride jääkidega (varred, kõrred jms). Jäägid (jäänused) võivad jääda nii mulla pinnale kui ka mulda. Osaliselt kõrvalproduktid (jäägid) eemaldatakse, ning kasutatakse muuks otstarbeks, näiteks teraviljapõhk loomasöödaks või allapanuks. Samuti on võimalus, et kõrvalproduktid jõuavad pärast kasutamist põllumaale tagasi. Sellest tulenevalt on põllukultuuride jääkidest mulda jõudva lämmastiku koguse kalkuleerimine komplitseeritud. Juhendmaterjalis on nimetatud, et põllukultuuride jääkide alajaotuse võib lämmastikubilansi kalkulatsioonist välja jätta. KHG inventuuris on põllukultuuride jääkidest pärinevat sisendlämmastikku siiski arvestatud (lähtuvalt põllukultuuride kasvupinnast, saagikusest ning keskmisest jääkide lämmastiku sisaldusest), kuigi maksimaalsel võimalikul tasemel. KHG inventuuri kalkulatsioonis ei kajastu eemaldatud ja muuks otstarbeks kasutatud põllukultuuride jääkide (eeskätt teraviljapõhu) kogus. Viimati nimetatud sisendandmete allikate leidmine ja rakendatavus vajab edasist analüüsi.

Taimikasvatussaaduste toodang

Lämmastiku kogus, mis eemaldatakse teraviljade, rühvelkultuuride jms. liikidega. Arvutus lähtub taimikasvatussaaduste summaarsetest toodangunäitajatest antud aastal ning konkreetse saaduse keskmisest lämmastiku sisaldusest. Vastavad toodangunäitajad (t/aasta) on leitavad SA andmebaasis (PM0281) ning konkreetse saaduse keskmine lämmastikusisaldus ülalnimetatud tabelitest.

Söötade toodang

Lämmastiku kogus, mis eemaldatakse erinevate söödataimede s.h liblikõieliste koostises. Arvestatakse nii söötade (hein, silo) kui ka loomade poolt karjatamisel tarbitud taimiku kogusega. Vastavad lähteandmed, kasvupinnad (ha), toodang (t/aasta) on leitavad SA andmebaasist (PM 0281) või on need modelleeritud KHG inventuuris. Karjatamisel tarbitud söötade koguse arvutamiseks võib kasutada Eestis koostatud erialakirjanduses toodud meetodikaid (Veiste Söötmine; Ü. Oll, A. Muuga; 1978). Erinevate heintaimede (rohusöötade) lämmastikusisaldus on kirjeldatud Söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelites (2004).

Põllukultuuride jääkide eemaldamine mullast

Lämmastiku kogus, mis eemaldatakse mullast põllukultuuride jääkidega eemaldamise sh. põletamisega. Kuna Eestis on põllukultuuride jääkide (jäänuste) põletamine põllumaal keelatud, siis selle arvestamise vajadus puudub. Vt. p. 8.

2023.a. teostatud tööd

2023.aastal loodi arvutusmudel Eesti põllumajanduse lämmastikubilansi arvutamiseks. Arvutusmudeli põhistruktuur on sarnane riikliku kasvuhonegaaside arvutusmudeliga.



Lämmastikubilansi arvutus lähtub Eurostat/OECD metoodikast ja juhendmaterjalidest. „Methodology and Handbook, Eurostat/OECD, Nutrient Budgets, EU-27, Norway, Switzerland“ (2013).

Vastavalt ülalnimetatud metoodikale on lämmastiku kogu- (summaarse) bilansi koostamiseks ja arvutamiseks vajalik Tabel 99 toodud andmestik. Tabelis on esitatud ka olemasolevad riiklikud andmeallikad erinevate andmekategooriate lõikes.

Tabel 99 Lämmastiku kogubilansi koostamiseks vajalik üldandmestik ja selle allikad

Lämmastiku sisendandmed		Ühik	Allikas
1	Mineraalväetiste kasutamine	t/aasta	Riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
2	Looma-, linnusõnniku produktsioon	t/aasta	Statistikaamet; riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
3	Looma-, linnusõnniku import/eksport/varud	t/aasta	Arvutuslik
4	Muud orgaanilised väetised (kompost, reoveesete)	t/aasta	Riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
5	Bioloogiline lämmastiku sidumine	t/aasta	Arvutuslik
6	Lämmastiku sidumine atmosfäärist	t/aasta	Arvutuslik
7	Seemned ja istikud	t/aasta	Statistikaamet; riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
8	Põllukultuuride jääkide sisend mulda	t/aasta	Riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
Kogusisend		t/aasta	= 1+2+3+4+5+6+7+8
Lämmastiku väljundandmed			
9	Taimekasvatussaaduste toodang	t/aasta	Statistikaamet; riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
10	Söödade toodang	t/aasta	Statistikaamet; riiklik KHG, õhusaasteainete inventuur, arvutuslik
11	Põllukultuuride jääkide eemaldamine mullast	t/aasta	Arvutuslik
Koguväljund		t/aasta	= 9+10+11
Lämmastiku kogubilanss		t/aasta	= kogusisend - koguväljund

Mineraalväetiste kasutamine

Mineraalsete lämmastikväetiste kogus ja summaarne lämmastiku sisaldus antud aastal (t/aasta) Statistikaamet (SA) kogub mineraal s.h lämmastikväetiste kasutamise andmeid riiklikul tasemel (PM 065). Mineraalväetistega põldudele antud lämmastiku kogus (Tabel 100) on üle võetud riiklikust kasvuhoonegaaside inventuurist (3.D.11).

Tabel 100 Mineraalväetistega põldudele antud lämmastik (t/aasta)

Aasta	2019	2020	2021	2022
N t/aasta	41 438	41 486	46 767	42 053

Orgaaniliste väetiste kasutamine

Looma- ja linnusõnniku kogus ja summaarne lämmastiku sisaldus antud aastal (tabel 1 p.2). Põllumajandusloomade ja -lindude arvu liikide, vanuse- ja tootmisrühmade lõikes kajastatakse ja uuendatakse SA andmebaasis (PM 09) pidevalt. Hobuste ja põllumajanduslindude andmed Statistikaameti andmebaasis ei ole lämmastiku bilansi koostamiseks piisavad. Nimetatud alajaotuste lõikes kasutati arvutustes riiklikus KHG ja õhusaasteainete inventuuris modelleeritud andmeid (3.D.1.2.a). Sõnniku lämmastikusisalduse keskmised näitajad looma liikide ja vanuserühmade lõikes on kajastatud samades inventuurides (Nex, kg/aasta). Sõnniku lämmastikusisalduse keskmised näitajad lähtuvad uuringu „Kariloomade söödaplaanide uuring 1990–2020“ tulemustest.



Looma-, linnusõnniku import/eksport/varud (tabel 1 p.3). Tavapäraselt kasutatakse looma- ja linnusõnnik nii vedelal kui tahkel kujul samal/järgneval vegetatsiooniperioodil orgaanilise väetisena, kas töötlemata või töödeldud kujul. Peamiseks sõnniku töötlemise viisiks on anaeroobne kääritsemine biogaasi tootmise eesmärgil. Anaeroobse kääritamise tulemusena sõnniku lämmastikusisaldus olulisel määral aga ei muutu. Mõningane sõnniku kui orgaanilise väetise varu (säilitatakse/kompostitakse maksimaalselt kahe aasta vältel) võib esineda sügavallapanu sõnniku puhul. Koguse selgitamine on pigem hinnanguline, kuna vastavaid andmeid andmebaasidesse ei koguta. Kuna looma- ja linnusõnnikut Eestisse ei impordita ning ka muude orgaaniliste väetiste impordi andmeid ei ole andmebaasides kajastatud, siis nimetatud jaotust arvutustes arvesse võetud ei ole.

Muud orgaanilised väetised (kompost, reoveesete) (tabel 1 p.4).Komposti ja reoveesete kogus ja summaarne lämmastiku sisaldus antud aastal. Nimetatud alajaotuste lõikes kasutati arvutustes riiklikus KHG ja õhusaasteainete inventuuris modelleeritud koguste ja keskmise lämmastiku sisalduse andmeid (3.D.1.2.b ja 3.D.1.2.c).

Tabel 101 on esitatud orgaaniliste väetiste koostises põllumajanduses kasutatud lämmastiku kogus (t/aasta).

Tabel 101 Orgaaniliste väetiste koostises põllumajanduses kasutatud lämmastiku kogus (t/aasta)

Aasta	2019	2020	2021	2022
Looma- ja linnusõnnik	16926,4	17264,8	17283,8	16965,6
Reoveesete	269,4	356,7	373,1	380,7
Kompost	2600,2	2978,9	3266,7	3385,1
Kokku	19795,9	20600,4	20923,5	20731,5

Lämmastiku sidumine atmosfäärist

Protsess, mille tulemusena atmosfääris leiduv erinevates keemilistes ühendites seotud lämmastik seotakse mulda, taimedesse, pinnavette jms, kas sademetega (vihm, lumi, udu), mida defineeritakse lämmastiku niiske sidumisena, või settimise, adsorptsiooni vms tulemusel, mida nimetatakse ka lämmastiku kuivaks sidumiseks. Näiteks põllumajandusest pärinev ammoniaak võib atmosfääris olla nii molekulaarses vormis (NH₃) kui ka ammooniumioonina (NH₄⁺). Nendest viimane seotakse atmosfäärist peamiselt sademete kaudu (lämmastiku niiske sidumine) ning molekulaarne ammoniaak adsorptsiooni teel (lämmastiku kuiv sidumine). Atmosfäärist seotud lämmastiku kogus lähtub kogu põllumajanduses kasutatud maa pindalast (ha) ning vastava piirkonna lämmastiku sidumise koefitsiendist, valemiga: N sidumine (t) = põllumajandusmaa pindala (1000 ha) x N sidumise koefitsient (kg N/ha). Kogu põllumajandusmaa pindala on leitav SA andmebaasist (PM 0281). N sidumise koefitsiendi arvutamise meetodika on kirjeldatud IPCC juhendites. Põllumajanduse kontekstis sõltub see eelkõige mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamisest ning loomade karjatamise tulemusena rohumaadele jäänud väljaheidete kogusest. Arvutustes kasutati riiklikus kasvuhoonegaaside inventuuris toodud summaarseid andmeid (Tabel 102).

**Tabel 102 Summaarne lämmastiku sidumine atmosfäärist (t/aasta)**

Aasta	2019	2020	2021	2022
N-sidumine	8497,1	8593,0	9190,9	8659,7

Seemned ja istikud

Lämmastiku kogus, mis viiakse mulda seemnete ja istikutega. Seemnete (teraviljad, kartul jms) keskmise kuivaine- ja lämmastiku sisalduse näitajad on saadud vastavatest riigispetsiifilistest tabelitest, näiteks „Söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelid“ (2004) või ka vastavatest rahvusvahelistest andmebaasidest. Kuna SA andmebaas on külviks kasutatud seemnekoguste kontekstis puudulik, siis seemnete külvitiheduste keskmised näitajad on saadud erialakirjandusest (rahvusvahelised andmebaasid). Kalkuleeritud on kõikide SA andmebaasis kajastatud kultuuride seemnete ja istikutega mulda viidud lämmastiku kogus (t/aasta) vastavalt konkreetse aasta külvipinnale (vt. arvutusmudeli kaart „Seemned ja istikud“). Tabel 103 on esitatud seemnete ja istikutega mulda viidud lämmastiku summaarne kogus.

Tabel 103 Seemnete ja istikutega mulda viidud lämmastiku kogus

Aasta	2019	2020	2021	2022
N-mulda	2,03	2,11	2,12	2,13

Põllukultuuride jääkide sisend mulda

Lämmastiku kogus, mis jääb põllumajanduslikult kasutatavale maale põllukultuuride jääkidega (varred, kõrred jms). Jäägid (jäänused) võivad jääda nii mulla pinnale kui ka mulda. Osaliselt kõrvalproduktid (jäägid) eemaldatakse, ning kasutatakse muuks otstarbeks, näiteks teraviljapõhk loomasöödaks või allapanuks. Samuti on võimalus, et kõrvalproduktid jõuavad pärast kasutamist põllumaale tagasi. Sellest tulenevalt on põllukultuuride jääkidest mulda jõudva lämmastiku koguse kalkuleerimine komplitseeritud. Juhendmaterjalis on nimetatud, et põllukultuuride jääkide alajaotuse võib lämmastikubilansi kalkulatsioonist välja jätta. KHG inventuuris on põllukultuuride jääkidest pärinevat sisendlämmastikku siiski arvestatud (lähtuvalt põllukultuuride kasvupinnast, saagikusest ning keskmisest jääkide lämmastiku sisaldusest), kuigi maksimaalsel võimalikul tasemel. KHG inventuuri kalkulatsioonis (3D 1.4) ei kajastu eemaldatud ja muuks otstarbeks kasutatud põllukultuuride jääkide (eeskätt teraviljapõhu) kogus. Tabel 104 on toodud summaarne põllukultuuride jääkidega mulda viidud lämmastiku kogus (t/aasta).

Tabel 104 Põllukultuuride jääkidega mulda viidud lämmastiku summaarne kogus (t/aasta)

Aasta	2019	2020	2021	2022
N-mulda	33745	34987	29806	35623



Taimikasvatussaaduste (söötade) toodang

Lämmastiku kogus, mis eemaldatakse teraviljade, rühvelkultuuride, erinevate söödataimede s.h liblikõieliste jms. liikidega. Arvutus lähtub taimikasvatussaaduste summaarsetest toodangunäitajatest antud aastal ning konkreetse saaduse keskmisest lämmastiku sisaldusest. Vastavad toodangunäitajad (t/aasta) on leitavad SA andmebaasis (PM0281) ning konkreetse saaduse keskmine lämmastikusisaldus ülalnimetatud tabelitest. Söödataimede puhul arvestatakse nii söötade (hein, silo) kui ka loomade poolt karjatamisel tarbitud taimiku kogusega. Vastavad lähteandmed, kasvupinnad (ha), toodang (t/aasta) on leitavad SA andmebaasist (PM 0281) või on need modelleeritud KHG inventuuris. Erinevate heintaimede (rohusöötade) lämmastikusisaldus on kirjeldatud Söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelites (2004). Tabel 105 on toodud summaarne lämmastiku kogus (t/aasta), mis eemaldati taimikasvatussaadustega (vt. arvutusmodeli kaart „Taimikasvatussaaduste toodang“).

Tabel 105 Taimikasvatussaadustega eemaldatud summaarne lämmastiku kogus (t/aasta)

Aasta	2019	2020	2021	2022
N-eemaldatud	64072,9	66007,4	55048,8	60162,9

Lämmastiku kogubilanss

Lämmastiku kogubilanss (t/aasta) on leitud sisend ja väljundandmete vahena (Tabel 106).

Tabel 106 Lämmastiku kogubilanss (t/aasta)

Aasta	2019	2020	2021	2022
Sisend	103478,5	105668,2	106689,7	107069,3
Väljund	64072,9	66007,4	55048,8	60162,9
Vahe	39405,6	39660,8	51640,9	46906,4
Lämmastiku kasutamise efektiivsus (NUE), %	61,9	62,5	51,6	56,2

Kasutatud kirjandus:

Methodology and Handbook, Eurostat/OECD, Nutrient Budgets, EU-27, Norway, Switzerland“ (2013)

https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/2518760/Nutrient_Budgets_Handbook_%28CPSA_AE_109%29_corrected3.pdf/4a3647de-da73-4d23-b94b-e2b23844dc31



6.6 Põllumajandusliku maakasutuse muutuse analüüs sõltuvalt tulevikustsenaariumitest (lõpp 2022)

Vastutav täitja: Cris-Tiina Pärn

Kaastäitjad: Ants-Hannes Viira (EMÜ)

Vastavalt Maaülikooli lõpparuandele teostati projekti käigus järgnevad tööd.

Uuringu I etapis (2020. aastal) tehtud analüüs annab vastuse küsimusele: „millised on Eestis põllumajandusmaa kasutamise võimalikud tulevikustsenaariumid, võttes arvesse globaalseid trende ja mõjusid ning regionaalseid strateegilisi valikuid põllumajanduse arendamisel?“. Selleks loodi viis alternatiivset põllumajandusliku maakasutuse tulevikustsenaariumit aastani 2050. Stsenaariumite loomiseks kaardistati esmalt poliitikadokumentide ja teaduskirjanduse põhjal põllumajandusliku maakasutuse muutuse mõjutegurid. Seejärel korraldati kuus valdkonna asjatundjate fookusgrupi arutelu, mille eesmärk oli eksperthinnangute kogumine põllumajandusliku maakasutuse mõjutegurite ning sellega seotud võimalike positiivsete ja negatiivsete arengute kohta. Selgitamiseks välja tegurite mõju suurust ja mõju avaldumisega seotud määramatust 2050. aasta perspektiivis, viidi läbi veebiküsitlus, millele vastasid fookusgrupi aruteludel kutsutud ja osalenud asjatundjad, uuringu juhtkomisjoni ja töörühma liikmed³⁷.

Uuringu II etapis 2021. aastal loodi Eesti põllumajandusliku maakasutuse visualiseerimiseks ja uuringu I etapis välja töötatud viie alternatiivse põllumajandusliku maakasutuse tulevikustsenaariumi jaoks andmestik, kaardikiht ja illustreerivad kaardid, kus on esitatud põllumajandustootmiseks sobilikkuse seisukohast erineva väärtusega põllumajandusmaade paiknemine ning alad, mis sobiksid maastikuelementide rajamiseks või metsastamiseks. Samuti loodi kaardid kõigis stsenaariumites kirjeldatud võimalike maakasutuse muutuste illustreerimiseks. Põllumajandusmaa põllumajandusliku kasutuse potentsiaali hindamiseks koostati koondhinnang, mis võttis arvesse iga põllumajandusmaa massiivi mullaviljakust, pindala, põllukontuuri kuju (kompaktsust), kaugust lähimast teest, kaugust suurimast asulast, kaugust lähimast põllust ja reljeefi iseloomustavat konarlikkuse koefitsienti. Koondhinnangu tegurite kaalude määramiseks viidi läbi põllumajandusmaa asjatundjate veebiküsitlus, millele vastasid põllumajandustootjad, põllumajandusmaa turu asjatundjad, ametnikud ja teadlased. I etapis loodud viies tulevikustsenaariumis kirjeldatud maakasutuse muutuste arvulised suurused määrati uuringu töörühma ja juhtkomisjoni arutelude tulemusena.³⁸

Uuringu III etapis keskenduti põllumajanduslikku maakasutust soovitud suunas mõjutavate ja mittesoovitavate muutusi pidurdavate poliitikameetmete analüüsimisele. Samuti anti hinnang

³⁷ Põllumajandusliku maakasutuse muutuse analüüs sõltuvalt tulevikustsenaariumitest- Uuringu I ja II etapi aruanne

³⁸ Põllumajandusliku maakasutuse muutuse analüüs sõltuvalt tulevikustsenaariumitest- Uuringu I ja II etapi aruanne



põllumajandustoodangu mahule ja KHG heitkogusele põllumajandusliku maakasutuse stsenaariumides ning täpsustati põllumajandusliku maakasutuse tulevikustsenaariume ja neid illustreerivaid kaarte.

KHG heitkoguste prognoosist ilmnes, et stsenaariumis S2 – vähem on rohkem, vähenes KHG heide kokku 55%, samal ajal kui põllumajanduse standardtoodangu väärtus vähenes 28%. Tagasilanguse stsenaariumis (S3) vähenes KHG heide 42% ning standardtoodangu väärtus 45%. Eestis on potentsiaali ka kasutatava põllumajandusmaa laiendamiseks ja põllumajandustoodangu suurendamiseks. Stsenaariumis S4 – intensiivne laienemine suurenes põllumajanduse standardtoodangu väärtus 102% ning samavõrra suurenes ka KHG heide. Praeguste arengutega enam kooskõlas olevate stsenaariumite S5 – BAU: kesktee ja S1 – kestlik biomajandus puhul suurenes standardtoodang vastavalt 15% ja 21%, kuid stsenaariumis S5 suurenes KHG heide 7% ning stsenaariumis S1 vähenes see 1%.

KHG heitkoguste prognooside võrdlus erinevate stsenaariumite puhul annab märku sellest, et maakasutusega seotud KHG heitkoguste ohjamine on kliimaneutraalsuse poole suundumisel olulise tähtsusega – stsenaariumis S2 on maakasutusega seotud KHG heitkogused tänu sügavatel turvasmuldadel asuva põllumaa püsirohuma alla viimisele ning põllumajandusmaa metsastamisele negatiivsed. Põllumajandusmaa metsastamine mõjutab ka stsenaariumi S1 tulemust. Sellest järeldub, et põllumajandussektori kliimaeesmärkide saavutamise seisukohalt on turvasmuldade kaitse ja metsastamisega seotud otsused kriitilise tähtsusega. Samas, käesoleva analüüsi olulise piiranguna tuleb märkida, et tootmistehnoloogia muutuse mõju ei ole KHG heitkoguste prognoosimisel arvesse võetud. Tehnoloogiate muutmise mõju hindamine on aga väga oluline, sest ei kesktee (S5) ega kestlik biomajanduse (S1) stsenaarium, mis on võrreldes praeguste tendentsidega kõige realistlikumad, ei saavuta ainult põllumajandusliku maakasutuse muutuste abil KHG heitkoguse vähendamise eesmärki.



7 LULUCF valdkonna tegevused

7.1 Eesti põllumajandusmuldade süsinikuvaru dünaamika täpsem hindamine riiklikus kasvuhoonegaaside inventuuris (lõpp 2023)

Vastutav täitja: Cris-Tiina Pärn,

Kaastäitjad: Karin Kauer, Alar Astover (EMÜ)

Vastavalt Maaülikooli uuringu lõpparuandele teostati II etapis järgnevad tööd:

Hetkel maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse (LULUCF) sektori all raporteeritavad mulla orgaanilise süsiniku (Corg) varu muutused põllumajandusmaadel arvutatakse kasutades Tier2 metoodikat, mis ei arvesta piisavalt piirkondlikke erisusi. Alternatiivne võimalus on LULUCF sektori CO₂ emissiooni hindamiseks rakendada Corg varu muutusi, mis on leitud kasutades vastavaid simulatsioonimudeleid. Soome kasvuhoonegaaside inventuuri raames kasutatakse mulla Corg varu muutuste modelleerimisel mudelit Yasso07, mis on välja töötatud metsamuldadel, kuid rakendatav ka haritavatel muldadel. Kuid näiteks Šveitsis kasutatakse simulatsioonimudelit RothC, mida rakendatakse ka FAO poolt väljatöötava globaalse mulla orgaanilise süsiniku sidumisvõime kaardi (Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map (GSOCseq)) väljatöötamisel.³⁹ I etapi eesmärk oli testida eespool mainitud mudeleid Eesti põllumuldadel ja kohendada vajadusel neis kasutatavaid koefitsiente Eesti tingimustele vastavaks.

Uuringus valideeriti kahte simulatsioonimudelit (Yasso07 ja RothC) põllumuldade seirealade andmestiku alusel ning täpsutati vajaminevaid mudelite sisendparameetreid. Mudelit RothC rakendati põllumuldade Corg varu muutuste prognoosiks maakondlikul tasandil. Selleks koostati maakondade keskmiste sisendnäitajatega andmebaas, mis on vajalik simulatsioonimudeli rakendamiseks. Modelleeriti maakondade keskmised mineraalmuldade Corg varu muutused põllumajandusmaadel perioodil 1990-2020. Põllu tasandil mulla Corg varu muutuse simulatsioonimudeli rakendamist näitlikustatakse pilootpiirkonna põllumajandusmaa näitel.

Eesti mineraalsete põllumuldade Corg varu muutust kogu perioodi 1990–2020 kohta ei olnud võimalik usaldusväärselt leida, sest selleks puuduvad ühtse metoodika ja valimiga andmestikud. Kui mulla Corg sisalduse määramise laborimetoodikast tulenevaid erisusi oli võimalik teisendada võrreldavamaks, siis tõenäoliselt valimi erisused põhjustavad võrreldamatud Corg varu perioodi alguse (76,9 t/ha 1990. a.) ja 2015. a. (89,7 t/ha) vahel. Selline mulla Corg varude kasv ei loogiliselt põhjendatav. Põllumuldade püsiseirealadel toimus samaaegselt Corg varu vähenemine muutus -0,15 t/ha aastas. See on ootuspärane muutus ning üldises kooskõlas ka RothC mudeli prognoosiga.

³⁹ Mineraalmuldadel asuvatel põllumajandusmaade mulla orgaanilise süsiniku varu muutuse hindamine simulatsioonimudeliga- I etapi vahearuanne



Mudelipõhised prognoosid põllumuldade Corg varu muutuse hindamiseks on hoolimata mõnede sisendandmete määramatusest mõõduka täpsusastmega. Parema tulemuse andis RothC mudeli rakendamine. Seirealade keskmisena oli RothC mudeli hinnang mõõdetud Corg varu tulemusest ainult 2,3% erinev, kuid Yasso07 mudeli puhul oli erinevus 12,2%. Samas üksikute seirealade vahel esinesid siiski märkimisväärsed erinevused ka mudeli RothC kasutamisel.

Eesti mineraalsete põllumuldade mõõdetud Corg varu muutus oli Eestis keskmisena perioodil 2015 kuni 2020 -0,31 t/ha aastas. Uuringus kasutatud RothC mudeli prognoos (-0,43 t/ha aastas) oli samasuunaline ning võrreldavas suurusjärgus. Mudeliprognosis ülehindas Corg varu vähenemist. Mõõdetud ja modelleeritud Eesti keskmine mulla Corg varu hea omavaheline võrreldavus viitab sellele, et ehkki C sisendite kogustes võib esineda suur määramatus, siis maakondade keskmised C sisendid arvutatud maakondade keskmiste saagiandmete kaudu, võimaldasid maakondade keskmist Corg varu hinnata heal tasemel.

Maakondade kaalutud keskmisena oli mõõdetud Corg varu vähenemine veidi suurem (-0,45 t/ha aastas). Mudeliprognosis maakondade kaalutud keskmise kohta ülehindas mulla Corg varu vähenemist (-0,61 t/ha a), mis osutab täpsematele asukohapõhiste sisendandmete vajadusele (nt. põllupõhine C sisendi leidmine põllumajandustootjate põlluraamatute abil). Kuid maakondades toimunud muutuste erinevused mõõdetud ja modelleeritud tulemuste vahel osutavad vajadusele modelleerimiseks vajaminevate sisendandmete täpsustamiseks, et vältida mulla Corg varu üle- ja/või ülehindamist.

Eesti keskmise mineraalsete põllumuldade Corg varu muutuse hindamiseks ei ole vajadust leida seda maakondades toimunud muutuste kaudu, piisab kui on olemas mahukas andmebaas, mis sisaldab mulla Corg varu andmeid üle Eesti. Iga-aastane PANDA andmebaasi täiendamine võimaldab valideerida mudeliga RothC prognoositud mulla Corg varu tulemusi järgmiste aastate jooksul.

2023 a. tegevused:

Mineraal- ja turvasmuldadel asuvate põllumajandusmaade ja looduslike rohumaade Corg varu muutuste hindamiseks on 2023. aastal tarvis hinnata põllumajanduslikus kasutuses olevate rohumaade muldade Corg sisalduse ja varu ajalist muutust looduslikel rohumaadel.

Metoodika väljatöötamiseks (jaguneb aastate 2022-2023 vahel):

- Kogutakse kordusproovid ja määrati mullast Corg varu 20-l 2014a looduslikele rohumaadele rajatud proovialal. Kahe proovivõtmisperioodi vahel tuvastatakse rohumaal muldades Corg varus toimunud muutused ja tulemuste baasil riigispetsiifilise eriheiteteguri tuletamine.

- Kogutakse kordusproovid ja määratakse mullast Corg varu 30-l 2015 a turvasmuldadel põllu- ja püsirohumaadele rajatud proovialal. Kahe proovivõtmisperioodi vahel hinnatakse muldade Corg varus toimunud muutused ning tuletatakse riigispetsiifilised eriheitetegurid.

Kuna kordusproovide koordinaadid saadi alles 2024 a. sügisel, siis ei jõutud kõiki vajalikke proove võtta, kuid need võetakse ja analüüsitakse 2024 a. jooksul esimesel võimalusel.



7.2 Eesti kuivendatud metsamaa turvasmuldade (drained organic forest soils) heite ja süsinikuvaru dünaamika täpsem hindamine riiklikus kasvuhoonegaaside inventuuris

Vastutav täitja: Cris-Tiina Pärn

Kaastäitjad: Kaido Soosaar (TÜ)

Vastavalt Tartu Ülikooli uuringu I etapi vahearuandele teostati I etapis järgnevad tööd. Projekti esimesel aastal viidi läbi andmebaaside analüüs sobivate alade leidmiseks ning teostati uurimisalade valik vastavalt planeeritule. Mullastiku kaardi järgi leiti sobivad potentsiaalsed turvasmuldadega uurimisalad ning metsaregistri andmete alusel täpsustati puistu parameetreid. Alade kohapealse külastusega teostati alade lõplik valik.

Kokku tehakse mõõtmisi neljalt alalt:

- siirdesoo baasil kujunenud kõdusoo kaasik (Kaasik I)
- siirdesoo baasil kujunenud kõdusoo kuusik (Kuusik I)
- raba baasil kujunenud kõdusoo männik (Männik I)
- siirdesoo baasil kujunenud kõdusoo männik (Männik II)

Lisaks viidi 2021. aastal läbi olemasolevate seadmete (CO₂ analüsaator) hooldus/kalibratsioon, soetati puuduolevad seadmed ja materjalid/tarvikud ning tehti ettevalmistusi 2022 aastal algavateks välitöödeks.⁴⁰

2022 ja 2023 aastal jätkati (eraldi tegevus teise lepingu raames) metoodika väljatöötamiseks järgnevate tegevustega:

- Olemasolevate andmete ja uute mõõtmiste põhjal tuletatakse süsinikdioksiidid (CO₂), metaani (CH₄) ja diämmastikoksiidi (N₂O) hinnangud. Kokku on neli erineva kasvukohatüübiga mõõtmisala. Siirdesoo männikust mõõdetakse olemasolevatele CH₄ ja N₂O andmetele juurde CO₂ vood (heterotroofne hingamine). Siirdesoo kaasik ja kuusik ning raba baasil kujunenud kõdusoo männik on uued uurimisalad ning nendelt aladelt jätkatakse CO₂ (heterotroofne hingamine), CH₄ ja N₂O mõõtmisi üks kord kuus viielt mõõtepunktilt minimaalselt ühe aasta vältel.
- Siirdesoo kaasiku ja kuusiku ning rababaasil männiku proovitükkidelt kogutakse maapealse varise ja mulla proove ning mõõdetakse peenjuurte seisev biomass ja aastane produktsioon ühe aasta vältel ning lisatakse varumuutuse hinnangutesse.

⁴⁰ Eesti kuivendatud metsamaa turvasmuldade (drained organic forest soils) heite ja süsinikuvaru dünaamika täpsem hindamine riiklikus kasvuhoonegaaside inventuuris- I etapi vahearuanne



8 Prügilas põletatud ja OSISe/KOTKASE andmebaasis raporteeritud prügilagaasi koguste kontroll ja analüüs

Vastutav täitja: Kadi Meltz

Töö eesmärk oli teostada OSIS-es/KOTKAS-es raporteeritud prügilagaasi andmete ja ladestatud jäätmete JATSi/Tabelaus avaldatud andmete analüüs aegreal 2004-2021. Töö käigus kontrolliti ettevõtete keskkonnalubasid, ning nendes kirjeldatud prügilagaasi koguse raporteerimise metoodikat.

Töö käigus olid vaatluse all 8 prügilat, millelt kogutakse (või on kogutud perioodil 2004-2021) prügilagaasi:

- Paikuse prügila
- Uikala prügila
- Tallinna prügila
- Väätsa prügila
- Torma prügila
- Viljandi prügila (suleti 2009)
- Aardlapalu prügila (suleti 2009)
- Pääsküla prügila (suleti 2003) (kuna suleti enne vaatlusperioodi, siis ei ole hõlmatud detailsemasse analüüsi)

Ladestatud jäätmete analüüsi jaoks vajalikud algandmed saadi JATS (2004-2019)/Tableau (2020-2021) andmebaasist. Andmed prügilagaasi tootvate ettevõtete kohta saadi Keskkonnaagentuurist. Praegu tegutsevate ettevõtete keskkonnalaad ja -aruanded on kättesaadavad KOTKAS andmebaasis. Enne 2020. a tegevuse lõpetanud ettevõtete keskkonnalaad ja -aruanded (mis olid OSIS-e andmebaasis) saadi Keskkonnaagentuurist.

Üldist

Jäätmete ladestamine summaarselt on viimastel aastatel püsinud samal tasemel, kuid osakaaluna jäätmete kogutekkest on ladestamise osakaal vähenenud. 2021. aastal ladestati 34% nendest jäätmetest, mis tekkis. Väga suure osa ladestatud jäätmetest moodustavad põlevkivijäätmed (70-80%), kuid prügilagaasi tekkimise seisukohalt on oluline jälgida biolagunevate jäätmete ladestamise osakaalu ning nende ladestamine on viimastel aastatel langustrendis. 2021. aastal ladestati prügilasse ligi kolm korda vähem biolagunevaid jäätmeid kui kümme aastat tagasi.

Biolagunevate jäätmete ringlussevõtuks ei ole seni seatud Eesti ega Euroopa Liidu tasandil sihtarve ning neile kehtestatud jäätmete lakkamise kriteeriumide rakendamine on vähene, kuna selleks puudub sageli motivatsioon ja nõudlus saadava toote järele on kesine. Sihtarv on kehtestatud olmejäätmetele, mille hulka kuuluvad ka biolagunevad köögi- ja sööklajajäätmed ning aia- ja haljastujajäätmed. Alates 2020. aastast ei tohi prügilasse ladestatavate



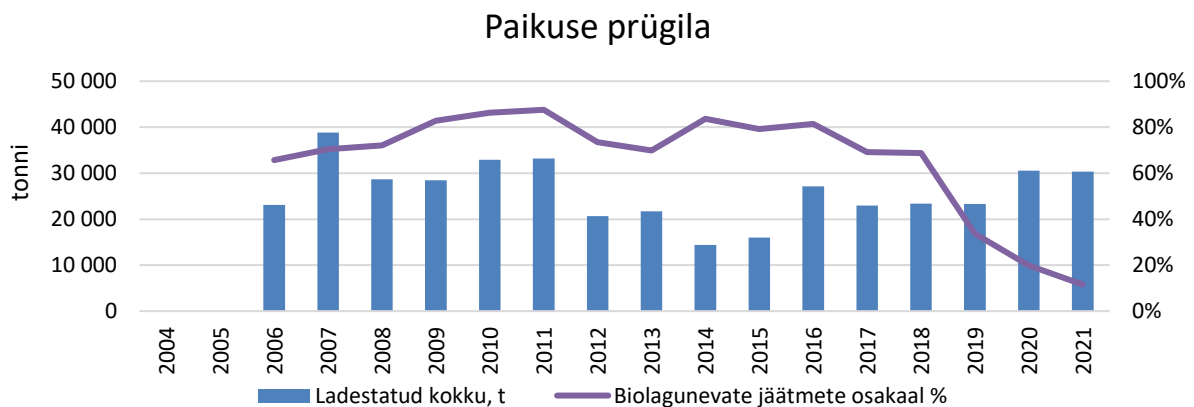
olmejäätmete hulgas olla biolagunevaid jäätmeid üle 20 massiprotsendi. (Riigi jäätmekava 2023-2028)

Järgnevalt on prügilate kaupa analüüsitud ladestatud jäätmete üldkoguseid, biolagunevate jäätmete osakaalusid (mitteinertsed materjalid, mille lagunemisel tekib metaan, sh toidujäätmed, puit, paber, reoveesete jm) ning prügilagaasi teket. Lisaks on eraldi vaadeldud prügilagaasi tekkimise potentsiaali, mis on hinnatud prügilagaasi tootvate ettevõtete õhusaasteloa lisas „lubatud heitkoguste projekt“ (edaspidi LHK projekt). Biolagunevate jäätmete hulka on arvestatud ka olmejäätmete biolagunev osa, mille osakaal põhineb SEI-Tallinn 2020. aasta sortimisuuringule (2020). Tuleb siiski silmas pidada, et sortimisuuring viidi läbi kogutud olmejäätmete prügikoormatest enne prügilasse jõudmist ehk enne kui prügila enda ladestamiseeseld sorteerimistoimingud läbi viis. See tähendab, et töös kasutatud biojäätmete ladestamise osakaalud võivad olla tegelikust väiksemad.

Paikuse prügila

Prügilagaasi kogutakse ainult I ladestusalalt, mille sulgemine on praegu pooleli. I ladestusala jäätmelade suurus on ca 5,6 ha, millest gaasikogumise süsteemiga on kaetud 1 ha. Ladestusala sulgemise käigus 2022-2023 rekonstrueeritakse gaasikogumise süsteem ning laiendatakse kogu 5,6 ha-le.

Paikuse prügila ladestatud jäätmete kogused on näha Joonis 85. Kuigi ladestatud jäätmete koguhulk ei ole viimastel aastatel langenud, siis biolagunevate jäätmete osakaal on langevas trendis (Joonis 85). Alates 2008. a suunatakse biolagunevad jäätmed ladestamise asemel kompostimisele ja 2016. aasta mais alustas prügila territooriumil tööd jäätmete sorteerimistehas, millesse suunatakse sorteerimiseks peamiselt segaolmejäätmeid ning kus eraldatakse sisendvoost erinevaid taaskasutatavaid materjale.

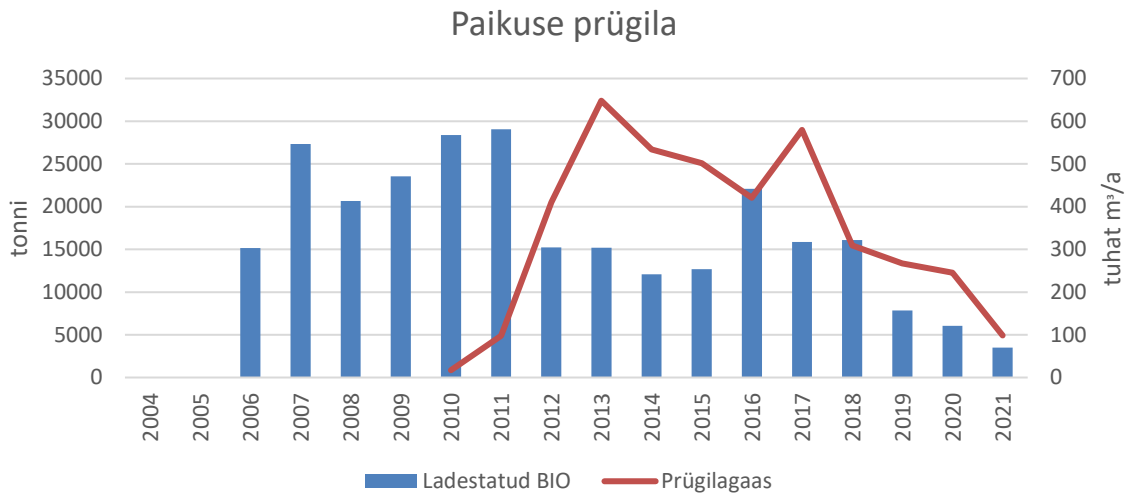


Joonis 85 Paikuse prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal

Prügilagaasi teket mõõdab kompressorjaama arvesti korrapärase ajavahemike tagant. 2017. aastal koostatud LHK projekti järgi (tulenevalt mõõtmistulemustest ja prognoositavast prügila täituvusest) ei ületa tõenäoliselt aastane prügilagaasi kogus kogu 5,6 ha suuruselt



ladestusalalt ca 267 tuh m³/a. Siiani mõõdetud prügilagaasi kogused 1 ha suuruselt alalt on näha Joonis 86. Prügilagaasi kogused olid maksimaalsed 2013. aastal (ca 650 tuh m³), kuid näiteks 2021 aastal juba 100 tuh m³.

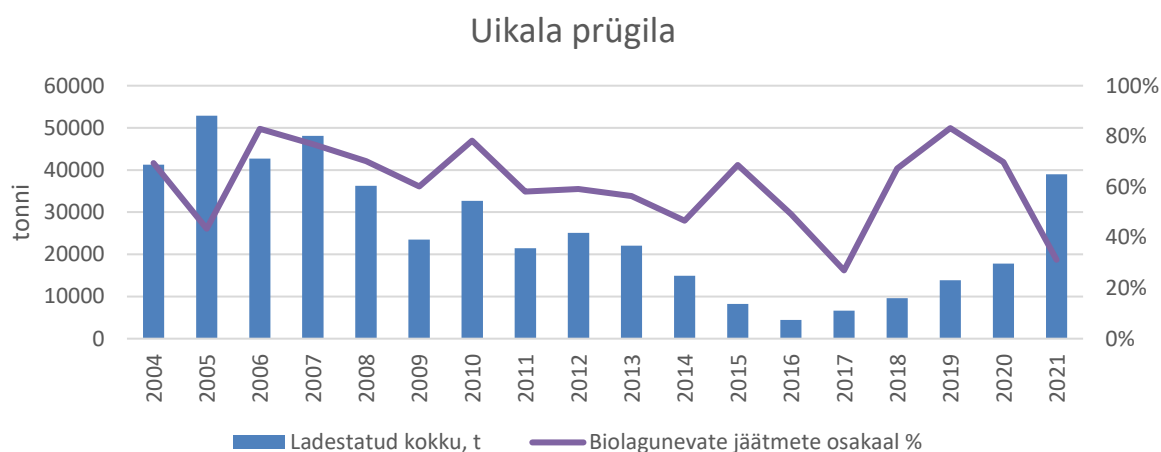


Joonis 86 Paikuse prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas 1 ha suuruselt alalt

Biolagunevate jäätmete ladestamise kogused on langustrendis ning 2018. a septembris viis Eesti Keskkonnauuringute Keskus läbi prügilagaasi tekke mõõdistamised aktiivsel (II) ladestusalal. Prügilagaasi teket ei tuvastatud ning seetõttu uutesse ladestusaladesse gaasi kogumissüsteemi ei rajata (juhul, kui gaasi peaks teatud määral tekkima, liigub see katendi gaasi ärajuhtekihti pidi kogumistorustikeni).

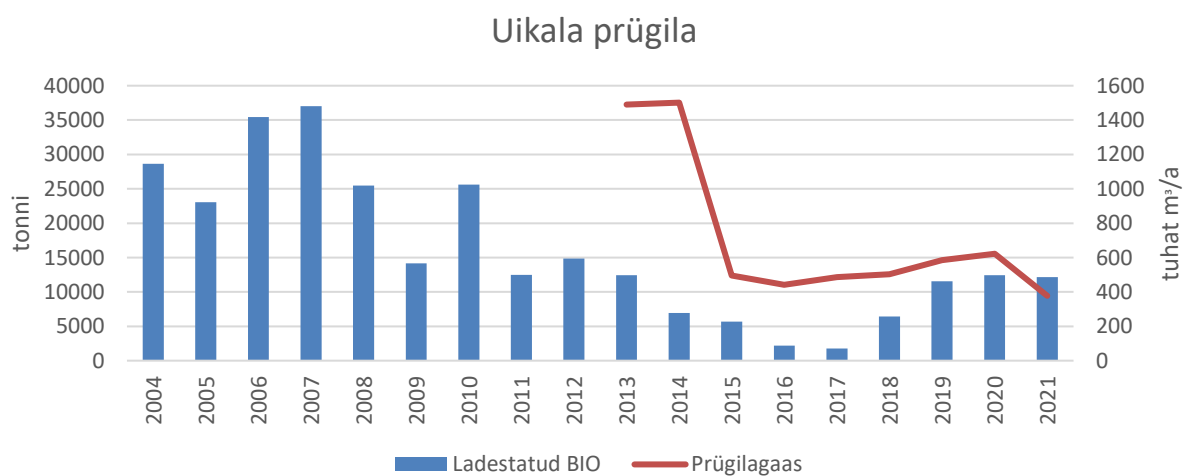
Uikala prügila

Uikala prügila neli ladestusala moodustavad kokku 8,8 ha. Ladestatud jäätmete kogused on näha Joonis 87. 2021. aastal suunati rohkem jäätmeid ladestusse, kuna muutunud Jäätmeseadusest lähtuvalt jäätmete töötlemiseelseks ladustamiseks tuli ettevõttel omada finantstagatis või EMAS registreering, mida ettevõtte ei omanud. Biolagunevate jäätmete osakaal on kõikunud 27-83% vahel ning viimasel paaril aastal olnud langustrendis.



Joonis 87 Uikala prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal

Prügilagaasi koguseid raporteerib Uikala prügila alates 2013. aastast kui valmis koostootmisjaam. Prügilagaasi koguseid mõõdetakse arvestiga. Paaril esimesel aastal jäid prügilagaasi kogused 1500 tuh/m³ juurde, langesid need alates 2015. aastast ca 3 korda ning on edaspidi püsinud 400-600 tuh/m³ juures (Joonis 88).



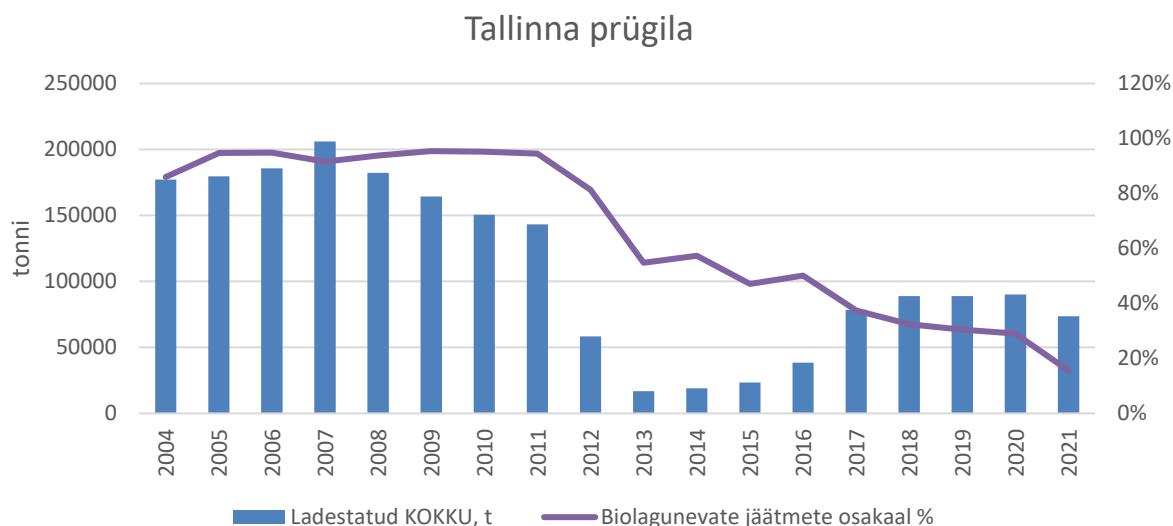
Joonis 88 Uikala prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuh m³

LHK projekti kalkulatsioonide kohaselt LandGEM mudeli järgi saavutab Uikala prügila maksimaalse gaasi tootlikkuse aastaks 2023. 2014 ja 2015 aastal arvutuslik maksimaalne teoreetiline prügilagaasi teke oleks pidanud olema ca 1 520 tuhat m³/a. Vastupidiselt prognoositule, on LandGEM mudelisega arvatud teoreetilised gaasi kogused palju suuremad kui päriselt mõõdetud kogused.

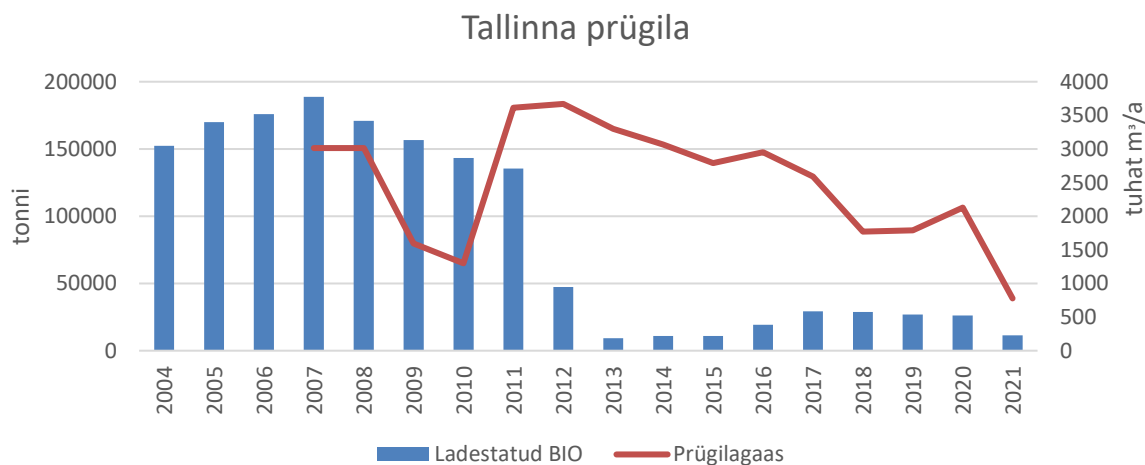
Tallinna prügila



Jäätmete ladestusala on kokku 20 ha, millest 2019. a seisuga on kasutusele võetud 14,2 ha (TJT Keskkonnaaruanne, 2021). Biolagunevate jäätmete osakaal on juba 10 aastat olnud langustrendis ning 2021. aastal oli biolagunevate jäätmete osakaal kõigist ladestatud jäätmetest 16% (Joonis 89).



Joonis 89 Tallinna prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal



Joonis 90 Tallinna prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuh m³

Prügilagaasi kogumiseks kasutatakse vertikaalseid gaasikogumiskaeve, mis on plastiktoru kaudu ühendatud kompressorjaamaga. Gaasi käideldakse koostootmisjaamas kütusena ja mootori seisakust tuleneva äkkheite vältimiseks on olemas gaasipõleti. Keskkonnaloa järgi tehakse prügilagaasi seiret vähemalt 1x kvartalis, see tähendab et raporteeritud prügilagaasi kogused on mõõdetud. EKUK 2019. a läbi viidud mõõtmiste tulemusel hinnati prügilagaasi kogumissüsteemi efektiivsuseks 85%.

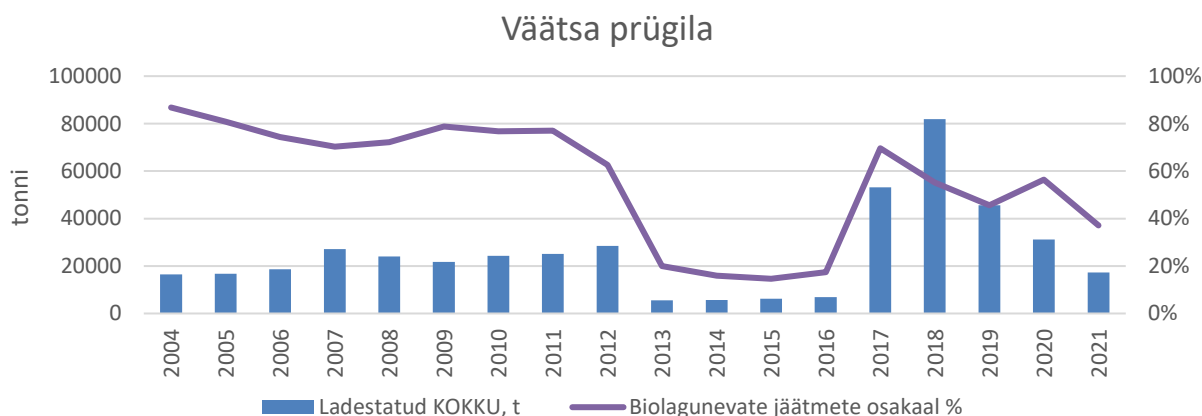


Kuna biolagunevate jäätmete ladestamise kogused on ligi 10 a olnud langustrendis, on selge, et prügilagaasi kogused jäävad aasta-aastalt väiksemaks (Joonis 90).

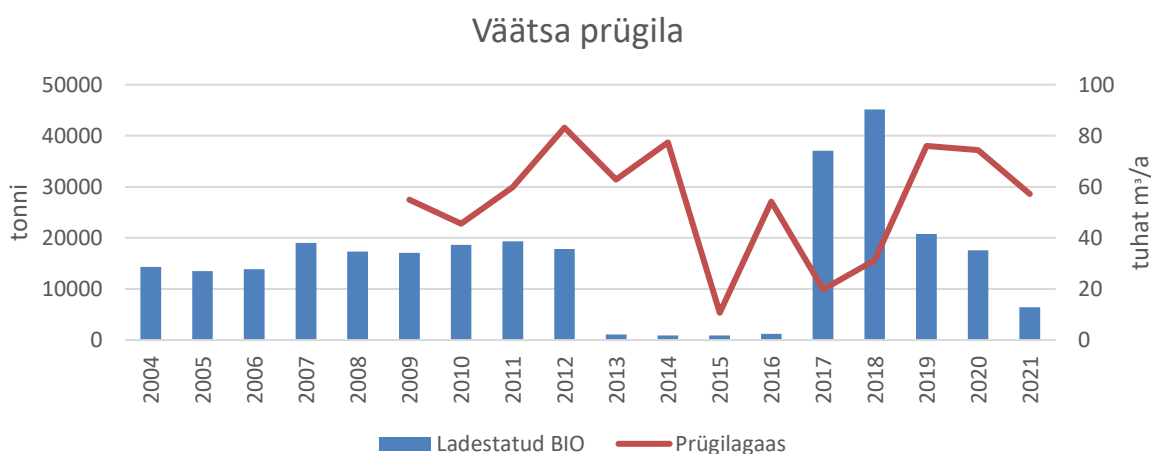
Arenduse käigus leiti koostöös Keskkonnaagentuuri eksperdiga, et 2011. aastal on TJT raporteerimata jätnud prügilagaasi koguse 796,48 tuh/m³. See vähendab CH₄ heitkogust riikliku KHG inventuuri ladestamise alakategoorias 0,31 kt (ümberarvutus lisatakse 2024. esildisse).

Väätza prügila

Jäätmelademe pindala on 3,5 ha, mis on kaetud horisontaalse prügilagaasi kogumise süsteemiga. Ladestatud jäätmete kogused on viimastel aastatel olnud langustrendis ning 2013-2016. a madalad tasemed on seotud Iru jäätmepõletustehase avamisega, kui suur osa jäätmetest sinna suunati (Joonis 91). Biolagunevate jäätmete osakaal on küll viimastel aastatel langustrendis, kuid näiteks 2021. aastal ladestati siiski veel 37% biolagunevaid jäätmeid.



Joonis 91 Väätza prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal



Joonis 92 Väätza prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuh m³



Prügilagaasi koguse mõõtmiseks kasutatakse AS Filter poolt paigaldatud gaasikoguse mõõtjureid, mis näitavad vastavalt põletisse suunatud gaasikogust ja katlamajja keskkütteks suunatud gaasikogust. Väätša prügilagaasi kogused on aastati väga palju kõikunud ning need on arvestades ladestusala suurust ning biolagunevate jäätmete osakaalu jäänud mingil põhjusel pigem tagasihoidlikuks.

Arenduse käigus tuli välja ka mitmeid ebakõlasid esitatud andmetes. Põhjalikult uuriti läbi ja võrreldi andmeid riiklikus statistikas, Väätša prügila EMAS keskkonnaaruannetes ning prügila kohta tehtud lõputöodes. Näiteks ettevõtte EMAS keskkonnaaruandes esitatud prügilagaasi andmed erinevad KOTKASes esitatud andmetest väga suurel määral (Tabel 107).

Tabel 107 Väätša Prügila AS andmed prügilagaasi kohta välisõhu saastamisega seotud tegevuse aruandes (KOTKAS) ning ettevõtte enda keskkonnaaruandes

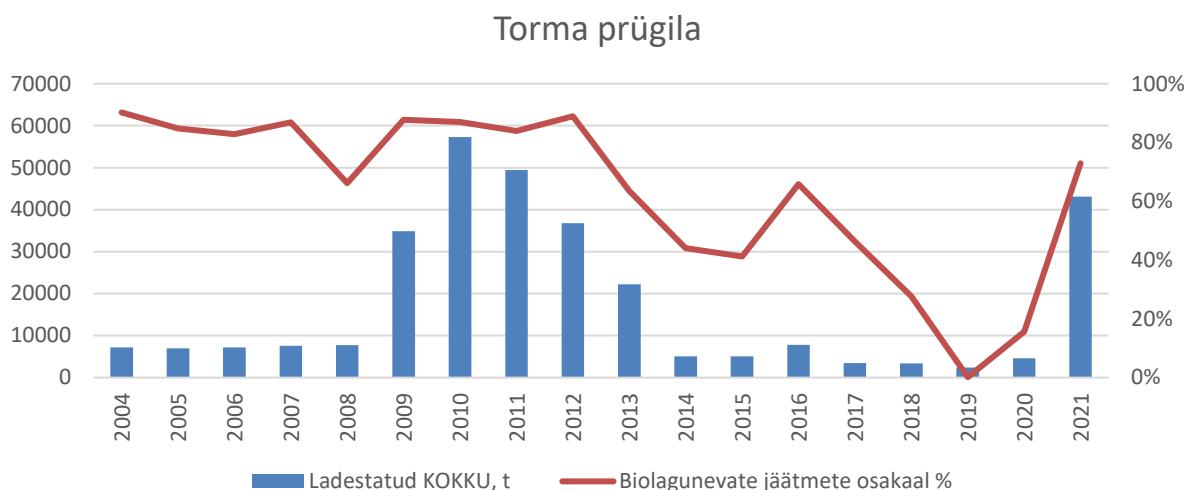
Prügilagaasi kogus (tuh m ³)	2017	2018	2019
Andmed KOTKAS-es	19.879	31.297	75.995
Ettevõtte keskkonnaaruanne (EMAS)	48.64	41.763	41.046

Arenduse käigus uuriti prügilalt erinevuste kohta, kuid päringule vastas ettevõtte lühidalt, et KOTKAS-es esitatud andmed on korrektsed ning põhjalikumalt andmete erinevust ei selgitanud.

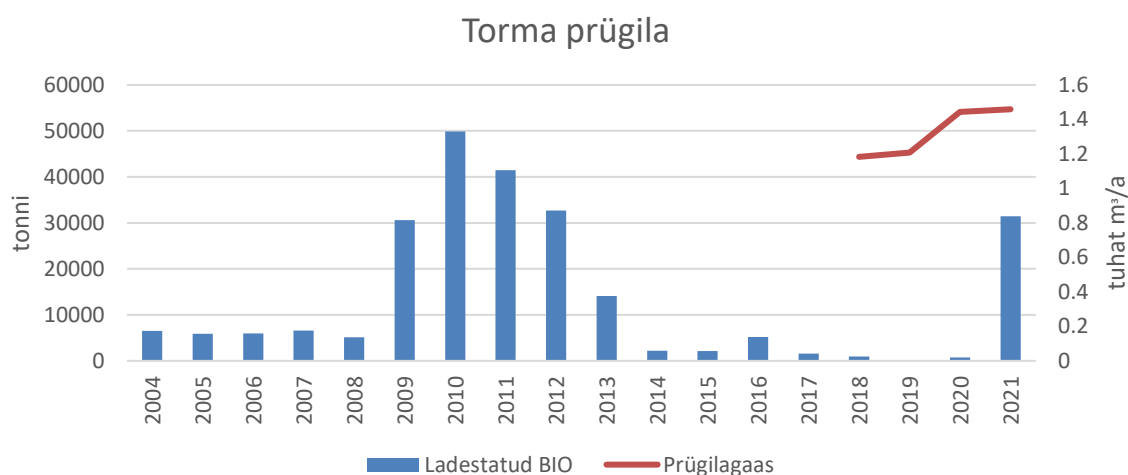
Lisaks leiti arenduse käigus, et ettevõtte on jätnud 2009. aastal prügilagaasi koguste kohta aruande esitamata. Selle korrektuuri ettevõtte tegi ja esitas andmed. Hinnanguline CH₄ heitkoguse langus riikliku KHG inventuuri ladestamise alakategoorias on 0,02 kt (ümberarvutus lisatakse 2024. esildisse).

Torma prügila

Prügila maa-ala üldpindala on 6,2 ha, millest jäätmete ladestusalad moodustavad 2,5 ha. Olemasolevad kolm ladestusala on ehitatud üksteisega kokku ja moodustavad terviku. Kokku on Torma prügilasse 2015. aasta seisuga ladestatud umbes 255 000 t jäätmeid, millest 120 000 t ladestati aastatel 2009-2012 (Joonis 93). 2013. aastast alates toimus ladestatud jäätmete koguse märkimisväärne vähenemine seoses nende taaskasutamise kasvu ja Iru jäätmepõletusjaama avamisega. 2021. aastal toimus hüppeline ladestatud jäätmete tõus eelkõige olmejäätmete ladestamise kasvu tõttu.



Joonis 93 Torma prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal



Joonis 94 Torma prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuhat m³

Aastast 2021 on oluliselt suurenenud võimekus ladestada Torma prügilasse suuremaid jäätmete koguseid seoses prügila 4-s ladestusala valmimisega.

2011-2012. aastal ehitati Torma prügilas välja aktiivne gaasikogumissüsteem, kuid 2014. aastal tehtud mõõtmiste käigus leiti, et eralduv prügilagaas on liiga lahja selleks, et seda aktiivselt koguda. 2015. aastal juhtus prügilagaasi kompressorjaamaga õnnetus, mistõttu polnud prügilagaasi aktiivne kogumine enam võimalik. Prügila sulgemistöde käigus rajatakse siiski uus prügilagaasi kogumissüsteem olenemata sellest, et prügilagaas on lahja. Jooksvalt toimub täiendavate gaasitorude paigaldamine teise ja kolmandasse (2022-2023) ladestusalasse ning prügila sulgemistööd. Kogutud gaas põletatakse küünalpõletis. Seega võib eeldada, et 2022+ aastatel on gaasikogused suuremad.

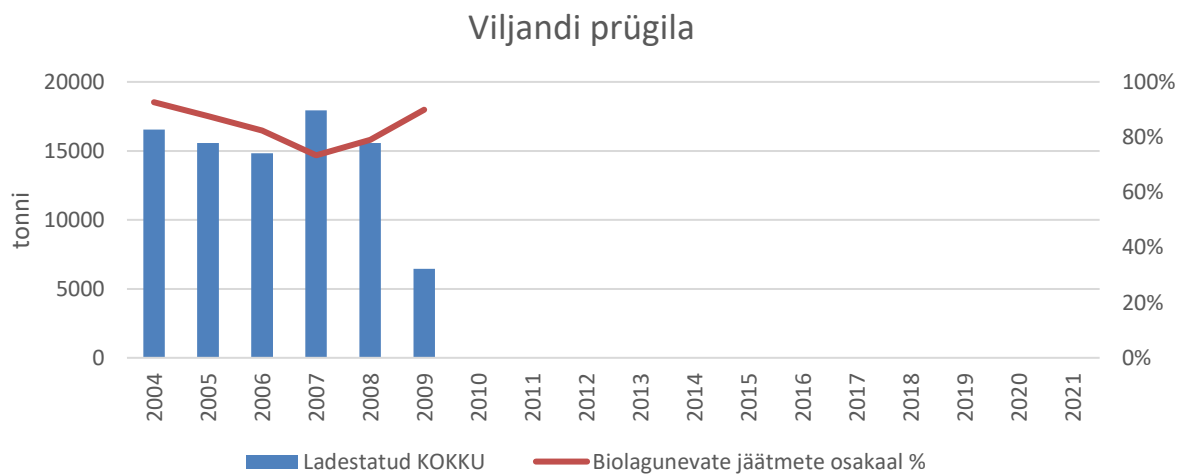


LHK projektis on prügilagaasi kogused prognoositud U.S. EPA tellimisel tehtud arvutusprogrammiga LandGEM (Landfill Air Emissions Model Version 3.02, Radian International LLC). Mudel on koostatud kasutades USA prügilate mõõtmisandmeid. Torma prügila gaasi koguste prognoosimisel on sisendandmetena kasutatud mõõteprotokolli andmeid. Heitkoguste arvutamisel arvestati 2017. aasta gaasikoguse kui võimaliku suurima kogusega. Mudeliga prognoositud prügilagaasi kogused on jäänud päriselt kogutud gaasi kogustest oluliselt tagasihoidlikumaks.

Arenduse käigus leiti, et ettevõtte on aastatel 2018-2019 raporteerinud oma prügilagaasi koguseid valede ühikutes. Andmete korrigeerimisega prügilagaasi kogused langevad ning CH₄ heitkogus tõuseb riikliku KHG inventuuri ladestamise alakategoorias vastavalt 0,47 ja 0,48 kt.

Viljandi prügila

Prügila katmis- ja sulgemistööd jõudsid lõpule 2012. aastal. Enne sulgemistööd oli prügilademe pindala umbes 6,5 ha, sulgemistööde käigus lükati prügi kokku 5,2 ha-le. Prügila tegutsemise ajal ei toimunud biojätmete nii suures mahus eeltötlust ning taaskasutamisele suunamist, seega oli ladestatud biojätmete osakaal igal aastal üle 80% (Joonis 95).

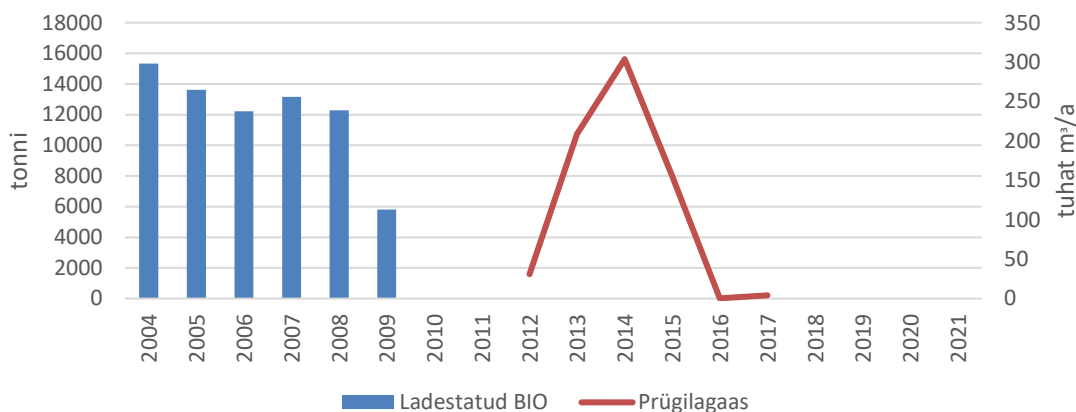


Joonis 95 Viljandi prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal

Viljandi prügila aastaaruannetes raporteeritud prügilagaasi kogused langesid järsult 2016. aastal, kui gaasikell läks rikki ning seda ei suudetud parandada.



Viljandi prügila



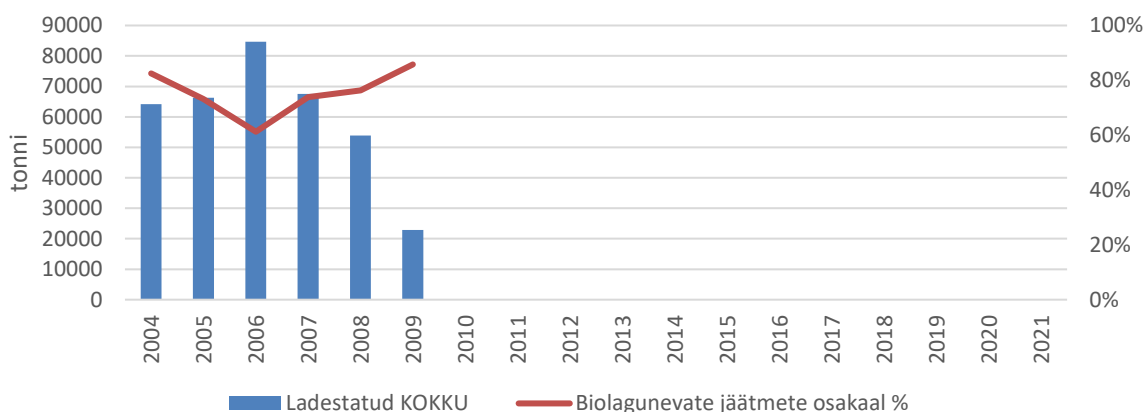
Joonis 96 Viljandi prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuh m³

Prügilagaasi kogumist alates 2018. a ei toimu, sest gaasipõletusküünla võimsus on 0,7 MW ning vastavalt keskkonnaministri määrusele nr 67 õhusaasteluba antud juhul enam ei ole nõutav kuna kaitise kõikide ühel tootmisterritooriumil asuvate põletusseadmete summaarne soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus kütuse põletamisel on vähem kui 1 MW.

Aardlapalu prügila

Jäätmelade suurus 14 ha. Prügila suleti 2009. aastal. 2023. a seisuga asub prügilas 2 biogaasil töötavat generaatorit. Koostootmisjaam töötab kuni 87% aastast ehk 7621 h/a. Prügilagaas kogutakse suletud Aardlapalu prügilast gaasikaevude ja torustiku abil. Aardlapalu prügilale on paigaldatud 20 gaasikaevu. Prügilast saadud biogaas põletatakse ära koostootmisjaamas.

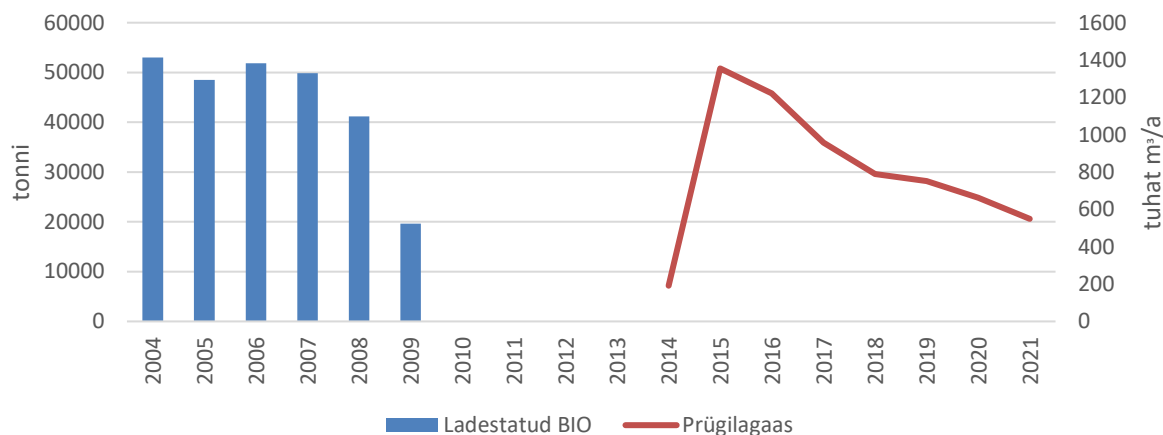
Aardlapalu prügila



Joonis 97 Aardlapalu prügilas ladestatud jäätmed kokku ning biolagunevate jäätmete osakaal



Aardlapalu prügila



Joonis 98 Aardlapalu prügilas ladestatud biolagunevad jäätmed ning tekkinud prügilagaas, tuh m³

Aardlapalu prügila prügilagaasi tekkekoguseid on hinnatud Tartu Aardlapalu prügila sulgemisprojekti keskkonnamõju hindamise aruandes kasudes Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitse Agentuuri poolt koostatud mudelit Landfill Gas Emission Model (LandGEM) v-3.02. Selle järgi oleks pidanud näiteks 2018. a prügilagaasi kogus olema 5 mln m³ aastas, kuid tegelik kogus oli üle 6 korra madalam.

Kokkuvõte

Arenduse käigus analüüsiti jäätmeid ladestatavate ja prügilagaasi koguvate ettevõtete keskkonnalube ja -aruandeid. Töö tulemusel saadi kinnitus, et pea kõigis prügilates väheneb biojätmete ladestamine – sellega seoses langevad ka prügilagaasi kogused. Prügilagaasi kogumissüsteemide välja arendamist nõutakse peamiselt suletud ladestutelt, kus biojätmete osakaal on olnud suurem. Uutele ladestusaladele, kus peetakse kinni biolagunevate jäätmete ladestamise piirmäärast, kogumissüsteeme ei planeerita.

Prügilagaasi kogumissüsteemi välja arendamise käigus toetatakse Eestis üldiselt potentsiaalsete gaasikoguste saamiseks teoreetilistele arvutustele, mis põhinevad Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitse Agentuuri poolt koostatud mudelil Landfill Gas Emission Model (LandGEM) v-3.02. Eesti prügilate näitel on selle mudeliga prognoositud prügilagaasi kogused oluliselt üle hinnatud.

Erinevate prügilate võrdluses on kogutud prügilagaasi kogused üldjuhul sarnased, arvestades prügila suurust ning ladestatud biojätmete osakaalu. Teistest eristub Torma prügila, mille mõõdetud gaasi kogused on jäänud mingil põhjusel väga madalaks. Eristub ka Väätša prügila, mille gaasi kogused on ettevõtte andmetel mõõdetud, kuid erinevates allikates raporteeritud erinevaid väärtusi.

Arenduse käigus korrigeeriti koostöös KAURI eksperdiga nelja aasta prügilagaasi koguseid (Tabel 108). Tulenevalt muutunud andmetest tehakse 2024. a KHG inventuuri ladestamise alakategooria ümberarvutused.

**Tabel 108** Arenduse käigus korrigeeritud prügilagaasi kogused ning heitkoguse muutus

	2009	2011	2018	2019
Raporteeritud prügilagaasi andmed, tuh m ³	0	0	1183	1207
Korrigeeritud prügilagaasi andmed, tuh m ³	55	796,48	1,183	1,207
CH ₄ heitkoguse muutus, kt	-0,02	-0,31	+0,47	+0,48

Kasutatud allikad

Riigi jäätmekava 2023-2028. [www] <https://kliimaministerium.ee/media/12031/download> (31.01.2024).

SEI – Tallinn. 2020. Segaalmejäätmete, eraldi kogutud paberi- ja pakendijäätmete ning elektroonikaromu koostise ja koguste uuring. [www] <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2020/10/sortimisuuringu-lopparuanne.pdf> (31.01.2024).

TJT Keskkonnuaruanne. 2021. [www] <https://tjt.ee/wp-content/uploads/2023/06/TJT-keskkonnuaruanne-2021-kujundatud.pdf> (31.01.2024).



9 KHG aruandluse arendustegevuste potentsiaalsed mõjud Eesti kasvuhoonegaaside heitkogustele 2022 a. seisuga

9.1 Energeetikasektori kodumajapidamiste ning suurte ja keskmiste põletusseadmete eriheitetegurite kontrollmõõtmised ja andmestike uuendamine KHG ja õhusaasteainete aruandluseks⁴¹

Projekti käigus teostati mõõtmised keskmistes ja väikestes põletusseadmetes ning koduahjudes. Mõõtmistulemuste alusel arvatud eriheitetegurid (PM2.5, BC, NH₃, CH₄ ja N₂O) võimaldavad teha parandusi ja täpsustusi kasvuhoonegaaside (KHG) ja õhusaasteainete inventuuris.

Enim mõjutab KHG inventuuri heitkoguseid kodumajapidamiste alamsektoris biomassi põletamisest eralduva CH₄ arvutamiseks vajaliku eriheiteteguri välja töötamine.

Kasvuhoonegaaside inventuuris kasutatakse hetkel energeetika sektori kodumajapidamiste alamsektoris biomassi põletamisest eralduva CH₄ arvutamiseks IPCC vaikeväärtust **300 kg/TJ** kohta.

Tabel 109 2018. aasta CH₄ heitkogused kodumajapidamiste alamsektoris

2018 kodumajapidamistes biomass põletamisest	
CH ₄	CO ₂ ekv
4.9038	122.6

Mitmetes Euroopa Liidu riikides on välja töötatud riigispetsiifilised eriheitetegurid biomassi põletamisest eralduva CH₄ arvutamiseks (toodud alljärgnevas tabelis). Lisaks on tabeli viimasesse tulpa lisatud, kui palju oleks selliste eriheitetegurite puhul Eesti heitkogus.

Tabel 110 Näiteid Euroopa Liidu riikide riigispetsiifilistest biomassi CH₄ eriheiteteguritest ning nende potentsiaalsest mõjust Eesti heitkogustele

RIIK	Biomassi põletamise CH ₄ eriheitetegur, kg/TJ	EESTI potentsiaalne heitkogus antud eriheiteteguri korral, kt CO ₂ ekv
Austria	113-200	46.18-81.73
Soome	116-200	47.40-81.73
Läti	83-131	33.92-53.53
Saksamaa	97	39.64
Keskmine	134.29	54.88

Maksimaalne potentsiaalne KHG vähenemine kodumajapidamise alamsektoris oleks sellisel juhul (eriheite 83 kg/TJ korral) 88 kt CO₂ ekv ja keskmine potentsiaalne KHG vähenemine oleks (eriheite 134.29 kg/TJ korral) 67.72 kt CO₂ ekv. Kodumajapidamise sektori heitkogused kuuluvad jagatud kohustuse määruse (nn ESR) heitkoguste alla seega aitaks projekti tegevus

⁴¹ Tegevuse tegemise aluseks on järgmiste tegevuste elluviimine: **1)** Energeetikasektori KHG ja õhusaasteainete inventuuri kohtkütte sektori ruumilise paiknemise ja sektoris kasutatavate kütteseadmete inventuur ja **2)** Kasvuhoonegaaside ja õhusaasteainete riigispetsiifiliste eriheitetegurite ajakohastamiseks kasutatavate mõõtesüsteemide täiendamine, sealhulgas mõõtevõimekuse suurendamine)



samas suuruses ka ESR heitkoguseid vähendada. Heitkoguste hind oleks olukorras kus CO₂ hind=25 eur/tCO₂ seega 67 720 t CO₂*25 eur/tCO₂ = 1 693 000 euri.

Esialgsete mõõtmistulemuste põhjal on uute ahjude mediaan CH₄ eriheide 10.91 kg/TJ ja N₂O 2.04 kg/TJ ning vanade ahjude puhul CH₄ eriheide 18.81 kg/TJ ja N₂O 2.42 kg/TJ. Arvestades uute ahjude osakaaluks Eestis 20% ja vanu 80%, siis võrreldes 2006 IPCC Tier1 meetodikaga on sääst ca 124.8 kt CO₂ ekv (võttes aluseks 2021 NIR 2018.aasta kohta). Heitkoguste hind oleks olukorras, kus CO₂ hind=25 eur/tCO₂ (tänapäevaks ca 50 eur/t CO₂) seega 124 803 t CO₂*25 eur/tCO₂ = 3 120 075 euri

Keskmise võimsusega põletusseadmete eriheidete uuendamisel oleks sääst ca 6.5 kt CO₂ ekv. Heitkoguste hind oleks olukorras, kus CO₂ hind=25 eur/t CO₂ (tänapäevaks ca 50 eur/tCO₂) seega 6 500 t CO₂*25 eur/tCO₂ = 162 500 euri

2022 a. uuendused

Kodumajapidamistes põletatud kütustest tulenevad kasvuhoonegaaside heitkogused lähevad arvesse jõupingutuste jagamise määruse eesmärgi täitmisel. Muudatus viiakse sisse 15.03.2023 inventuuri. Tulemusena väheneb KHG inventuuris kodumajapidamise kategooria KHG heitkogus 130.5 ktCO₂ ekv 2020.aastal (vt Tabel 100).

Tabel 111 Kodumajapidamiste KHG heitkogus 2020.aastal, kt CO₂ ekv

	kt CO ₂ ekv
2020.aasta heitkogus IPCC eriheitega	309.2
2020.aasta heitkogus riigispetsiifiliste eriheidetega	178.7
Muutus	-130.5

Projekti raames teostati 2020-2021 a. suurte (üle 50 MWth), keskmiste (1–50 MWth) ja kuni 1 MWth põletusseadme mõõtmised eesmärgiga energeetika sektori KHG ja õhusaasteainete inventuuride ühtlustamiseks ning täpsuse parandamiseks CH₄, N₂O, NH₃, PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{sum} ja BC eriheidete osas. Keskmiste põletusseadmete (1-50 MWth) biomassi, maagaasi, põlevkiviõli ja turba eriheidete täpsustamisega vähenesid kasvuhoonegaasid 2019. aasta näitel suurusjärgus 164 kt CO₂ ekvivalenti (vt Tabel 2). Uued eriheited võetud kasutusele 2021. aasta KHG inventuuris.

Tabel 112 Keskmiste põletusseadmete KHG heitkogus 2019 aastal, kt CO₂ ekv

	kt CO ₂ ekv
2019.aasta heitkogus IPCC eriheitega	6619.38
2019.aasta heitkogus riigispetsiifiliste eriheidetega	6455.04
Muutus	-164.34



9.2 Teiste liikuvate heiteallikate heitkoguste arvutuspõhimõtete ülevaatamine

Projekti eesmärgiks on täpsustada ja üle vaadata Eesti KHG ja õhusaasteainete inventuurides kajastavate liikuvate heiteallikate (tööstus, põllumajandus, kalandus, siseveetransport, raudteetransport, ärisektor ning kodumajapidamine, militaarsektor) arvutuspõhimõtted. Antud sektorite heitkogused on arvatud hetkeseisuga kõige lihtsamat meetodikat ehk Tier 1 kasutades.

Järgnevalt näide, kuidas antud tegevus mõjutaks KHG inventuuri sektori 1A4c ii. (Off-road vehicles and other machinery) heitkoguseid. Teiste liikuvate heiteallikate (sh näiteks ka põllumajandus- ja tööstussõidukid) kasvahoonegaaside heitkoguste arvutamiseks kasutatakse hetkel IPCC vaikeväärtusi, mis on bensiini puhul $CH_4=80$ kg/TJ ja $N_2O=2$ kg/TJ ja diisli puhul $CH_4=4.15$ kg/TJ ja $N_2O=28.6$ kg/TJ

Tabel 113 2018. aasta CH_4 ja N_2O heitkogused liikuvatest heiteallikatest (va maanteetransport, siseriiklik lennundus ja laevandus ning raudteetransport)

2018 CH_4 ja N_2O heitkogused teistest liikuvatest heiteallikatest		
CH_4	N_2O	kt CO_2 ekv
0.0116	0.0799	24.09

Tabel 114 Näiteid Euroopa Liidu riikide riigispetsiifilistest bensiini ja diisli CH_4 ja N_2O eriheiteteguritest ning nende potentsiaalsest mõjust Eesti heitkogustele

RIIK	bensiini CH_4 eriheitetegur, kg/TJ	bensiini N_2O eriheitetegur, kg/TJ	diisli CH_4 eriheitetegur, kg/TJ	diisli N_2O eriheitetegur, kg/TJ	EESTI potentsiaalne heitkogus antud eriheitetegurite korral, kt CO_2 ekv
Austria	31.64	1.07	1.84	13.7	11.53
Taani	155.9	1.46	0.89	3.53	2.999
Saksamaa	415.49	0.38	6.33	2.68	2.67
Tšehhi	21.58	7.15	5.21	2.45	2.40
Keskmine	156.15	2.515	3.57	5.59	4.90

Maksimaalne potentsiaalne KHG vähenemine teistest liikuvatest heiteallikatest oleks sellisel juhul (Tšehhi näide) 21.69 kt CO_2 ekv ja keskmine potentsiaalne KHG vähenemine oleks (eriheite 134.29 kg/TJ korral) 19.19 kt CO_2 ekv. Teiste liikuvate heiteallikate heitkogused kuuluvad jagatud kohustuse määruse (nn ESR) heitkoguste alla seega aitaks projekti tegevus samas suuruses ka ESR heitkoguseid vähendada. Heitkoguste hind oleks olukorras kus CO_2 hind=25 eur/t CO_2 seega 19 190 t CO_2 *25 eur/t CO_2 = 479 750 euri.



Esialgsete arvutustulemuste põhjal on 1A4c kategooria kaalutud keskmine CH₄ eriheide 2.41 kg/TJ ja N₂O 2.98 kg/TJ ning 1A2 kategooria kaalutud keskmine CH₄ eriheide 0.88 kg/TJ ja N₂O 3.17 kg/TJ. Võrreldes 2006IPCC Tier1 metoodikaga on sääst ca 29.35 kt CO₂ ekv (võttes aluseks 2021 NIR 2018.aasta kohta). Heitkoguste hind oleks olukorras, kus CO₂ hind=25 eur/tCO₂ (tänapäevaks ca 50 eur/t CO₂) seega 29 300 t CO₂*25 eur/tCO₂ = 732 500 euri.

9.3 Kariloomade söödaplaanide uuring

Põllumajanduse KHG ja õhusaasteainete inventuuri täpsustamiseks on vajalik kariloomade söödaplaanide uuring, et kaardistada hetkeolukorda ja sellest lähtuvalt välja töötada võimalusi sõnnikust pärinevate heitkoguste vähendamiseks, kasutades kvaliteetseid ja optimaalsel ajal valmistatud põhisoötasid ja tasakaalustatud proteiinisaldusega söötmise strateegiaid, mille puhul on tõestatud ammoniaagi ja KHG heitkoguseid vähendav mõju. Hetkel on KHG inventuuris põllumajandusloomade söödaratsioonide (söötade) kuivaine seeduvuse näitajad tõenäoliselt allahinnatud (piimalehmadel nt 67%). KHG inventuuride auditeerijad on toonud Eesti inventuuri puhul välja vastuolu, et Eestis on piima tootlikkus kõrge, mis aga ei kajastu söödaratsioonide ja söötade kuivaine seeduvuse näitajate muutuses, ning palunud sellele põhjendust. Üks viis põllumajandussektorist pärit KHG heitkoguseid täpsemaks muuta on söötade (eeskätt põhisoötade) seeduvuse jms kvaliteedinäitajate täpsustamine tüüpilistes söödaratsioonides. Kui saab tõestada, et söötade seeduvus ja kvaliteet on ajas paranenud, siis saab näidata vastavaid KHG heitkoguste ajaloolisi vähenemisi. Lisaks saaks sama täpsustuse sisse viia ka õhusaasteainete inventuuris ammoniaagi (NH₃) heite osas, kuigi see sõltub rohkem tehnoloogilisest poolest ja ratsioonide tasakaalustamisest.

Piimalehmade näitel

Soolesisese fermentatsiooni arvustuses kasutatav eriheitetegur sõltub järgnevatest teguritest:

- Kuivaine söömumus kg/aastas
- Söödaratsiooni kuivaine seeduvus, %
- Metaani konversioonifaktor, Y_m %

Tabel 115 Piimalehmade sööda kuivaine seeduvus Eestis

2018 Eesti KHG inventuuri piimalehmade sööda kuivaine seeduvuse protsent	2018 KHG koguheide põllumajandussektorist CO ₂ ekv
67%	1435.63

Tabel 116 Piimalehmade sööda kuivaine seeduvus teistes riikides

Riik	Piimalehmade sööda kuivaine seeduvuse protsent	EESTI potentsiaalsed KHG põllumajandussektorist, kt CO ₂ ekv
Soome	70%	1399.27
Iirimaa	75%	1348.01
IPCC juhised	Kontsentraadid 75-85%	1348.01- 1270.07 1650.97-1348.01



Riik	Piimalehmade sööda kuivaine seeduvuse protsent	EESTI potentsiaalne KHG põllumajandussektorist, kt CO ₂ ekv
	Heina, silo jms söödetaavad loomad 55-75%	
Soome ja Iirimaa keskmine	72.5%	1372.35

Teiste riikide näitel oleks keskmine potentsiaalne KHG vähenemine (seeduvuse 72.5% korral) 63.31 kt CO₂ ekv. Põllumajandus heitkogused kuuluvad jagatud kohustuse määrase (nn ESR) heitkoguste alla seega aitaks projekti tegevus samas suuruses ka ESR heitkoguseid vähendada. Heitkoguste hind oleks olukorras kus CO₂ hind=25 eur/tCO₂ seega 63 310 t CO₂*25 eur/tCO₂ = 1 582 750 euri.

Söödaplaanide uuringu tulemustest lähtuvalt on piimalehmade seedeprotsessidest pärineva KHG (metaani) emissioon aastate lõikes toodud alljärgnevas tabelis.

Tabel 117 Piimalehmade seedeprotsessidest pärineva CH₄ heide

Vana arvutuskeem			
	2018	2019	2020
Ratsiooni kuivaine seeduvus, %	67	67	67
CH ₄ , kt	13.5856	13.8455	14.0333
CO ₂ ekv, kt	339.6418	346.1375	350.8330
Uus arvutuskeem*			
	2018	2019	2020
Ratsiooni kuivaine seeduvus, %	68.9	68.9	70.2
CH ₄ , kt	13.0706	13.3206	13.1626
CO ₂ ekv, kt	326.7668	333.0163	329.0658
CO ₂ ekv vähenemine, kt	12.875	13.1212	21.7672
Kokkuhoid (25 €/tCO ₂), €	321875	328 030	544 180

*Parandatud lisaks loomade kehamassi näitajad, mis vanas arvutuskeemis olid allahinnatud. Kuivaine seeduvuse tõusust saadav efekt mõnevõrra väheneb.

Lähtuvalt söödaplaanide uuringust on võimalik näidata KHG emissiooni vähenemist ka noorveiste osas, tehes arvutused piima- ja lihaveiste noorloomade lõikes eraldi. Piimaveiste noorkarjale söödetakse tavapäraselt kõrgema kuivaine seeduvusega ratsioone. Probleemiks:

- Inventuuris kajastuvad noorloomade andmed (Statistikaamet) on summaarsed
- Inventuuri uues arvutuskeemis (Aether) lähtuvad kalkulatsioonid summaarsest noorloomade arvust



9.4 Biogaasi põllumajanduslikest ressurssidest tootmise KHG heite hindamise mudeli arendamine, algandmete kogumine, riigispetsiifilise eriheite väljatöötamine

Eestis on üheks suurema potentsiaaliga põllumajandusliku KHG heite vähendamise meetmeks hinnatud biogaasi tootmist. Sellest tulenevalt on vaja selle meetme vähendamismõju riiklikus KHG inventuuris võimalikult täpselt hinnata, milleks tuleks välja töötada biogaasi põllumajanduslikest ressurssidest tootmise KHG heite hindamise arvutusmudel, koguda vajalikud algandmed ning arendada välja riigispetsiifiline eriheide.

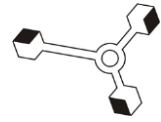
Riikide näitel, kes raporteerivad biogaasi tootmist põllumajanduslikest ressurssidest saame tuua Taani, kus on näha, et riiklike uuringute tulemusel on neil Eestiga võrreldes kasutusel oluliselt väiksemad metaani konversioonifaktorid nii kääritatud kui kääritamata sõnnikule, mis annab alust eeldada, et hetkel kasutusel olevad IPCC vaikeväärtused on ülehinnatud. Üheks oluliseks Biogaasi arendustöö väljundiks oleks ka algandmete täpsustamine.

Taani eriheiteteguritega Eesti potentsiaalse KHG heitkoguse vähendamine on välja selgitatud kasutades Kliimapoliitikapoliitika põhialustes 2050 kasutatud aluseeldusi, mis tähendaks, et 26% sea- ja 28,8% veisesõnnikust biogaasistatakse.

Tabel 118 Eesti potentsiaalne heitkogus Taani näitel

RIIK	Metaani konversioonifaktor kääritamata vedelsõnnik MCF (vähenemise potentsiaal)	Metaani konversioonifaktor biogaasistatud vedelsõnnik MCF (vähenemise potentsiaal)	EESTI potentsiaalne heitkogus antud eriheitetegurite korral, kt CO ₂ ekv
Taani	Sead 13.72% /veised 4.59%	Sead 10.45% /veised 2.61%	1410.68
Eesti 2020.a inventuur	Sead 17% / veised 10%	Metoodika puudub	1435.63 (KHG 2018. aasta tegelik heitkogus)

Antud näitel oleks potentsiaalne KHG vähenemine 24.95 kt CO₂ ekv. Heitkoguste hind oleks olukorras kus CO₂ hind=25 eur/tCO₂ seega 24 950 t CO₂*25 eur/tCO₂ = 623 750 euri. Hetkel KHG inventuuri põllumajandussektoris puudulike andmete tõttu KHG vähenemist sõnniku biogaasistamisest arvesse võetud ei ole.



10 Üldkoordineerimine

2023 a. tegevuste üldkoordineerimise eest vastutas EKUKi Öhu- ja kliimaosakonna andmeanalüüsi üksuse juht Marek Maasikmets. Iga tegevuse eest vastutas konkreetne spetsialist koos oma meeskonna või telliti teenus hanke korras sisse. Lisaks osalesid tegevustes EKUKi finantsjuht Aiki Alvet, raamatupidaja Ruth Saks ning hangete korraldamise eest vastutav Gina Metsla.



11 Kasutatud kirjandus

Cavallari, J., Osborn, L., Snawder, J., Kriech, A., Olsen, L., Herrick, R., McClean, M. 2011. Predictors of Airborne Exposures to Polycyclic Aromatic Compounds and Total Organic Matter among Hot-Mix Asphalt Paving Workers and Influence of Work Conditions and Practices.

Chong, D., Wang, Y.; Zhao, K., Wang, D., Oeser, M. 2018. Asphalt Fume Exposures by Pavement Construction Workers: Current Status and Project Cases.

Denier van der Gon, H., Bergström, R., Fountoukis, C., Johansson, C., Pandis, S.N., Simpson, D., Visschedijk, A.J.H., 2015. Particulate emissions from residential wood combustion in Europe – revised estimates and an evaluation. *Atmos. Chem. Phys.* 15, 6503-6519.

EEA, 2016. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories., in: European Environment Agency (Ed.), Technical report No 21/2016. European Environment Agency, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.

Eesti Asfaldiliit. 2020. Asfalt arvudes 2019.

Eklund, B. 1992. Practical Guidance for Flux Chamber Measurements of Fugitive Volatile Organic Emission Rates.

EMEP. 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019.

Faber, P., Drewnick, F., Borrmann, S. 2015. Aerosol particle and trace gas emissions from earthworks, roadconstruction, and asphalt paving in Germany: Emission factors and influence on local air quality.

Farshidi, F., Jones, D., Harvey, J. T. 2013. Warm-Mix Asphalt Study: Evaluation of Rubberized Hot- and Warm-Mix Asphalt with Respect to Emissions.

Farshidi, F., Jones, D., Kumar, A., Green, P., Harvey, J. 2011. Direct Measurements of Volatile and Semivolatile Organic Compounds from Hot- and Warm-Mix Asphalt.

Font, A., Baker, T., Mudway, I., Purdie, E., Dunster, C., Fuller, G. 2014. Degradation in urban air quality from construction activity and increased traffic arising from a road widening scheme. *The Science of the Total Environment* 497 - 498 (2014) 123 – 132

Hugener, M., Zeyer, K., Mohn, J. 2019. Reduced emissions of warm mix asphalt during construction.



IARC. IARC Monographs - 103. Bitumens and bitumen emissions.

IPCC. 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual.

Jamriska, M. ja Morawska, L. 2000. A model for determination of motor vehicle emission factors from on-road measurements with a focus on submicrometer particles. *The Science of the Total Environment* 264 (2001) 241 – 255.

Khare, P., Machesky, Y., Soto, R., He, M., Presto, A., Gentner, D. 2020. Asphalt-related emissions are a major missing nontraditional source of secondary organic aerosol precursors.

Kriech, A., Kurek, J., Wissel, H., Osborn, L., Blackburn, G. 2002. Evaluation of Worker Exposure to Asphalt Paving Fumes Using Traditional and Nontraditional Techniques.

Maanteeamet. 2014. Asfaldist katendikihtide ehitamise juhised.

Maanteeamet. 2017. Pindamisjuhised.

Maasikmets, Marek (2019). Determination of emission factors from anthropogenic particle sources for air emission and health impact assessment. (Doktoritöö, Eesti Maaülikool). Tartu: Eesti Maaülikool. DOI: 10.15159/emu.37.

Nilsson, P., Bergendorf, U., Tinnerberg, H., Nordin, E., Gustavsson, M., Strandberg, B., Albin, M., Gudmundsson, A. 2018. Emissions into the Air from Bitumen and Rubber Bitumen—Implications for Asphalt Workers' Exposure.

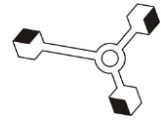
Nussbaumer, T., Klippel, N., Johansson, L., 2008. Survey on measurements and emission factors on particulate matter from biomass combustion in IEA countries, 16th European Biomass Conference and Exhibition, Valencia, Spain.

Ortolano, L. 1985. Estimating Air Quality Impacts. *Environmental Impact Assessment Review*, 5(1), 9-35.

Peng, P., Tong, X., Cao, S., Li, W., Xu, G. 2020. Carbon Emission Calculation Method and Low-Carbon Technology for Use in Expressway Construction.

Rubio, M., Moreno, F., Martínez-Echevarría, M., Martínez, G., Vázquez, J. 2013. Comparative analysis of emissions from the manufacture and use of hot and half-warm mix asphalt.

Seljeskog, M., Sevault, A., Østnor, A., Skreiberg, Ø., 2017. Variables Affecting Emission Measurements from Domestic Wood Combustion. *Energy Procedia* 105, 596-603.



Struschka, M., Kilgus, D., Springmann, M., Baumbach, G., 2008. Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung Umweltbundesamt.

TTÜ. 2015. Uued viisid bituumensideainete kvaliteediomaduste määramiseks ja võimalused nende rakendamiseks, pidades silmas konkreetsele objektile vastavaid kriteeriume sideaine eeldatavast elueast ja kasutuskohast lähtuvalt.

UK NAEI. 2020. Emission Factors Database.

US EPA. 1986. Measurement of Gaseous Emission Rates From Land Surfaces Using an Emission Isolation Flux Chamber, Users Guide.

US EPA. 2004. Emission Factor Documentation for AP-42 Section 11.1. Hot Mix Asphalt Plants Final Report.

US EPA. 2020a. AP-42: Compilation of Air Emissions Factors. Chapter 11.1. Hot Mix Asphalt Plants.

US EPA. 2020b. AP-42: Compilation of Air Emissions Factors. Chapter 4.5. Asphalt Paving Operations.

Wanga, F., Lia Na, Hoff, I., Wua, S., Lic, J., Barbierib, D., Zhan, L. 2020. Characteristics of VOCs generated during production and construction of an asphalt pavement.

VDI. 2007. VDI Guidelines VDI/DIN Reinhaltung der Luft, Band 3, VDI 2283 Emission reduction – Preparation plants for asphalt (asphalt mixing plants).

WebFIRE. 2020. US EPA Emission Factors Database WebFIRE.

Weiss, F., Baloh, P., Pfaller, C., Cetintas, E., Kaspergiebl, A., Wonaschütz, A. Dimitrov, M., Hofko, H., Rechberger, H., Grothe, H. 2018. Reducing paving emissions and workers' exposure using novel mastic asphalt mixtures.

Xiu, M., Wang, X., Morawska, L., Pass, D., Beecroft, A., Mueller, J., Thai, P. 2020. Emissions of particulate matters, volatile organic compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons from warm and hot asphalt mixes.

Xu, Y., Kåredal, M., Nielsen, J., Adlercreutz, M., Bergendorf, U., Strandberg, B., Antonsson, A-B., Tinnerberg, H., Albin, M. 2018. Exposure, respiratory symptoms, lung function and inflammation response of road-paving asphalt workers.



12 Lisad

Lisa 1 Käitiste üldandmed, sh mõõtmiste ajad ja põletusseadmete andmed mõõtmiste ajal 2020. aastal mõõdetud põletusseadmed

SW Energia OÜ heiteallikas:

- 05.02.2020 – Justsen Argus Flex 25 Ceramic 4.0

Anne Soojus AS heiteallikas:

- 02.03.2020 – Anne katlamaja, veekatel WA02

Enefit Green AS heiteallikas:

- 06.08.2020 – Iru elektrijaama jäätmepõletusplokk

UPM-Kymmene Otepää OÜ heiteallikas:

- 11.08.2020 – Kihtkoldega katel

Tariston AS heiteallikad:

- 24.08.2020 – Raadi ABT kuivatustrummel
- 27.08.2020 – Harku ABT kuivatustrummel

Valio Eesti AS Laeva meierei heiteallikad:

- 09.10.2020 – Kerge kütteõlikatel, põletiga (TTK-70)
- 10.10.2020 – Kerge kütteõlikatel, põletiga (Bosch)

Toftan AS heiteallikad:

- 27.10.2020 – Puidukatel eelkoldega, katel 1
- 28.10.2020 – Puidukatel eelkoldega, katel 2

Elering AS, Kiili GRJ heiteallikad:

- 03.11.2020 – Vitoplex 200, katel A
- 04.11.2020 – Vitoplex 200, katel B

Mo-Puit Jõgeva AS heiteallikas:

- 17.10.2020 – Veekatel AK1000S

Utilitas Eesti AS Haapsalu katlamaja heiteallikad:

- 01.12.2020 – Vertikaalne leek-suitsutorukatel (VP 14.06)
- 02.12.2020 – Vapor, 5 MW
- 03.12.2020 – Vapor, 10 MW

Utilitas Eesti AS Keila katlamaja heiteallikad:

- 08.12.2020 – Veekatel Danstoker
- 09.12.2020 – Vitomax 200

Viru-Nigula Saeveski AS heiteallikad:

- 10.12.2020 – K-2, Lin-Ka
- 11.12.2020 – K-1, Justsen

Adven Eesti AS, Kose katlamaja heiteallikad:

- 15.12.2020 – Pelletikatel K1
- 15.12.2020 – Pelletikatel K2

Mõõtmised Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ ahjulabori heiteallikad:

- 18.12.2020 – Umbkoldega ahi



2021. aastal mõõdetud põletusseadmed

Tamsalu Kalor AS heiteallikas:

- 07.01.2021 – Biokatel BIO-2,5

Adven Eesti AS heiteallikad:

- 13.01.2021 – Viruvere. Aurukatel, K-1
- 28.01.2021 – Kose-Uuemõisa. Veekatel, K1
- 28.01.2021 – Kose-Uuemõisa. Veekatel, K2
- 27.01.2021 – Viljandi Ekseko seafarm. Biokatel
- 27.01.2021 – Viljandi Ekseko seafarm. Katel, Vitpalex 200, SA-20
- 03.02.2021 – Viru-Nigula. Veekatel, nr 2

Anne Soojus AS heiteallikad:

- 15.02.2021 – Anne katlamaja. Katel W01, Veekatel, KB-M-35-150M/TF03
- 15.02.2021 – Anne katlamaja. Katel W02, Veekatel, KB-M-35-150M/TF03
- 16.02.2021 – Anne katlamaja. Katel W01 ja katel W02 peale pesurit
- 09.03.2021 – Puiestee katlamaja. Gaasikatel, Bosch UT-M 60 (100% koormusega)
- 09.03.2021 – Puiestee katlamaja. Gaasikatel, Bosch UT-M 60 (30% koormusega)
- 25.02.2021 – Aardla katlamaja. Katel K2, veekatel Danstoker
- 15.01.2021 – Ropka katlamaja. Katel K1, Noviter WT W40
- 15.01.2021 – Ropka katlamaja. Katel K2, Noviter WT W40

Tootsi Turvas AS heiteallikad:

- 14.01.2021 – Turba restkoldega katel, JU-MMV-15
- 12.02.2021 – Mooste. Hakkepuidu katel

Utilitas Eesti AS Jõgeva katlamaja heiteallikas:

- 20.01.2021 – Biokütuse katel Danstoker VHS 25-900

Enefit Green AS Paide Elektriijaama heiteallikad:

- 08.01.2021 – Koostootmisjaam, HA-40
- 22.02.2021 – Katel Wärtsilä Biograte

Jeld-Wen Eesti AS heiteallikas:

- 02.02.2021 – Katel LAKA, PS4000

Utilitas Tallinna Elektriijaam OÜ heiteallikas:

- 23.03.2021 – Restkoldega katel

Tabel 119 Muudatused võrreldes esialgse kooskõlastatud katelde nimekirjaga

Võimsusvahemik	Esialgset planeeritud	Tegelikult mõõdetud	Põhjendus
1-5 MW	Osaühing Weiss Aiand, Kivisõe katel restkoldega	Valio Laeva Meierei, Põlevkiviõli põletiga	Ettevõttelt Weiss Aiand ei saadud vastust projektis osalemise taotlusele
1-5 MW	Technomar & Adrem AS, puidu restkoldega	OÜ Nordwood, puidu restkoldega	Ettevõttega Technomar & Adrem ei saadud vastust projektis osalemise taotlusele



Võimsusvahemik	Esialgselt planeeritud	Tegelikult mõõdetud	Põhjendus
1-5 MW	OG Elektra Tootmine AS, Puidu põletiga (AK-1000)	Mo-Puit Jõgeva AS, puidukatel (AK-1000)	OG Elektra Tootmine AS poolt saadi info, et katel ei ole töökorras ja ei osatud anda infot kas ja millal saab katla töökorda
1-5 MW	AS Alexela Terminal, DKWT-320	Elering Kiisa GRJ, maagaasikatel põletiga	AS Alexela Terminal poolt saadud info kohaselt ei ole võimalik ettevõttel tagada projektis osalemiseks vajalikku koormust (maksimaalne 43%) ja tootjapoolne suitsugaaside mõõteava on 15 mm ning projekti mõõtmiseks vajaliku mõõteava tegemiseks on vaja rekonstrueerimise projekti, mis toob kaasa lisakulusid
5-20 MW	Fortum Eesti AS, hakkepuidu restkoldega	UPM Kymmene Otepää AS, hakkepuidu kihtkoldega	Fortum Eesti AS info kohaselt asub katel Pärnus ning on alates 7.03.2020 seisatud
5-20 MW	Stora Enso Eesti AS, hakkepuidu restkoldega	Toftan AS, hakkepuidu eelkoldega	Ettevõttelt Stora Enso Eesti AS ei saadud vastust projektis osalemise taotlusele
5-20 MW	"HORIZON" TSELLULOOSI JA PABERI AKTSIASELTS, raskekütteõli põletiga	Utilitas Eesti AS Haapsalu katlamaja, põlevkiviõli põletiga	Ettevõttelt "HORIZON" TSELLULOOSI JA PABERI AKTSIASELTS ei saadud vastust projektis osalemise taotlusele
5-20 MW	OÜ Baltic Forest, põlevkiviõli põletiga	Utilitas Eesti AS Haapsalu katlamaja, hakkepuidu vertikaalne leek-suitsutorukatel	Ettevõttelt Stora Enso Eesti AS OÜ Baltic Forest ei saadud vastust projektis osalemise taotlusele
5-20 MW	osaühing ESTOVER PIIMATÖÖSTUS, raskekütteõli põletiga	Utilitas Eesti AS Jõgeva katlamaja, hakkepuidu katel (2021 mõõtmine)	Ettevõtte OÜ ESTOVER PIIMATÖÖSTUS info kohaselt ei ole katlal mõõtmisteks vajalikke mõõteavasid
20-50 MW	AS Utilitas Tallinn, puidukatel põletiga	AS Utilitas Tallinna Elektriijaam,	Objekti ülevaatuse käigus selgus, et AS Utilitas Tallinn puidukatlal on kahe katla peale



Võimsusvahemik	Esialgset planeeritud	Tegelikult mõõdetud	Põhjendus
		hakkepuidu katel (2021 mõõtmine)	ühine suitsukäik ja katlad töötavad tavaolukorras samaaegselt mistõttu ei ole võimalik eristada ühe katla põlemisgaaside koostist teise katla omadest
20-50 MW	AS LIWATHON E.O.S. Trendgate terminal	Anne Soojus AS gaasikatel	Objekti ülevaatus käigus selgus, et puuduvad mõõtmisteks vajalikud mõõteavad
20-50 MW	AS LIWATHON E.O.S. Termoil termoil	Anne Soojus AS gaasikatel	Objekti ülevaatus käigus selgus, et puuduvad mõõtmisteks vajalikud mõõteavad
1-5 MW	SW Energia OÜ	Adven Eesti AS Ekseko seafarmi hakkepuidu katel	Ettevõttelt SW Energia OÜ ei saadud vastust projektis osalemise taotlusele

Tabel 120 Adven Eesti AS Kose katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Adven Eesti AS
Registrikood	10066299
Telefon	5380 0080
E-post	kauri.koster@adven.com
Mõõtmiste koht	Pikk 4b, Kose

Tabel 121 Katel 1 parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	ARIMAX BIO 1500
Heiteallika tüüp	Veekatel, nr 1
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	ca 1666 kW (output on 1500 kW)
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Puidupellet - tööstuslik
Kütuse kütteväärtus	4,6 kWh/kg



Seadme režiim mõõtmiste ajal	Ühtlane koormus
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	~825 kW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	tsüklon
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus*	~55%
Temperatuur koldes	Ei ole teada
Temperatuur pärast katelt	Suitsugaasid ~150 °C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

Tabel 122 Katel 2 parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	ARIMAX BIO 1500
Heiteallika tüüp	Veekatel, nr 2
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	ca 1666 kW (output on 1500 kW)
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Puidupellet - tööstuslik
Kütuse kütteväärtus	4,6 kWh/kg
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Ühtlane koormus
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	~870 kW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	tsüklon
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus*	~58%
Temperatuur koldes	Ei ole teada
Temperatuur pärast katelt	Suitsugaasid ~150 °C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

Tabel 123 AS Viru-Nigula Saeveski üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	AS Viru-Nigula Saeveski
Registrikood	12325144



Telefon	53304828
E-post	Jyri.Nigul@nordwood.ee
Mõõtmiste koht	Viru-Nigula

Tabel 124 Katel Lin-Ka parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Liikuvate restidega katel Linka
Heiteallika tüüp	Multimiser 21
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	2,5MW
Lisainfo	Max. Võimsus 2,775MW
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	hakkepuut
Kütuse kütteväärtus	Ei tea
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Keskmine koormus
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	1,125-1,875 MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Tsüklon
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	Jah
Katlaseadme koormus*	45-75%
Temperatuur koldes	Ei saa mõõta
Temperatuur pärast katelt	Suits 200, Vesi 112
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	

Tabel 125 Katel Justsen parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Liikuvate restidega katel Justsen
Heiteallika tüüp	Multimiser 19
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	1,7MW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	hakkepuut
Kütuse kütteväärtus	Ei tea
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Keskmine koormus



Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	0,851 MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Tsüklon
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	Jah
Katlaseadme koormus*	50%
Temperatuur koldes	Ei saa mõõta
Temperatuur pärast katelt	167
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	

Tabel 126 Utilitas Eesti AS Keila katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	AS Utilitas Eesti
Registrikood	10419088
Telefon	6107107
E-post	info@utilitas.ee
Mõõtmiste koht	Keila Põhja 27

Tabel 127 Hakkepuidu katla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Danstoker
Heiteallika tüüp	Veekatel
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	7MW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Putkutus/hakke
Kütuse kütteväärtus	
Seadme režiim mõõtmiste ajal	
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Multitsüklon + suitsugaaside kondensaator
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	töötas
Katlaseadme koormus*	
Temperatuur koldes	960
Temperatuur pärast katelt	160



Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

Tabel 128 11,2 MW Põlevkiviõlikatla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Viessmann
Heiteallika tüüp	Veekatel Vitomax200
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	11,2
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	põlevkiviõli
Kütuse kütteväärtus	39,25
Seadme režiim mõõtmiste ajal	-
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	8,08
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	-
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	-
Katlaseadme koormus*	72%
Temperatuur koldes	-
Temperatuur pärast katelt	-
Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	-
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	

Tabel 129 Utilitas Eesti AS Haapsalu katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Utilitas Eesti AS Haapsalu osakond
Registrikood	10419088
Telefon	5032724
E-post	rein.paju@utilitas.ee
Mõõtmiste koht	Niine 34 Haapsalu

Tabel 130 5,68 MWth põlevkiviõli katla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	



Heiteallika nimetus	Horisontaalne leek-suitsutorukatel
Heiteallika tüüp	Vapor
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus MWth	5,68
Lisainfo	-
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Põlevkiviõli
Kütuse kütteväärtus MJ/kg	38,76
Seadme režiim mõõtmiste ajal	-
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	-
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Puuduvad
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	Ei
Katlaseadme koormus* MW	2,9
Temperatuur koldes	-
Temperatuur pärast katelt C	94
Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	-
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	-

Tabel 131 11,36 MWth põlevkiviõli katla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Horisontaalne leek-suitsutoru katel
Heiteallika tüüp	VAPOR
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus MWth	11,36
Lisainfo	-
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Põlevkiviõli
Kütuse kütteväärtus MJ/kg	38,76
Seadme režiim mõõtmiste ajal	-
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	-
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Puuduvad
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	Ei
Katlaseadme koormus* MW	3,8
Temperatuur koldes	-



Temperatuur pärast katelt C	100
Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	-
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	-

Tabel 132 MO-Puit Jõgeva AS üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Mo-Puit Jõgeva AS
Registrikood	10471829
Telefon	7762820
E-post	Janar(at)meklar.ee
Mõõtmiste koht	Kurista tootmise katlamaja

Tabel 133 Katel AK1000S parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Katel (veekatel)
Heiteallika tüüp	Veekatel
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	1000kw (1mw)
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Kase hõvellaast
Kütuse kütteväärtus	-
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Käevitus režiim
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	Max 1000kw
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Multitsüklon
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	Jah
Katlaseadme koormus*	Max
Temperatuur koldes	-
Temperatuur pärast katelt	-
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	

**Tabel 134 Elering Kiili GRJ üldandmed**

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Elering AS
Registrikood	11022625
Telefon	71 51 222
E-post	info@elering.ee
Mõõtmiste koht	Kiili GRJ

Tabel 135 Gaasiküttekatel A parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Gaasiküttekatel A
Heiteallika tüüp	Vitoplex 200
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	1100 KW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Maagaas
Kütuse kütteväärtus	9,978 kWh/m ³
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Suvine
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	330KW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Ei ole
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	Ei
Katlaseadme koormus*	30%
Temperatuur koldes	87 C
Temperatuur pärast katelt	
Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

Tabel 136 Gaasiküttekatel B parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Gaasiküttekatel B
Heiteallika tüüp	Vitoplex 200



Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	1100 KW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Maagaas
Kütuse kütteväärtus	9,978 KWh/m ³
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Suvine
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	330KW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Ei ole
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	Ei
Katlaseadme koormus*	30%
Temperatuur koldes	87 C
Temperatuur pärast katelt	
Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

Tabel 137 Toftan AS üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	AS Toftan
Registrikood	10135758
Telefon	7827800
E-post	toftan@toftan.ee
Mõõtmiste koht	Varese küla, Võru vald, Võru maakond

Tabel 138 8 MW eelkoldega puidukatla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Toftan 8MW
Heiteallika tüüp	Puidukatel, eelkoldega
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	8
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	puidukoor+hake
Kütuse kütteväärtus	-



Seadme režiim mõõtmiste ajal	stabiilne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	8MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	multitsüklon
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus*	8MW
Temperatuur koldes	1050
Temperatuur pärast katelt	164
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	-

Tabel 139 5MW eelkoldega puidukatla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Toftan 5MW
Heiteallika tüüp	Puidukatel, eelkoldega
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	5
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	hake
Kütuse kütteväärtus	-
Seadme režiim mõõtmiste ajal	stabiilne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	4,7MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	multitsüklon
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus*	4,7 MW (+/- 0,3)
Temperatuur koldes	1000
Temperatuur pärast katelt	150
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	-

Tabel 140 Valio Eesti AS üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Valio Eesti AS
Registrikood	10261303



Telefon	+372 628 5700
E-post	valio@valio.ee
Mõõtmiste koht	Tartumaa, Tartu vald, Valmaotsa küla

Tabel 141 Katel TTK-70 parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
TTK-70 (09.09.20, kell 11:10-17:41)	
Heiteallika nimetus	
Heiteallika tüüp	Kerge kütteõlikatel, põletiga
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	1,9 MW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Põlevkiviõli VKG C
Kütuse kütteväärtus	41,5 MJ/kg
Seadme režiim mõõtmiste ajal	töörežiim
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	-
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Ei ole
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	ei
Katlaseadme koormus*	>80%
Temperatuur koldes	-
Temperatuur pärast katelt	184,6
Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	640,5 liitrit (mõõtmise aja kulu)
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	-

Tabel 142 Katel BOSCH parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
BOSCH (10.09.20, kell 11:24-17:53)	
Heiteallika nimetus	
Heiteallika tüüp	Kerge kütteõlikatel, põletiga
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	2,1 MW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	



Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Põlevkiviõli VKG C
Kütuse kütteväärtus	41,5 MJ/kg
Seadme režiim mõõtmiste ajal	töörežiim
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	-
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Ei ole
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	ei
Katlaseadme koormus*	30-100 %
Temperatuur koldes	-
Temperatuur pärast katelt	
Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	509,5liitrit (mõõtmise aja kogukulu)
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	-

Tabel 143 Tariston Harku ABT üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Tariston AS
Registrikood	1088 7843
Telefon	+372 650 1000
E-post	tariston@tariston.ee
Mõõtmiste koht	Tammi tee 53, Vatsla küla, Saue vald, Harjumaa

Tabel 144 Harku ABT parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Asfalditehas
Heiteallika tüüp	Kuivatustrummel
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	18,4MW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Gaas
Kütuse kütteväärtus	10,01(kWh/m ³) keskmine
Seadme režiim mõõtmiste ajal	85% tehase max võimsusest
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	80%
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	puuduvad



Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	Kottfilter
Katlaseadme koormus*	70-85%
Lisainfo	
Temperatuur koldes	
Temperatuur pärast katelt	88C
Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)	5702,68m ³ mõõtmise tööpäeval
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	

Tabel 145 Tariston Raadi ABT üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Tariston AS
Registrikood	1088 7843
Telefon	53038059
E-post	Tiit.aaslepp@tariston.ee
Mõõtmiste koht	Tila küla, Tartu vald, Tartumaa

Tabel 146 Tariston Raadi ABT parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Asfalditehas
Heiteallika tüüp	Kuivatus trummel
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	15MW
Lisainfo	-
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Põlevkiviõli
Kütuse kütteväärtus	11,2kw/kg
Seadme režiim mõõtmiste ajal	92%
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	-
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Kottfilter
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	Jah
Katlaseadme koormus*	-
Lisainfo	-
Temperatuur koldes	-
Temperatuur pärast katelt	103



Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)	8,2
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-

Tabel 147 UPM-Kymmene Otepää OÜ üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	UPM-Kymmene Otepää OÜ
Registrikood	10664333
Telefon	59190002
E-post	arti.unt@upm.com
Mõõtmiste koht	Biokatlamaja

Tabel 148 Kihtkoldega katla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
11.08.2020 (kell 13:09-13:15)	
Heiteallika nimetus	Aurukatel
Heiteallika tüüp	Kihtkoldega katel
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	10MW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Kase puukoor, vineeri jäägid
Kütuse kütteväärtus	16,3MJ/kg
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Automaatrežiim
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	9,5MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Multitsüklon
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	Jah
Katlaseadme koormus*	95-100%
Temperatuur koldes	995 °C
Temperatuur pärast katelt	307°C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	

Tabel 149 Enefit Green AS Iru elektrijaama üldandmed

Üldandmed	
-----------	--



Ärinimi/nimi	AS Enefit Green Iru elektrijaam
Registrikood	11184032
Telefon	5037066
E-post	dmitri.sirokov@enefitgreen.ee
Mõõtmiste koht	Peterburi tee 105, 74114 Maardu

Tabel 150 Jäätmepõletusploki parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	koldetuhk
Heiteallika tüüp	koldetuhk
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	80 MW
Lisainfo	jäätmepõletusplakk
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	segaolmejäätmed
Kütuse kütteväärtus	8-14,5 MJ/kg
Seadme režiim mõõtmiste ajal	nominaalne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	ca 50 MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Iru JEP-s kasutatakse suitsugaaside puhastamiseks aktiveeritud söe lisamist, lubjapiimaga suitsugaaside pesemist, kustutatud lubja lisamist ning viimase astmena toimub kottfiltrites lendtuha püüdmine.
Kas püüdeseadme töötab mõõtmiste ajal	töötab pidevalt
Katlaseadme koormus*	ca 80 MW
Temperatuur koldes	ca 950 C°
Temperatuur pärast katelt	ca 140 C°
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-//-
Lisainfo	Vt. lisatud aruanne

**Tabel 151 Anne Soojus AS üldandmed**

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	AS Anne Soojus
Registrikood	10051872
Telefon	7337100
E-post	mail@fortumtartu.ee
Mõõtmiste koht	Soojuse tee 13, 62207 Lohkva, Luunja vald Aardla tänav 113, 50415 Tartu

Tabel 152 Katel WA02 parameetrid mõõtmiste ajal

V-1, peale pesurit – 02.03.2020 (12:00-14:30)	
Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Anne katlamaja veekatlad WA02 ja WA01
Heiteallika tüüp	KB-M-35-150M/TF03 (2 tk)
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	2x 20,9 MW
Lisainfo	kasutegur 86 %
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	freesturvas
Kütuse kütteväärtus	19,0 MJ/kg, kuivaine alumine.
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Normaalne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	0 MW WA01 / 14,79 MW WA02
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	töötasid elektrifilter ja suitsugaaside pesur
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus	0 % 82 % %
Lisainfo	töötas üks katel WA02

Tabel 153 SW Energia leektorukatla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Nimetus	Justsen Argus Flex 25 Ceramic 4,0
Katla tüüp	Leektorukatel
Põleti tüüp	-
Valmistaja	Danstokker
Väljalaske- või tarnimise aeg	2018



Nominaalvõimsus (MW)	4 MW	
Kasutegur	85%	
Muud		
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta		
	projekt	tegelikult
Kütusekulu, kg/s		0,319 kg/s
Kütuse liik		hakkepuit
Kütuse rõhk enne põletit, bar		-
Kütuse temperatuur, °C		24
Auru/õhu rõhk kütuse pihustamisel, bar		-
Aurutootlikkus, kg/s		-
Rõhk koldes, kPa		Hõrendus 0,03 kPa
Suitsugaaside temperatuur, °C		145-150
Primaarõhu rõhk, kPa		ei mõõdeta
Üldrõhu rõhk, kPa		Ei mõõdeta
Katlaseadme koormus, %		65-75%
Häired seadme töös		-
Muud:		-

Tabel 154 Tamsalu kalor AS üldandmed

Üldandmed	
Äriniimi/nimi	Tamsalu Kalor AS
Registrikood	10246506
Telefon	5053151
E-post	tamsalu.kalor@neti.ee
Mõõtmiste koht	Ääsi 9, Tamsalu, Tapa vald

Tabel 155 Tamsalu kalor AS biokatla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Tamsalu katlamaja
Heiteallika tüüp	Biokatel BIO-2,5
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	2,5 MW
Lisainfo	



Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Hakkepuit
Kütuse kütteväärtus	
Seadme režiim mõõtmiste ajal	
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	2,3 MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Multitsüklon ja suitsugaaside pesur
Kas püüde seade töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus*	2,3 MW
Temperatuur koldes	800°C
Temperatuur pärast katelt	150°C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	0,4 MW
Lisainfo	

Tabel 156 Adven Eesti AS Viruvere katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Adven Eesti AS
Registrikood	10066299
Telefon	5380 0080
E-post	kauri.koster@adven.com
Mõõtmiste koht	Kase, Viruvere, 48435, Jõgeva vald

Tabel 157 Adven Eesti AS Viruvere aurukatla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
13.01.2021, kell 11.55–16.53	
Heiteallika nimetus	Agro Forst und Energietechnik GmbH, AVR- LD- KS
Heiteallika tüüp	Aurukatel, K-1
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	17,65 MW _{th}
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Segu – puukoor, vineerihake, metsahake
Kütuse kütteväärtus	Ca 8,75 MJ/kg
Seadme režiim mõõtmiste ajal	töös



Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	2,0 - 7,0 MW, keskmine 3,5 MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Multitsüklon, elektrifilter
Kas püüdeseade töötab mõõtmiste ajal	jah
Katelseadme koormus*	2,0 - 7,0 MW, keskmine 3,5 MW
Temperatuur koldes	Ca 850 °C
Temperatuur pärast katelt	Ca 250 °C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	Lisatud graafikud võisuse, kolde- ja suitsugaaside temp. kohta.

Tabel 158 Adven Eesti AS Kose-Uuemõisa katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Adven Eesti AS
Registrikood	10066299
Telefon	5380 0080
E-post	kauri.koster@adven.com
Mõõtmiste koht	Kesk tn 27a, Kose-Uuemõisa alevik, Kose vald, Harju maakond

Tabel 159 Veekatla K-1 parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	ARIMAX BIO 1000
Heiteallika tüüp	Veekatel, nr 1
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	ca 1111 kW (output on 1000 kW)
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Puidupellet - tööstuslik
Kütuse kütteväärtus	4,6 kWh/kg
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Ühtlane koormus
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	~500 kW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	tsüklon
Kas püüdeseade töötab mõõtmiste ajal	jah



Katlaseadme koormus*	~50%
Temperatuur koldes	Ei ole teada
Temperatuur pärast katelt	Suitsugaasid ~140 °C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

Tabel 160 Veekatla K-2 parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	ARIMAX BIO 1000
Heiteallika tüüp	Veekatel, nr 2
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	ca 1111 kW (output on 1000 kW)
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Puidupellet - tööstuslik
Kütuse kütteväärtus	4,6 kWh/kg
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Ühtlane koormus
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	~460 kW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	tsüklon
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus*	~46%
Temperatuur koldes	Ei ole teada
Temperatuur pärast katelt	Suitsugaasid ~140 °C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

Tabel 161 Adven Eesti AS Viljandi Ekseko seafarmi üldandmed

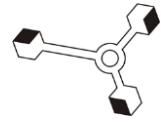
Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Adven Eesti AS
Registrikood	10066299
Telefon	5380 0080
E-post	kauri.koster@adven.com
Mõõtmiste koht	Ekseko seafarm, Mäeltküla, Viljandi vald

**Tabel 162 Biokatla parameetrid mõõtmiste ajal**

Andmed põletusseadme kohta	
27.01.2021 kell 13:05-14:54	
Heiteallika nimetus	O-3H3 + Multitsüklon MC-16, SA-30
Heiteallika tüüp	biokatel
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	2,5 MW _{th}
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	hakkepuut
Kütuse kütteväärtus	Alumine: 2,37MWh/tonn
Seadme režiim mõõtmiste ajal	töös
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	Ca 2000 kw
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	multitsüklon
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus*	1800- 2000kw
Temperatuur koldes	Ca 700
Temperatuur pärast katelt	Ca 165
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

Tabel 163 Katel Vitoplex 200, SA-20 parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
27.01.2021 kell 16:00-17:05	
Heiteallika nimetus	Vitporex 200, SA-20
Heiteallika tüüp	katel
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	1,7 MW _{th}
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Maa- gaas
Kütuse kütteväärtus	9,45MWh/1000m ³
Seadme režiim mõõtmiste ajal	töös
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	Ca 800- 900 kw



Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Ei ole
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	ei
Katlaseadme koormus*	Ca 800- 900kw
Temperatuur koldes	Ei ole mõõdetav
Temperatuur pärast katelt	140
Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	Mõõtmise ajal 133 m ³ , keskmine 70m ³ /h
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

Tabel 164 Adven Eesti AS Viru-Nigula katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Adven Eesti AS
Registrikood	10066299
Telefon	5380 0080
E-post	kauri.koster@adven.com
Mõõtmiste koht	Maarja tn 7, Viru-Nigula alevik, Viru-Nigula vald, Lääne -Viru maakond

Tabel 165 Veekatel nr.2 parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Danstoker Multimiser-17
Heiteallika tüüp	Veekatel, nr 2
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	ca 1230 kW (output on 1090 kW)
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	hõövlilaast
Kütuse kütteväärtus	4,41 kWh/kg
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Ühtlane koormus
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	~850 kW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	tsüklon
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus*	~80%
Temperatuur koldes	Ei ole teada
Temperatuur pärast katelt	Suitsugaasid ~180 °C



Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

Tabel 166 Anne Soojus AS Anne katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	AS Anne Soojus
Registrikood	10051872
Telefon	7337100
E-post	mail@fortumtartu.ee
Mõõtmiste koht	Soojuse tee 13, 62207 Lohkva, Luunja vald Aardla tänav 113, 50415 Tartu

Tabel 167 Veekatel W01 parameetrid mõõtmiste ajal

V-1, katel WA01 – 15.02.2021 (14:03-15:03)	
Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Anne katlamaja veekatel WA01
Heiteallika tüüp	KB-M-35-150M/TF03
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	20,9 MW
Lisainfo	kasutegur 86 %
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	freesturvas
Kütuse kütteväärtus	19,0 MJ/kg, kuivaine alumine.
Seadme režiim mõõtmiste ajal	normaalne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	14,62
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	töötasid elektrifilter ja suitsugaaside pesur
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus	81 %
Temperatuur koldes	653°C
Temperatuur pärast katelt	132°C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	1,6 MW
Lisainfo	Kütuse niiskus 44,5 %

**Tabel 168 Veekatel W02 parameetrid mõõtmiste ajal**

V-1, katel WA02 – 15.02.2021 (11:50-13:36)	
Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Anne katlamaja veekatel WA02
Heiteallika tüüp	KB-M-35-150M/TF03
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	20,9 MW
Lisainfo	kasutegur 86 %
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	freesturvas
Kütuse kütteväärtus	19,0 MJ/kg, kuivaine alumine.
Seadme režiim mõõtmiste ajal	normaalne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	14,47 MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	töötasid elektrifilter ja suitsugaaside pesur
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus	80%
Temperatuur koldes	633°C
Temperatuur pärast katelt	124°C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	1,5 MW
Lisainfo	Kütuse niiskus 44,5 %

Tabel 169 Veekatelde W01 ja W02 peale pesurit parameetrid mõõtmiste ajal

V-1, peale pesurit – 16.02.2021 (11:54-13:45)	
Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Anne katlamaja veekatlad WA02 ja WA01
Heiteallika tüüp	KB-M-35-150M/TF03 (2 tk)
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	2x 20,9 MW
Lisainfo	kasutegur 86 %
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	freesturvas
Kütuse kütteväärtus	19,0 MJ/kg, kuivaine alumine.
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Normaalne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	16,12 MW WA01 / 15,43 MW WA02



Rakendatavad heite vähendamise meetmed	töötasid elektrifilter ja suitsugaaside pesur
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus	90 % / 86 %
Temperatuur koldes	699°C WA01 / 670°C WA02
Temperatuur pärast katelt	135°C WA01 / 129°C WA02
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	2,3 MW
Lisainfo	45,6 %

Tabel 170 Anne Soojus AS Puiestee katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	AS Anne Soojus
Registrikood	10051872
Telefon	7337100
E-post	mail@fortumtartu.ee
Mõõtmiste koht	Puiestee tänav 2g, 50303 Tartu

Tabel 171 100% koormusega gaasikatla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
09.03.2021 (10:35-11:35)	
Heiteallika nimetus	Gaasikatel
Heiteallika tüüp	Bosch UT-M 60
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	16 MW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	maagaas
Kütuse kütteväärtus	9,5 kWh/m ³
Seadme režiim mõõtmiste ajal	normaalne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	14,5MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	suitsugaaside retsirkulatsioon
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	-
Katlaseadme koormus*	100%
Temperatuur koldes	-
Temperatuur pärast katelt	Suitsugaas 82,7°C; vesi 110,9°C



Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	1610 Nm ³ /h
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	

Tabel 172 30% koormusega gaasikatla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
09.03.2021 (11:56-13:03)	
Heiteallika nimetus	Gaasikatel
Heiteallika tüüp	Bosch UT-M 60
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	16 MW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	maagaas
Kütuse kütteväärtus	9,5 kWh/m ³
Seadme režiim mõõtmiste ajal	normaalne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	4,8MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	suitsugaaside retsirkulatsioon
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	-
Katlaseadme koormus*	30%
Temperatuur koldes	-
Temperatuur pärast katelt	suitsugaas 70,3°C; vesi 103,1°C
Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	565 Nm ³ /h
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	

Tabel 173 Anne Soojus AS Aardla katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	AS Anne Soojus
Registrikood	10051872
Telefon	7337100
E-post	mail@fortumtartu.ee
Mõõtmiste koht	Soojuse tee 13, 62207 Lohkva, Luunja vald Aardla tänav 113, 50415 Tartu

**Tabel 174 Veekatla parameetrid mõõtmiste ajal**

K2 (Aardla katlamaja) – 25.02.2021 (13:18-14:25)	
Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Aardla katlamaja katel nr.1
Heiteallika tüüp	veekatel Danstoker
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	8,2 MW
Lisainfo	kasutegur 85 %
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	puiduhake
Kütuse kütteväärtus	18,6 MJ/kg, kuivaine alumine.
Seadme režiim mõõtmiste ajal	normaalne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	6,0 MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	töötasid suitsugaasidepesur ja multitsüklon
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus	86%
Temperatuur koldes	890°C
Temperatuur pärast katelt	188°C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	1,5 MW
Lisainfo	

Tabel 175 Anne Soojus AS Ropka katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	AS Anne Soojus
Registrikood	10051872
Telefon	7337100
E-post	mail@fortumtartu.ee
Mõõtmiste koht	Löötsa 1, Tartu

Tabel 176 Katel K-1 parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Katel K1



Heiteallika tüüp	Noviter WT W40
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	39,36
Lisainfo	-
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	maagaas
Kütuse kütteväärtus (alumine)	9,529 kWh/m ³
Seadme režiim mõõtmiste ajal	normaalne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	32,1 MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	-
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	-
Katlaseadme koormus*	81,6 %
Temperatuur koldes	-
Temperatuur pärast katelt	101 °C
Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	3258 Nm ³ /h, 945 m ³ /h
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	-

Tabel 177 Katel K-2 parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Katel K2
Heiteallika tüüp	Noviter WT W40
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	39,36
Lisainfo	-
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	maagaas
Kütuse kütteväärtus (alumine)	9,529 kWh/m ³
Seadme režiim mõõtmiste ajal	normaalne
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	33,3 MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	-
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	-
Katlaseadme koormus*	84,6 %
Temperatuur koldes	-
Temperatuur pärast katelt	103 °C



Kütusekulu (vedel- ja gaasiline kütus)**	3397 Nm ³ /h, 999 m ³ /h
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	-
Lisainfo	-

Tabel 178 Tootsi Turvas AS Lavassaare katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Nevel Eesti OÜ
Registrikood	14866648
Telefon	5145597
E-post	ylo.stokkeby@nevel.com
Mõõtmiste koht	Lavassaare katlamaja

Tabel 179 Tootsi Turvas AS Lavassaare katlamaja andmed mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Danstoker/Justsen
Heiteallika tüüp	korsten
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	1,765
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	tükkturvas
Kütuse kütteväärtus	3,4 MWh/t
Kütuse niiskus	35 ... 40%
Seadme režiim mõõtmiste ajal	
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Multitsüklon
Kas püüdeseade töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus*	
Temperatuur koldes	
Temperatuur pärast katelt	
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

**Tabel 180 Tootsi Turvas AS Mooste katlamaja üldandmed**

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Nevel Eesti OÜ
Registrikood	14866648
Telefon	5145597
E-post	ylo.stokkeby@nevel.com
Mõõtmiste koht	Mooste katlamaja

Tabel 181 Hakkepuidu katla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Katel Orions -2H2
Heiteallika tüüp	korsten
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	1,18
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	hakkepuuit
Kütuse kütteväärtus	0,82 MWh/m ³
Kütuse niiskus	35 ... 40%
Seadme režiim mõõtmiste ajal	
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Multitsüklon MC6
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	jah
Katlaseadme koormus*	
Temperatuur koldes	
Temperatuur pärast katelt	
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	

Tabel 182 Utilitas Eesti AS Jõgeva katlamaja üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	AS Utilitas Eesti
Registrikood	10419088



Telefon	+372 610 7100
E-post	info@utilitas.ee
Mõõtmiste koht	Aia tn 50, Jõgeva linn

Tabel 183 Biokütuse katla parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Biokütuse katel Danstoker VHS 25-900
Heiteallika tüüp	Muu põletusseade
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	7,06 MW _{th}
Lisainfo	Multitsüklon MC-42, elektrifilter Scheuch sef 2,2/6,2-c, suitsugaasi pesur Scheuch ERCS
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Hakkpuit
Kütuse kütteväärtus	Kohapeal jooksvalt ei mõõdetata
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Automaatjuhtimine katlast väljuva vee väljundtemperatuuri järgi
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	Min 5,9MW; Max 7,3MW; Avg 6,5MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Multitsüklon MC-42 + elektrifilter Scheuch sef 2,2/6,2-c suitsugaaside pesur Scheuch ERCS
Kas püüdeseade töötab mõõtmiste ajal	Jah töötasid
Katlaseadme koormus*	Min 4,1MW; Max 5,6MW; Avg 5,0MW
Temperatuur koldes	940oC
Temperatuur pärast katelt	Min 206oC; Max 227oC; Avg 215oC
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	0,80MW
Lisainfo	Heiteallika nr plaanil HA-10

Tabel 184 Enefit Green AS Paide Elektriijaama üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	Enefit Green AS Paide Elektriijaam
Registrikood	11184032



Telefon	53034676
E-post	Vello.puulmann@enefitgreen.ee
Mõõtmiste koht	Paide, Ruubassaare tee 3

Tabel 185 HA-40 parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Koostootmisjaama korsten
Heiteallika tüüp	HA-40
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	8,0MW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Puiduhake
Kütuse kütteväärtus	Mõõdetakse laboris
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Normaalrežiim
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	7,98MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	ESP filter
Kas püüdeseade töötab mõõtmiste ajal	Töötas ESP
Katlaseadme koormus*	7,98
Temperatuur koldes	835°C
Temperatuur pärast katelt	195°C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	Ei kasutata
Lisainfo	

Tabel 186 Katel Wärtsila Biograte parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
Heiteallika nimetus	Pesuri korsten
Heiteallika tüüp	104
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	8,0MW
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	Puiduhake



Kütuse kütteväärtus	Mõõdetakse laboris ⁴²
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Normaalrežiim
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	Katel 5,2 MW+pesur 1,7 MW
Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Multitsüklon
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	Töötas multitsüklon
Katlaseadme koormus*	7,0
Temperatuur koldes	870°C
Temperatuur pärast katelt	175°C
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	2,0 MW
Lisainfo	

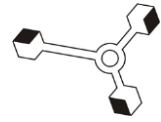
Tabel 187 Jeld-Wen Eesti AS üldandmed

Üldandmed	
Ärinimi/nimi	JELD-WEN EESTI AS
Registrikood	10247977
Telefon	+37253058542
E-post	MVAIN@JELDWEN.COM
Mõõtmiste koht	TOOTMISE 8, RAKVERE

Tabel 188 Katel LAKA parameetrid mõõtmiste ajal

Andmed põletusseadme kohta	
02.02.2021, 12:25 – 15:25	
Heiteallika nimetus	LAKA
Heiteallika tüüp	PS4000
Soojussisendile vastav nimisoojusvõimsus	4KWh
Lisainfo	
Andmed põletusseadme töörežiimi kohta mõõtmiste ajal	
Mõõtmiste ajal kasutatud kütuse liik	PUIDUHAKE
Kütuse kütteväärtus	
Seadme režiim mõõtmiste ajal	Automaatrežiim (100 kraadi)
Soojusvõimsus mõõtmiste ajal	

⁴² Tallinna Tehnikaülikooli laboris mõõdetud parameetrid - Kuivaine ülemine kütteväärtus – 28.83 MJ/kg; kuivaine alumine kütteväärtus – 19.51 MJ/kg, tarbimisaine alumine kütteväärtus – 7.26 MJ/kg



Rakendatavad heite vähendamise meetmed	Multitsüklon
Kas püüdeseadet töötas mõõtmiste ajal	JAH
Katlaseadme koormus*	2,7-3,0 MWh
Temperatuur koldes	-
Temperatuur pärast katelt	145-150 kraadi
Põlemisgaaside kondensaatori võimsus	
Lisainfo	