

KESKLAVOR
Eesti Keskkonnauuringute Keskus

CENTRAL LAB
Estonian Environmental Research Centre

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine

Tallinn 2014



Töö nimetus:

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine

Töö autorid

Maris Paju

Marek Maasikmets

Tarvo Arumäe

Töö tellija:

Keskkonnaministeerium

Töö teostaja:**Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ**

Marja 4D

Tallinn, 10617

Tel. 6112 900

Fax. 6112 901

info@klab.ee

www.klab.ee

Töö valmimisaeg: 31.03.2014

Töö rahastaja

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.

Sisukord

1	Sissejuhatus	8
2	Mõisted.....	9
3	Hajusaallikatest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste rahvusvaheliselt üldtunnustatud arvutusmetoodikate kirjeldamine	10
	3.1 Emissioonitegurid ehk eriheidet.....	10
	3.2 Materjalibilanss	10
	3.3 EMEP/EEA.....	11
	3.4 AP-42	14
4	Hajussaasteallikate heitkoguste arvutamise metoodika.....	16
	4.1 Teekatted.....	16
	4.1.1 Peenosakeste määramine teekatetelt ning selle põhjal määratud eriheidet.....	16
	4.1.2 Peenosakeste arvutuslikud heitkogused.....	34
	4.2 Karjäärid	46
	4.3 Põllud.....	55
	4.4 Metsatulekahjud	58
	4.5 Eramud	61
	4.6 Summaarsed heitkogused	83
	4.7 Kaugkanne	86
5	Kasutatud kirjandus.....	93

Tabelid

Tabel 1	ELPI+ m ö õtefraktsioonid	23
Tabel 2	Kattega ja katteta teede jagunemine	31
Tabel 3	PM ₁₀ heitkogused (t/a) teekatte resuspensioonist	32
Tabel 4	S õ idukite arv ajavahemikul 1990-2010 (tuhat s õ idukit)	35
Tabel 5	S õ idukite keskmine l ä bis õ it ajavahemikul 1990-2010 (miljon kilomeetrit aastas)	35
Tabel 6	Emissioonitegurid rehvidest ja piduriketastest tulenevate saasteainete heitkoguste arutamiseks EMEP/EEA j ä rgi	36
Tabel 7	Emissioonitegurid teekatetest tulenevate saasteainete heitkoguste arutamiseks EMEP/EEA j ä rgi	37
Tabel 8	Saasteainete heitkogused teekatetelt aastatel 1990 - 2010	37
Tabel 9	Saasteainete heitkogused rehvidest ning piduriketastest aastatel 1990-2010	38
Tabel 10	Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (s õ iduautod)	39
Tabel 11	Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (mootorrattad) ..	39
Tabel 12	Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (raskeveokid)	40
Tabel 13	Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 Tier 1 j ä rgi (kokku) 41	
Tabel 14	TSP emissioonitegurid EMEP/EEA j ä rgi	43
Tabel 15	Tier 2 meetodi puhul kasutatavad osakeste suuruse jaotused EMEP/EEA j ä rgi	43
Tabel 16	Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (s õ iduautod)	43
Tabel 17	Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (mootorrattad) ..	44
Tabel 18	Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (raskeveokid)	44
Tabel 19	Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 Tier 2 j ä rgi (kokku) 45	
Tabel 20	Emissioonitegurid karj ä ridest tulenevate saasteainete heitkoguste arutamiseks, v äl ja arvatud p õ levkivi, EMEP/EEA j ä rgi	47
Tabel 21	P õ levkivi maapealse kaevandamise emissioonitegurid EMEP/EEA j ä rgi	47
Tabel 22	Maavarade mahumassid	48
Tabel 23	Kaevandusmahud Eestis ajavahemikul 1992-2010	49

Tabel 24	Maavarade kaevandamisest välisõhku eralduvate saasteainete heitkogused aastatel 1992-2010	51
Tabel 25	Saasteainete summeeritud heitkogused aastatel 1992-2010.....	54
Tabel 26	Emissioonitegurid põldudelt tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks EMEP/EEA järgi.....	56
Tabel 27	Põllukultuuride kasvupind ajavahemikul 1990-2010.....	56
Tabel 28	Põldudelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010.....	57
Tabel 29	Emissioonitegurid metsatulekahjudest tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks EMEP/EEA järgi.....	59
Tabel 30	Metsatulekahjude pindalad ning põlenud biomassi kogus ajavahemikul 1990-2010	59
Tabel 31	Metsatulekahjudest tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010.....	60
Tabel 32	Tarbitud kütuste kogused Eestis ajavahemikul 1990-2012.....	63
Tabel 33	Gaasiliste kütuste emissioonitegurid EMEP/EEA järgi	65
Tabel 34	Kivi- ja pruunsöe emissioonitegurid EMEP/EEA järgi.....	65
Tabel 35	Vedelkütuste emissioonitegurid EMEP/EEA järgi	66
Tabel 36	Biomassi emissioonitegurid EMEP/EEA järgi.....	66
Tabel 37	Eramute kütmisest õhku eralduvate saasteainete heitkogused Eestis aastatel 1990-2012 Tier 1 järgi	67
Tabel 38	Eramute kütmisest eralduvate saasteainete summeeritud heitkogused aastatel 1990-2012 Tier 1 järgi.....	71
Tabel 39	Puidu emissioonitegurid.....	73
Tabel 40	Maagaasi emissioonitegurid EMEP/EEA järgi.....	73
Tabel 41	Tahkete kütuste v.a biomassi emissioonitegurid EMEP/EEA järgi	73
Tabel 42	Vedelkütuste emissioonitegurid EMEP/EEA järgi	73
Tabel 43	Pelletite emissioonitegurid EMEP/EEA järgi.....	73
Tabel 44	Keskmistatud küttekollete osakaalud aastatel 1990, 2005, 2013 ja 2020.....	74
Tabel 45	Keskmistatud emissioonitegurid ahi-pliit ning muudele küttekolletele	75
Tabel 46	Puiduga kütmisest välisõhku eraldunud saasteainete heitkogused aastal 1990.....	75
Tabel 47	Puiduga kütmisest välisõhku eraldunud saasteainete heitkogused aastal 2005.....	75

Tabel 48	Puiduga kütmisest välisõhku eraldunud saasteainete heitkogused aastal 2013	75
Tabel 49	Maagaasi, tahkete kütuste ning vedelkütuste keskmistatud emissioonitegurid	77
Tabel 50	Eramute kütmisest õhku eralduvate saasteainete heitkogused Eestis aastatel 1990-2012 Tier 2 järgi	78
Tabel 51	Eramute kütmisest eralduvate saasteainete summeeritud heitkogused aastatel 1990-2012 Tier 2 järgi.....	82
Tabel 52	Valdkondade summeeritud heitkogused aastatel 1990-2010	84

Joonised

Joonis 1	REAL skemaatiline joonis (Maasikmets et al., 2013).....	19
Joonis 2	Seadmete paiknemine REAL-is	20
Joonis 3	Mõõtekäru REAL.....	21
Joonis 4	Proovivõtusondi ja temperatuurianduri paigutus tagarehvi juures.....	22
Joonis 5	Ventilaatorid REAL-is (vaade tagant).....	22
Joonis 6	ELPI skemaatiline joonis (ELPI, 2013)	24
Joonis 7	OPS tööpõhimõtte skemaatiline joonis (OPS, 2013)	25
Joonis 8	Erinevate rehvitüüpide PM10 eriheidet ja sõltuvus kiirusest.	27
Joonis 9	Kruusateede PM10 eriheidet ja selle sõltuvus kiirusest.	28
Joonis 10	Peenosakeste emissiooni sõltuvus kiirusest (suverehvidega).....	29
Joonis 11	Erinevate rehvitüüpide peenosakeste suurusjaotus.....	30
Joonis 12	PM ₁₀ heitkogused kattega teedelt	33
Joonis 13	Katteta teede ja summaarsed PM10 heitkogused	34
Joonis 15	TSP, PM ₁₀ ja PM _{2,5} heitkogused teekatetelt ajavahemikul 1990-2010 Tier 1 järgi.....	42
Joonis 16	TSP, PM ₁₀ ja PM _{2,5} heitkogused teekatetelt ajavahemikul 1990-2010 Tier 2 järgi.....	46
Joonis 17	TSP (vasakpoolne skaala), PM ₁₀ (vasakpoolne skaala) ja PM _{2,5} (parempoolne skaala) heitkogused maavarade kaevandamisest aastatel 1992-2010.....	55
Joonis 18	PM ₁₀ (vasakpoolne skaala) ja PM _{2,5} (parempoolne skaala) heitkogused põldudel aastatel 1990-2010	58

Joonis 19	TSP, PM ₁₀ ja PM _{2.5} heitkogused metsatulekahjudest aastatel 1990-2010	61
Joonis 20	TSP, PM ₁₀ ja PM _{2.5} heitkogused eramute kütmisest ajavahemikul 1990-2012 Tier 1 järgi	72
Joonis 21	Küttekollete osakaalud aastatel 1990, 2005 ja 2013	74
Joonis 22	TSP kogused kütteallikatest puiduga kütmisel aastatel 1990, 2005 ja 2013	76
Joonis 23	PM ₁₀ kogused kütteallikatest puiduga kütmisel aastatel 1990, 2005 ja 2013	76
Joonis 24	PM _{2.5} kogused kütteallikatest puiduga kütmisel aastatel 1990, 2005 ja 2013.....	77
Joonis 25	TSP, PM ₁₀ ja PM _{2.5} heitkogused eramute kütmisest ajavahemikul 1990-2012	83
Joonis 26	Metsatulekahjudest (vasakpoolne skaala), eramutest (vasakpoolne skaala), teekatetest (parempoolne skaala) ja karjäärdest (parempoolne skaala) tuleneva TSP summaarsed heitkogused aastatel 1990-2010.....	85
Joonis 27	Karjäärdest (vasakpoolne skaala), põldudelt (vasakpoolne skaala), metsatulekahjudest (vasakpoolne skaala), eramutest (vasakpoolne skaala) ja teekatetelt (parempoolne skaala) tuleneva PM ₁₀ summaarsed heitkogused aastatel 1990-2010	85
Joonis 28	Metsatulekahjudest (vasakpoolne skaala), eramutest (vasakpoolne skaala), teekatetelt (parempoolne skaala), karjäärdest (parempoolne skaala) ja põldudelt (parempoolne skaala) tuleneva PM _{2.5} summaarsed heitkogused aastatel 1990-2010	86
Joonis 29	PM _{2.5} kaugkanne teistest riikidest aastal 2004	87
Joonis 30	PM _{2.5} kaugkanne teistest riikidest ja piirkondadest aastal 2005.....	87
Joonis 31	PM _{2.5} kaugkanne teistest riikidest ja piirkondadest aastal 2006.....	88
Joonis 32	PM _{2.5} kaugkanne teistest riikidest ja piirkondadest aastal 2007	88
Joonis 33	PM _{2.5} kaugkanne teistest riikidest aastal 2008.....	89
Joonis 34	PM _{2.5} kaugkanne teistest riikidest ja piirkondadest aastal 2009.....	89
Joonis 35	PM _{2.5} kaugkanne teistest riikidest ja piirkondadest aastal 2010.....	90
Joonis 36	PM _{2.5} summaarne saastevoog taustajaamades aastal 2009	91
Joonis 37	PM _{2.5} summaarne saastevoog taustajaamades aastal 2010	92

1 Sissejuhatus

Õhusaasteallikad jaotatakse üldjuhul kahte suuremasse rühma – punkt- ja hajussaasteallikad. Punktisaasteallikad on kindla asukohaga seotud reostusallikad, näiteks asula- või ettevõtte heitveelaskmed, tehasekorstnad, mahutite avad jms, millest on võimalik mõõta saasteainete hetkelisi heitkoguseid. Hajussaasteallikateks loetakse kõiki, nii passiivseid kui aktiivseid, emissiooniallikaid, millest ei koguta heitgaase vastavatesse torudesse ega kanalitesse. Hajussaasteallikateks on näiteks aeratsioonibasseinid, põllud, erinevad transpordivahendid, millest erinevalt punktisaasteallikatest, ei ole võimalik otseselt mõõta saasteainete kontsentratsioone ning hetkelisi heitkoguseid. Sageli käsitletakse hajusallikatena ka suuremaid punktallikate kogumeid kui iga üksiku punktallika mõõtmine või hindamine on komplitseeritud, kulukas või ebamõistlik (Teinemaa, 2005). Sellisteks hajussaasteallikateks on näiteks elamupiirkonnad ning tööstuskompleksid. Põhjusel, et suur osa olulistest õhusaasteallikatest kuulub just hajussaasteallikate hulka, on väga oluline määrata hetkelisi heitkoguseid ka nende allikate puhul.

Käesolevas töös on hajussaasteallikatena käsitletud nii transporti (teekatted), karjääre, põldusid, metsatulekahjusid, eramuid kui ka kaugkannet. Töö peamisteks eesmärkideks on:

1. Arvutada 2000.-2010. aastate kohta eelnevalt mitteamvestatud hajusallikate peenosakeste heitkogused.
2. Täiendada hajusallikate arvutuste põhjal antud aastate summaarseid peenosakeste heitkoguste arvutustulemusi.
3. Arvutada eelpool nimetatud tegevuste TSP (*total suspended particles*) üldine osakaal.
4. Täiendada Keskkonnateabe Keskuse andmebaasi, mille andmete alusel esitatakse siseriiklike ning rahvusvahelisi aruandeid.
5. Koostada teoreetiliste ja reaalset mõõdetud eriheidete põhjal hajumisarvutused ning võrrelda neid reaalse välisõhu seire tulemustega

2 Mõisted

Saasteaine – keemiline aine või ainete segu, mis eraldub välisõhku tegevuse otsesel või kaudsel tagajärjel ja mis võib mõjuda kahjulikult inimese tervisele või keskkonnale, kahjustada vara või kutsuda esile pikaajalisi kahjulikke tagajärgi

Hajussaasteallikad – saasteallikad, mille saasteained ei välju gaasikäigu kaudu, st saasteained väljutatakse välisõhku hajusalt

Eriti peened osakesed (PM_{2,5}) – osakesed, mis läbivad 2,5 µm aerodünaamilise diameetriga mõõduselektiivse ava 50 protsendil juhtudest (peened osakesed läbimõõduga alla 2,5 µm). Sellesse fraktsiooni kuulub suurem osa antropogeensest põlemisprotsessidega seotud osakekest

Peened osakesed (PM₁₀) – osakesed, mis läbivad 10 µm aerodünaamilise diameetriga mõõduselektiivse ava 50 protsendil juhtudest (peened osakesed läbimõõduga alla 10 µm). Sellesse fraktsiooni kuulub suurem osa antropogeensest tolmsaastest (nt põlemisprotsesside tagajärjel tekkiv lendtuhk, tahm)

Üldtolm (TSP) – õhus hõljuvate vedelate ja tahkete osakeste kogumass

3 Hajusallikatest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste rahvusvaheliselt üldtunnustatud arvutusmetoodikate kirjeldamine

Heitkoguseid on võimalik hinnata nii läbi otseste mõõtmiste kui ka arvutuslikult. Arvutuslikul teel saadud heitkogused on aga sageli ülehinnatud, mistõttu tuleks võimalusel eelistada otseseid mõõtmisi. Otseste mõõtmiste teostamisel on oluline järgida proovivõtule kehtivaid asjakohaseid standardeid ning jälgida, et mõõtmistulemused, mida on kasutatud meetoodika väljatöötamiseks, oleksid esinduslikud ega hõlmaks mõõtmisvigu. Kuigi arvutuslikud meetodid ei ole nii usaldusväärsed kui otseste mõõtmiste kaudu saadud tulemused, on nende peamiseks eeliseks siiski lihtsus ning hind.

3.1 Emissioonitegurid ehk eriheid

Emissioonitegur antud kontekstis tähistab õhusaaste ja kasutatud toormaterjali koguse vahelist suhet. Emissioonitegurite kasutamisel on oluline jälgida, et kasutatavad emissioonitegurid oleksid vastavuses uuritava objektiga. Eestis on antud valdkonnas kasutusel keskkonnaministri määrus, mis sätestab heitkoguste määramise korra ja kasutatavad eriheid. Emissioonitegureid saab arvutada lähtuvalt uuritavate ühendite füüsikalistest omadustest (Teinemaa, 2005).

Teine võimalus emissioonitegurite leidmiseks on mõningate iseloomulike objektide mõõtetulemuste kasutamine analoogia põhjal sarnastel objektidel (Doorn, 2002).

3.2 Materjalibilanss

Saasteallika heitkoguste arvutamine materjalibilansi põhjal seisneb eelkõige saasteainete tekitavate protsesside tundmisel ja materjalivoogude teadmisel. Selline lähenemine sobib hästi kirjeldatud ja põhjalikult uuritud saasteallikate hindamiseks. Vajalik on saasteaine tekkimise põhjuseks olevate seaduspärasuste teadmine ja nende matemaatiline kirjeldus. Lisaks peab teadma täpseid materjalivoogusid, mis on uuritavate saasteainete lähteaineteks. Reeglina on selline teave kättesaadav siiski vaid väheste pindaasteallikate kohta nagu näiteks laudad, biofiltrid, aeratsioonibasseinid jms.

Põllumajandusallikatele kasutatakse Euroopas EEA/CORINAIR eriheid, mis arvutatakse näiteks ammoniaagi puhul lämmastiku materjalibilansi kaudu. Eriheid hõlmavad näiteks loomade puhul erinevaid pidamistingimusi ja sõnnikuärastussüsteeme. Mudelfarmis mõõdetud tegureid kasutatakse

analoogia põhjal sarnaste objektide jaoks. Sellist lähenemisviisi kasutatakse põllumajanduse eriheidete arvutamisel, kui leitakse ammoniaagi heitkogus lämmastikubilansi kaudu. Materjalibilanssi kasutatakse ka muude objektide korral. Näiteks eramupiirkonna heitkoguste aluseks võetakse keskmine kütusekulu ning katelde keskmine efektiivsus, kütuste pumpamisel ja mahutiparkides saab heitkoguseid arvutada kütusevoogude bilansi ehk kadude kaudu. Paljude saasteallikate jaoks ei ole selline informatsioon aga siiski kättesaadav või puudub üldse, mistõttu on vajalik kasutada muid hindamistehnikaid või otseseid mõõtmisi (Teinemaa, 2005).

3.3 EMEP/EEA

Riigi territooriumi ja majandusvööndi heitkoguste arvutamiseks kasutatakse Eestis laialdaselt EMEP/EEA (inglise keeles *European Monitoring and Evaluation Programme/European Environment Agency*) heitkoguste määramise metoodikat. Vastav juhend on välja töötatud UNECE/EMEP heitkoguste inventuuri juhtgrupi poolt. EMEP/EEA metoodikaid kasutatakse Eestis muu hulgas hajussaasteallikatest eralduvate saasteainete heitkoguste arvutamiseks ning paiksetest saasteallikatest eralduvate PM₁₀ ja püsivate orgaaniliste saasteainete (POS-id) heitkoguste arvutamiseks, kuna riigisisene metoodika nende kohta hetkel puudub. EMEP/EEA metoodikatega on võimalik tutvuda aadressil <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>.

EMEP/EEA alusel on võimalik hinnata saasteainete heitkoguseid alljärgnevates valdkondades (peatükkide numeratsioon EMEP/EEA põhjal):

1. Energeetika

1.A. Kütuste põletamine

1.B. Hajusheited kütuste kasutamisest

2. Tööstuslikud protsessid ja toodete kasutamine

2.A. Mineraalitööstus

2.B. Keemiatööstus

2.C. Metallitööstus

2.D-2.L Teiste lahustite ja toodete kasutamine

3. Põllumajandus

3.B. Sõnnikumajandus

3.D. Teravilja tootmine ja muld

3.D.f, 3.I Põllumajanduse pestitsiidide kasutamine ja muu saaste

3.F Põllumajandusjäätmete põletamine

5. Jäätmed

5.A. Tahkete jäätmete kõrvaldamine maismaal

5.B. Kompostimine

5.B.2 Anaeroobne lagunemine biogaasi tootmises

5.C.1.a Olmejäätmete põletamine

5.C.1.b Tööstuslike jäätmete põletamine

5.C.1.b.iii Kliiniliste jäätmete põletamine

5.C.1.b.v Tuhastamine

5.C.2 Jäätmete põletamine

5.D Reovee käitlemine

5.E Teised jäätmed

6. Muu

6.A. Muud allikad

11. Looduslikud allikad

11.A Vulkaanid

11.B.Metsatulekahjud

11.C Teised looduslikud allikad

EMEP/EEA metoodika kasutab 3 erineva detailsusastmega heitkoguste määramismetoodikaid, mis kannavad nimetust vastavalt Tier 1, Tier 2 ja Tier 3. Arvutusteks sobivaim metoodika valitakse vastavalt lähteandmete olemasolule. Mida põhjalikumad on lähteandmed, seda kvaliteetsemat tulemust on võimalik saada.

Kolmest määramismetoodikast on kõige üldisem Tier 1. Oma olemuselt on Tier 1 kõige lihtsam, kuid samas ka kõige ebatäpsem metoodika, kuna kasutab heitkoguse arvutamisel enamasti üldistatud emissioonitegureid. Samuti on Tier 1 metoodika peamiseks puuduseks see, et ei arvestata riigisiseste eripäradega.

Üldvalem Tier 1 puhul on järgmine:

$$E = AR_{\text{production}} \times EF_{\text{pollutant}}$$

Valem 1

kus:

E on uuritava saasteaine heitkogus

$AR_{\text{production}}$ vastava valdkonna aktiivsusmäär,

$EF_{\text{pollutant}}$ uuritava saasteaine emissioonitegur

Tier 2 on oma olemuselt materjalibilansi võrrand. Tier 2 meetod sarnaneb Tier 1-le, kuid kasutab rohkem spetsiifilisi emissioonitegureid, tänu millele suureneb arvutuste usaldusväarsus. Kolmest metoodikast kõige detailsem on Tier 3, mille kasutamine eeldab enamasti riigisiseste ja/või ettevõttepõhiste mõõtmistulemuste olemasolu. Heitkoguste hindamisel tuleks eelistada võimalusel vähemalt Tier 2 või täpsemat metoodikat.

3.4 AP-42

AP-42 on Ameerika Ühendriikide Keskkonnaagentuuri (US EPA) poolt alates 1972.a avaldatud meetodikate kogum. See sisaldab emissioonitegureid ja nende kasutamise juhiseid enam kui 200 saasteallika kategoorias. Emissioonitegurid on välja töötatud ja koostatud toetudes katseandmetele, materjalibilansi uuringutele ja muudele tehnilistele hinnangutele. Viies versioon AP-42-st ilmus jaanuaris 1995. Alates sellest ajast on EPA avaldatud täiendusi ja uuendusi, mis on saadaval 15-s peatükis, mis sisaldavad heitkoguste hindamise juhiseid nii punkt- kui ka hajusallikate kohta. AP42 meetodikaga on võimalik tutvuda aadressil <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>.

AP-42 kasutab heitkoguste hindamiseks lihtsustatud üldvõrrandit:

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100)$$

Valem 2

kus:

- E on uuritava saasteaine heitkogus;
- A on vastava valdkonna aktiivsusmäär,
- EF on uuritava saasteaine emissioonitegur
- ER on heitkoguste vähendamise tõhusus, %

AP-42 koosneb järgmistest peatükkidest:

1. peatükk Välised põletusseadmed
2. peatükk Tahkete jäätmete kõrvaldamine
3. peatükk Paiksed sisepõlemismootoriga saasteallikad
4. peatükk Aurustumine
5. peatükk Naftatööstus
6. peatükk Orgaanilise keemiatoodete tööstus
7. peatükk Vedelike mahutid
8. peatükk Anorgaanilise keemiatoodete tööstus
9. peatükk Toidu- ja põllumajandustööstus
10. peatükk Puidutööstus

- 11. peatükk Mineraaltoodete tööstus
- 12. peatükk Metallurgiatööstus
- 13. peatükk Muud allikad
- 14. peatükk Kasvuhoonegaaside looduslikud allikad
- 15. peatükk Plahvatustööd

4 Hajussaasteallikate heitkoguste arvutamise metoodika

Käesolevas töös on hinnatud heitkogused 6 hajussaasteallika liigile, milleks on teekatted, karjäärid, põllud, metsatulekahjud, eramud ning kaugkanne. Antud saasteallikatest tulenevate heitkoguste arvutamisel on käesolevas töös tuginetud EMEP/EEA arvutusmetoodikatele ning Eesti Keskkonnauuringute Keskuse poolt teostatud mõõtetulemustele eramute ja teekattelt resuspensiooni osas. See on tingitud peamiselt asjaolust, et algandmete kättesaadavus AP-42 osas olid raskendatud või polnud vastavaid andmeid Eesti kohta saadaval.

Hajussaasteallikatest tulenevate heitkoguste arvutamisel on aluseks võetud statistilised andmed ning eriheidet ehk heitkogused toodangu või energia ühiku kohta. Arvutusteks vajaminevad emissioonitegurid on valdavalt saadud EMEP/EEA juhendmaterjalidest.

4.1 Teekatted

4.1.1 Peenosakeste mõõtmised teekatetelt ning selle põhjal määratud eriheidet

Mitmete Euroopa linnade uuringud on näidanud, et kogu peenosakeste heitkogustest ligikaudu poole moodustavad pindade kulumisprotsessidest pärinevad peenosakesed. Euroopa riikides, kus talvisel ajal kasutatakse libedusetõrjeks liivatamist, soolatamist ja naastrehve võib pindade kulumisprotsessist pärinevate peenosakeste PM10 osakaal kasvada 90%-ni.(Forsberg, 2005; Omstedt et al., 2005). Pidurid ja rehvid on olulised raskmetallide allikaks ning sõltuvalt asukohast võivad nad keskkonna seisukohalt olla isegi olulisemad kui tööstusheitmed. Lisaks peetakse teekattelt eralduvate osakeste tähtsust eriti oluliseks just kuivas kliimas. (Abu-Allaban et al., 2003).

Teedelt pärinevate peenosakeste emissiooni ja mitte-toruotsa heiteid (inglise keeles non-exhaust emission) on varasemates uuringutes mõõdetud enamasti tee kõrval olevate statsionaarsete mõõteseadmetega (Bukowiecki et al., 2010; Norman and Johansson, 2006) ning laboritingimustes (Dahl et al., 2006; Gustafsson et al., 2008). Laboritingimustes läbiviidud katsete tulemusi on raske reaalsesse liiklustingimustesse rakendada, kuna selliste katsete puhul on tegemist kontrollitud tehislake tingimustega. Statsionaarsed seadmed mõõdavad lisaks tee kulumisest tingitud peenosakestele ka fooniõhku ja heitgaase auto sisepõlemismootorist. Liikuv mõõtmisviis annab võimaluse mõõta peenosakeste emissioone reaalses liiklustingimustes, kasutades reaalseid sõidukeid ning koormusi. Lisaks vähendab see võimalike segajate nagu heitgaaside,

ilmastikutingimuste (õhuliikumine, inversioon) või piiratud õhuliikumisega piirkondade mõju. Reaalseid sõidukeid kasutades annab see võimaluse lisaks uurida erinevate rehvitüüpide (suve-, lamell- ja naastrehvid) mõju PMx tekkeprotsessis. (Arumäe, 2013).

Mõõteseadme planeerimise faasis keskenduti varasematele uuringute tulemustele (Hussein et al., 2008; Mathissen et al., 2012; Paapsi, 2011; Pirjola et al., 2009) ning antud uuringute soovitudest ja tulemustest lähtuvalt konstrueeriti mobiilne mõõtesüsteem, mis võimaldab teostada teekatte ja rehvide kulumisest pärinevate peenosakeste mõõtmisi.

Eestis oli varem teostatud Paapsi (2011) poolt pilootprojekt, mille tulemusel leiti mitmeid tegureid, kuidas oleks võimalik esinduslikumalt teedelt tulevat peenosakesi mõõta. Paapsi (2011) ja teistest uuringutulemustest (Hussein et al., 2008; Mathissen et al., 2012; Pirjola et al., 2009) lähtuvalt konstrueeriti mobiilne mõõteseadme REAL (Road Emission Aerosol Laboratory), millega on võimalik mõõta sõidukite rehvide, piduriklotside ja teekatte kulumisest pärinevaid PMx emissioone. REAL mõõtesüsteemiga on võimalik mõõta ka sõidukite heitgaase sõiduki reaalsel liikumisel välistingimustes, kuid antud uuringus selleteemalisi katseid ei sooritatud.

Vältimaks niiskuse ja veepritsmete sattumist mõõtesüsteemi, kus see mõjutab peenosakeste koaguleerumist, saab antud seadmega katseid teostada vaid kuiva ilma ning teekatte puhul. Muud ilmastikutingimused – tuule kiirus ja temperatuur - mõjutavad mõõtmisi vähe, seni kuni proovi kogutakse rehvi keskelt ja mitte kaugemalt kui 10 cm rehvi pinnast (Etyemezian et al., 2003).

Mõõteseadme REAL vastab järgmistele tingimustele:

1. Mõõteseadme on ilmastikukindel ning võimaldab teostada mõõtmisi erinevatel aastaegadel ja erinevate ilmastikutingimustega, välja arvatud mõõtmisi niiske teekatte korral. Testmõõtmised teostati vaid kuiva teekattega teelõikudel;
2. Mõõteseadet saab kasutada peenosakeste emissiooni mõõtmisel erinevate sõidukite ja rehvitüüpidega (lamell-, naast- ja suverehv). Mõõtmiste käigus keskenduti erinevat tüüpi rehvide, piduriklotside ja teekatte kulumisest pärinevate peenosakeste mõõtmisele;
3. Mõõteseadme on varustatud peenosakeste ja muude parameetrite mõõtmiseks vajalike analüsaatorite autonoomse elektritoitega;
4. Mõõteseadme võimaldab teostada PMx isokineetilisi mõõtmisi paralleelselt mõlema tagumise ratta tagant ning võimaldab määrata auto ees olevat PMx foonitaset vähemalt 1 Hz sagedusega;

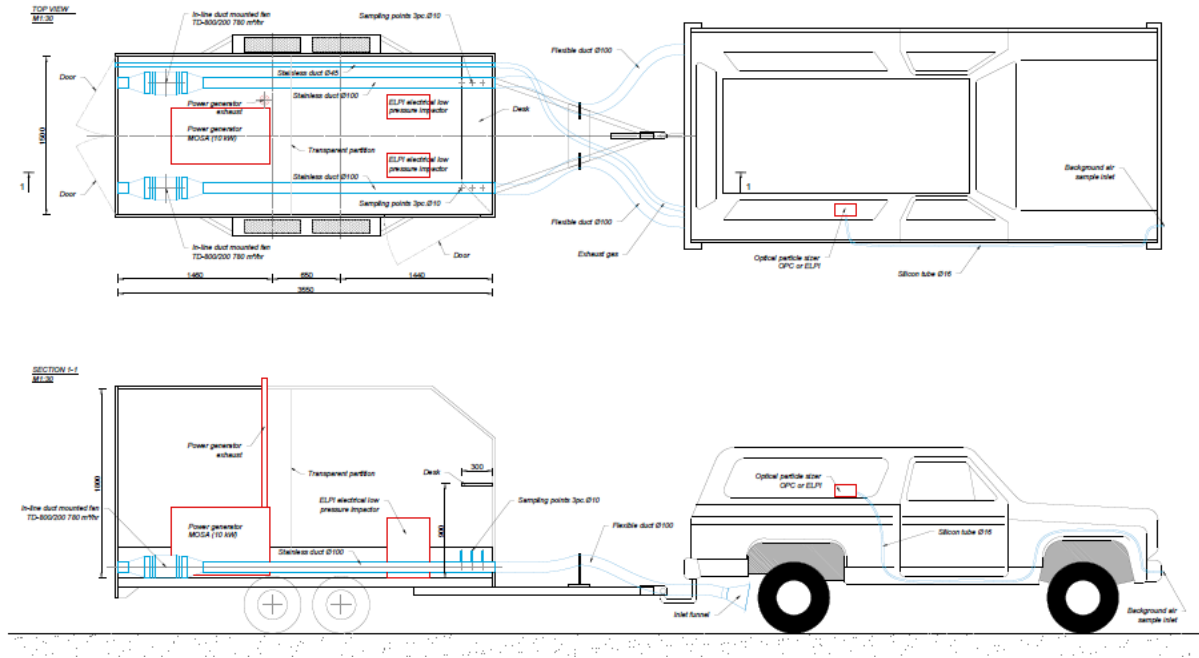
- a. Sõiduki ees olev fooniõhku mõõtev analüsaator ja sõiduki tagarataste alt PMx mõõtvad analüsaatorid seadistati enne testmõõtmisi PMx sarnastele fraktsioonivahemikele ning kõigi analüsaatorite logerite kellaajad sünkroniseeriti enne igat mõõtmist;
 - b. Isokineetilise proovivõtu tagamiseks on mõõteseade varustatud proovivõtusondidega, mille sees liikuva õhuproovi liikumise kiirust muudeti vastavalt sõiduki liikumise kiirusele;
 - c. Proovivõtusondide läbimõõt ja paigutus on optimeeritud selliselt, et sondides on tagatud minimaalne PMx kadu;
 - d. PMx kadu sondides määrati katseliselt sõiduki erinevate liikumiskiirustel;
 - e. Mõõteseadmes kasutatavad analüsaatorid võimaldavad PMx mõõtmisi vähemalt koagulatsiooni- ja jämedispersest moodist (10 nm kuni 10 µm).
5. Mõõteseade võimaldab määrata sõidu ajal rehvi- ja teekatte temperatuuri vähemalt 1 Hz sagedusega;
 6. Sõiduki heitgaasid olid mõõtetulemuste võimaliku mõjutuste vältimiseks mõõteseadmest mööda juhitud.
 7. Proovivõtusüsteemist tingitud jämedafraktsiooniliste peenosakeste kadu hinnati reaalse mõõtmistega ning kadudega arvestati PMx eriheidete arvutamisel.

Katsed naast- ja lamellrehvidega viidi läbi 2012 ja 2013 talveperioodil (kokku 10 mõõtepäeva), kui talverehvide kasutamine oli Eestis lubatud. Sõiduki tagateljelele paigutati samaaegselt naast- ning lamellrehv ning mõõdeti mõlema rehvi mõju samaaegselt. Katsed suverehvidega, sh kruusateedel, viidi läbi 2012 ja 2013 aasta suvel (kokku 10 mõõtepäeva).

4.1.1.1 REAL tehnilised andmed

Testmõõtmiste ajal oli sõidukiks Toyota Hilux (2006) 2,5 TDI, (turbodiisel) mootori võimsuseks 88 kW (118 hobujõudu). Sõiduki mõõtmed: pikkus 5255 mm, laius 1760 mm, kõrgus 1810 mm, registrimass 2760 kg. Tagumise telje koormus, kus paikneb sond, oli 1510 kg. Testmõõtmiste ajal kasutati rehvidena Michelin Latitude cross suverehve, mõõtudega 265/70 R15. Naastrehvidena kasutati Cooper Discoverer 265/70 R15 M+S ja lamellrehvidena Bridgestone Blizzak 265/70 R15 M+S. Sõiduki taga paiknes mõõtmisteks ümberehitatud järeleveetav haagis, kus paiknesid analüsaatorid koos

muude vajalike lisaseadmetega. Haagise mõõtmed olid: kogupikkus 5140 mm, laius 1920 mm ja kõrgus 2334 mm, registrimass 1700 kg (Joonis 1).



Joonis 1 REAL skemaatiline joonis (Maasikmets et al., 2013).

Sõidukil kasutati mõõtmiste ajal tagasillavedu. Haagises paiknesid osakeste analüsaator Dekati ELPI+™ (Electrical Low Pressure Impactor), selle pump, osakeste optiline analüsaator OPS (Optical Particle Sizer 3330, TSI), temperatuuriandurite puhastamiseks mõeldud suruõhu kompressor (GIS, SIL AIR 50/9, maksimaalne jõudlus 8 bar) ning muud seadmed (elektrigeneraator, proovivõtusondid koos reguleeritavate ventilaatoritega, juhtarvuti, temperatuuriandurite logerid, katkematu voolutoite allikas, elektrikilp) (Joonis 2).



Joonis 2 Seadmete paiknemine REAL-is.

Temperatuuri sensorid Compact infrared temperature sensor (Optric CT LT), mis mõõtsid rehvi ja teepinna temperatuuri, olid kinnitatud sõiduki astmelaua külge (Joonis 3). Antud sensorid määravad temperatuuri uuritava objekti pinnalt infrapuna-kiirguse anduri abil. Rehvi temperatuuri andur oli paigutatud maapinna suhtes horisontaalselt, mis võimaldas suunata anduri otse rehvidele. Teekatte temperatuuri andur oli paigutatud maapinna suhtes vertikaalselt, mis võimaldas suunata anduri otse teekattele. Mõlema anduri mõõtepea pinnale juhiti suruõhku 1-2 l/min, millega tagati anduri mõõtepea puhtus ning välditi ümbritsevast tolmust tulenevate mõõtevigade tekkimist. Elektrienergiat analüsaatorite ja muude seadmete jaoks toodeti diisलगeneraatoriga (GE 12000 LD/GS, MOSA), mille võimsus oli 10 kW. Diisलगeneraatori heitgaasid juhiti läbi haagise katuse välisõhku ning seega generaatori heitgaasid sõiduki liikumisel mõõtetulemusi ei mõjutanud. Sõiduk oli varustatud globaalse positsioneerimisseadmega (GPS), mis võimaldas 5 sekundilise intervalliga salvestada sõiduki koordinaadid (kraadides) ja kiiruse (kilomeetrit tunnis). Sõiduki rattakoopasse oli kinnitatud spetsiaalne proovivõtutsik pindalaga 400 cm², mille ees paiknes sõel (augu diameeter 3 mm), mis takistas suurte osakeste sattumist proovivõtusondi (Joonis 4). Proovivõtusondid (2 tk) läbimõõduga 100 mm, pikkusega 3000 mm (sõiduki ja haagise vahel asuv paenduv sond) + 3563 mm (haagises asuv sond, paiknes järelhaagise põrandale kinnitatuna horisontaalselt). Õhu väljapuhe toimus haagise tagumistesse ustesse tehtud avauste kaudu. Kummaski proovivõtusondis oli kolm 10 mm läbimõõduga vertikaalselt paiknevat proovivõtutsi, mille kaudu analüsaatorid imesid vajamineva õhuproovi. Proovivõtusondi oli lisaks paigaldatud ELPI+ temperatuuriandur, mis mõõtis analüüsitava õhu temperatuuri. Lisaks paiknes haagises sõiduki heitgaaside sond diameetriga 50 mm, mille väljapuhe asus haagise tagumises osas, tagades sellega sõiduki heitgaaside eemalejuhtimise

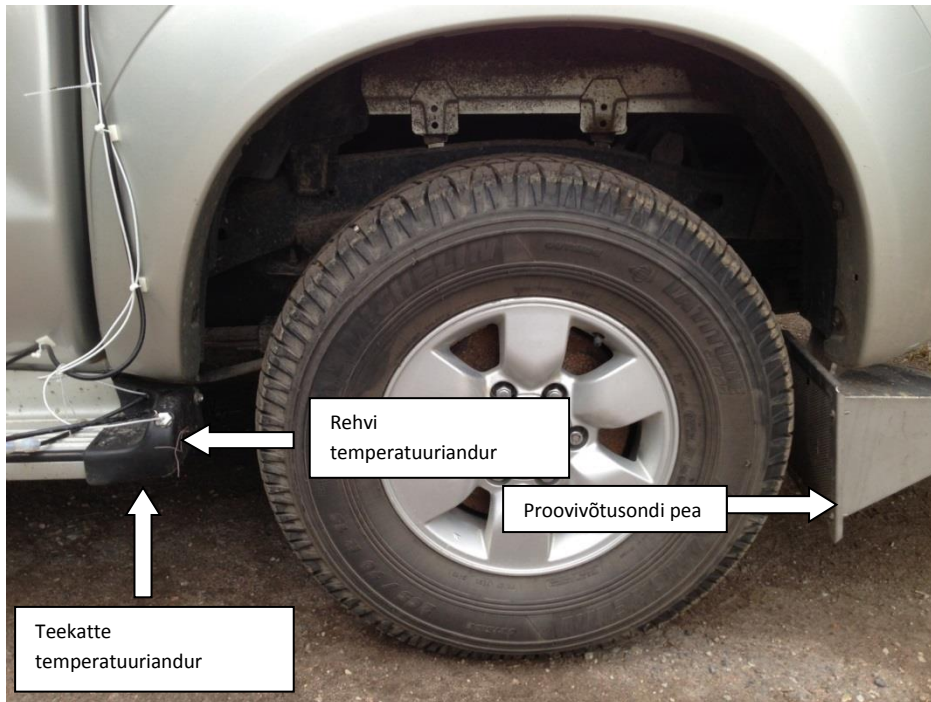
proovivõtukoolest. Vajadusel on võimalik teostada ka sõiduki heitgaaside mõõtmisi reaalsetes sõidutingimustes. Isokineetilise proovivõtu tagamiseks oli proovivõtusondide lõppu paigutatud reguleeritavad tõmbeventilaatorid (TD-800/200, maksimaalne väljapuhe 2x1100 m³/h) (Joonis 5). Proovivõtusondides liikuva õhu kiirust mõõdeti pisteliselt rõhuerinevuste kaudu automaatanalüsaatoriga Testo 400 (Testo AG). Isokineetilise proovivõtu tagamiseks oleks vajalik paigutada mõõtesondi statsionaarne anemomeeter ja ventilaatori jõudlust vastavalt anemomeetri näidule reguleerida.

Fooniõhu mõõtmiseks oli sõiduki esiossa esipõrkeraua külge paigutatud silikoonist proovivõtusond, mille kaudu imeti proov sõiduki salongi, kus paiknes osakeste optiline analüsaator OPS.



Joonis 3

Mõõtekäru REAL



Joonis 4 Proovivõtusondi ja temperatuurianduri paigutus tagarehvi juures.



Joonis 5 Ventilatorid REAL-is (vaade tagant).

4.1.1.2 Kasutatud mõõteseadmete iseloomustus

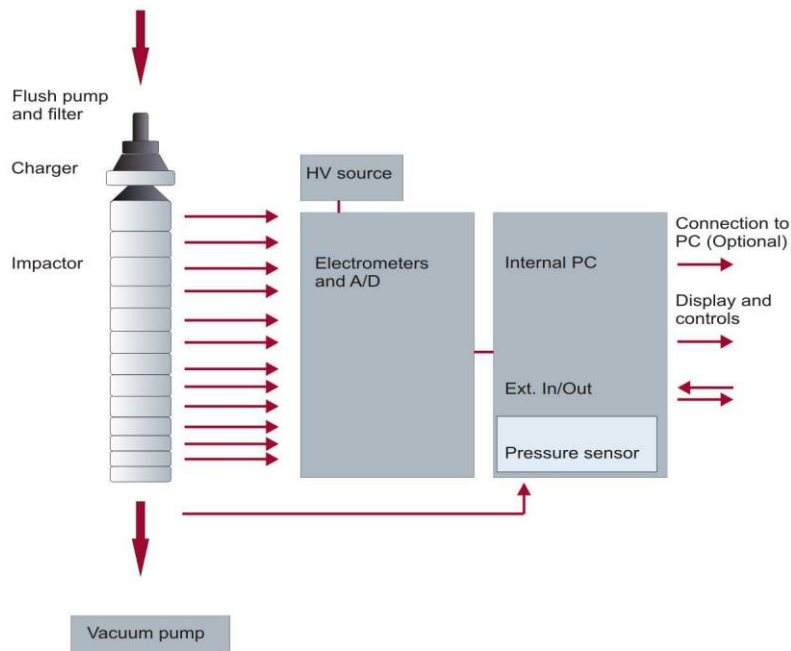
Peenosakeste mõõtmiseks kasutati Dekati ELPI+ (Electrical Low Pressure Impactor) elektrilist madalarõhulist impaktorit. ELPI+ mõõteprintsipi võib jagada kolme põhifaasi:

1. Esmalt laetakse analüsaatorisse sisenevate osakesed koroonalahenduse abil ($3,5 \text{ kV} \pm 1 \text{ kV}$). Seejärel suunatakse laetud osakesed pinge lõksu (trap voltage), mis toimib kui väike elektrifilter ning kus eemaldatakse laetud molekulide grupid;
2. Seejärel liiguvad osakesed impaktorsüsteemi, kus need sadestuvad vastavalt oma diameetritele;
3. Sadestumise hetkel kannavad osakesed oma laengud edasi vastavale impaktorplaadile, kus see registreeritakse tundliku elektromeetri poolt ning antud laengud teisendatakse vastavalt pingele osakeste arvkontsentratsiooniks (Joonis 6).

ELPI+ mõõtekambris on tekitatud stabiilne vaakum - 40mbar. Pump imeb 10 liitrit minutis, mille kaudu on võimalik hiljem tulemusi esitada number- või massikontsentratsiooni kuupmeetri kohta. ELPI+ võimaldab mõõta peenosakeste 14 erinevas fraktsioonis (0,01 – 10 μm) reaajas kuni 1 Hz sagedusega (Tabel 1) (ELPI, 2013).

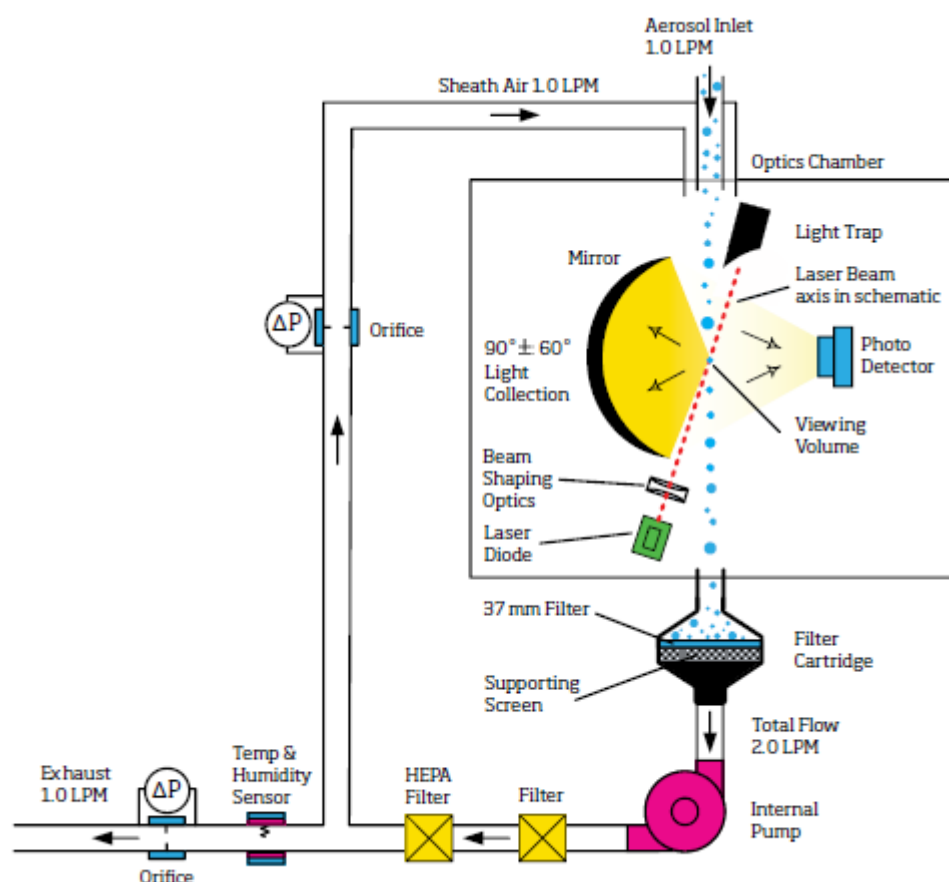
Tabel 1 ELPI+ mõõtefraktsioonid.

Fraktsioon, μm	D50% [μm]
14	6.8
13	4.4
12	2.5
11	1.6
10	1.0
9	0.64
8	0.40
7	0.26
6	0.17
5	0.108
4	0.060
3	0.030
2	0.017
1	0.006



Joonis 6 ELPI skemaatiline joonis (ELPI, 2013).

Lisaks kasutati peenosakeste mõõtmiseks optilist analüsaatorit OPS (Optical Particle Sizer 3330, TSI). Osakesed liiguvad läbi OPS mõõtekambri, konstantsel kiirusel, kus osakesed läbivad laserkiire. Tekitatud valgusimpulss registreeritakse tundlikul valgusdiodil, mis loeb ja arvutab osakeste suuruse vastavalt impulsile (Joonis 7). OPS võimaldab peenosakesi mõõta suurusvahemikus 0,3 – 10 μm . Antud suurusjaotust saab liigitada vastavate protokollide abil 5 - 16 vahemikuks. (OPS, 2013). Mõõtmistel kasutatud fraktsioonide jaotus vastas ELPI+ fraktsioonide ülemisele otsale (alates 300 nm).



Joonis 7 OPS tööpõhimõtte skemaatiline joonis (OPS, 2013)

Sõiduki rehvi ja teekatte temperatuuri mõõtmiseks kasutati Oprtris CT LT infrapuna andureid (Compact infrared temperature sensor, Oprtris CT LT). Tegemist on infrapuna sensoriga, mis mõõdab reaalajas, kuni millisekundilise resolutsiooniga valitud pinna temperatuuri. Antud juhul rehvi ja teekatte temperatuuri sekundilise intervalliga. Kuna mõõtmiste ajal satub paratamatult tolmu anduri läätsedele, puhutakse järelhaagises asuva kompressori abil konstantselt suruõhku üle läätsede pinna madalal kiirusel - 1-2 l/min. See tekitab läätsede pinnale õhupadja, mis ei lase tolmul sadestuda ja sellega temperatuuri näitu mõjutada (OPTRIS, 2013).

4.1.1.3 Mõõtetulemused

REAL mõõtmiste käigus koguti andmeid rehvi- ja teekatte temperatuuri, fooniõhu peenosakeste kontsentratsiooni, sõiduki asukoha ja kiiruse ning rehvide, piduriklotside ja teekatte kulumisest tekkivate peenosakeste emissiooni kohta. Tulemustest lahutati peenosakeste taustakontsentratsioonid ning

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 25 (94)

kontsentratsioonipiigid, mis olid põhjustatud mööduvatest sõidukitest või tee kõrval olevatest keskkonnateguritest (tolmav põllumajandustehnika, katteta kõrvalteed jms).

Lisaks hinnati mõõtesondides jämedafraktsiooniliste peenosakeste (PM₁₀) kadu. Selleks teostati paralleelmõõtmised kahe OPS seadmega. Selle tarbeks paigutati ühe OPS analüsaatori mõõtesond vahetult tagaratta taga paikneva proovivõtuotsiku ette ning teise OPS analüsaatoriga mõõdeti tavapärasest mõõtekohast mõõteseadmes paiknevas proovivõtukoahas. Antud katses tuvastati, et PM₁₀ fraktsiooni puhul jääb proovi kaoks mõõtesüsteemi sondis alla 10%. Antud kadudega arvestati eriheidete arvutamisel. Tulevikus võiks teostada peenosakeste erinevate fraktsioonide kadude hindamiseks uued mõõtmised, kasutades selleks aerosooligeneraatorit. Antud meetodi puhul genereeritakse kindla suuruse ja kontsentratsiooniga peenosakesi, mis injekteeritakse proovivõtusondi ning samaaegselt teostatakse peenosakeste proovivõtt proovivõtusüsteemist. Taolise meetodiga saaks efektiivselt hinnata erinevate peenosakeste fraktsioonide kadusid proovivõtusondis.

Mõõtmiste käigus hinnati erinevate rehvitüüpide ning sõiduki kiiruse mõju tekkivate PM_x emissioonide osas. Mõõdetud kontsentratsioonide põhjal on võimalik arvutada uuritava saasteaine hetkeline heitkogus (milligrammi sekundis, mg/s) kui ka uuritava saasteaine eriheide (milligrammi sõiduki sõidukilomeetri kohta, mg/vkm).

Eriheidete arvutamiseks kasutati alljärgnevat valemeid (Mathissen et al., 2012)

$$E = \sum_t c_{av} \cdot A \cdot v_{sõiduk}$$

Valem 3

$$EF = \frac{E_{Total}}{d} \pm \frac{Stdev}{d}$$

Valem 4

kus:

E on hetkeline heitkogus (mg/s);

EF on eriheide (mg/vkm);

c_{av} on PM₁₀ massikontsentratsioon, millest on taustakontsentratsioon lahutatud (mg/m³);

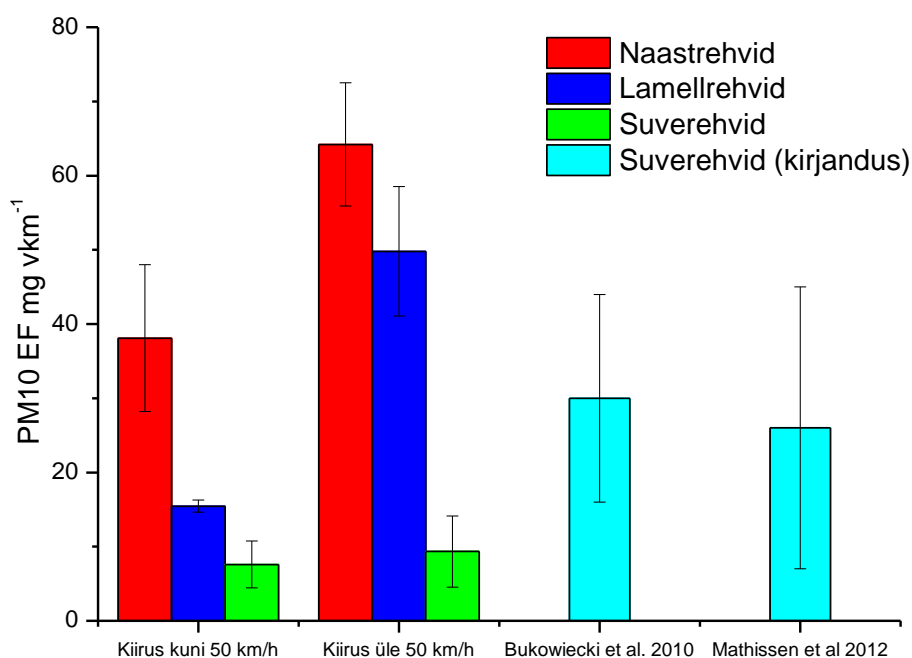
A on autoalune pindala (10 m²);

$v_{sõiduk}$ sõiduki kiirus (m/s);

d on läbitud vahemaa

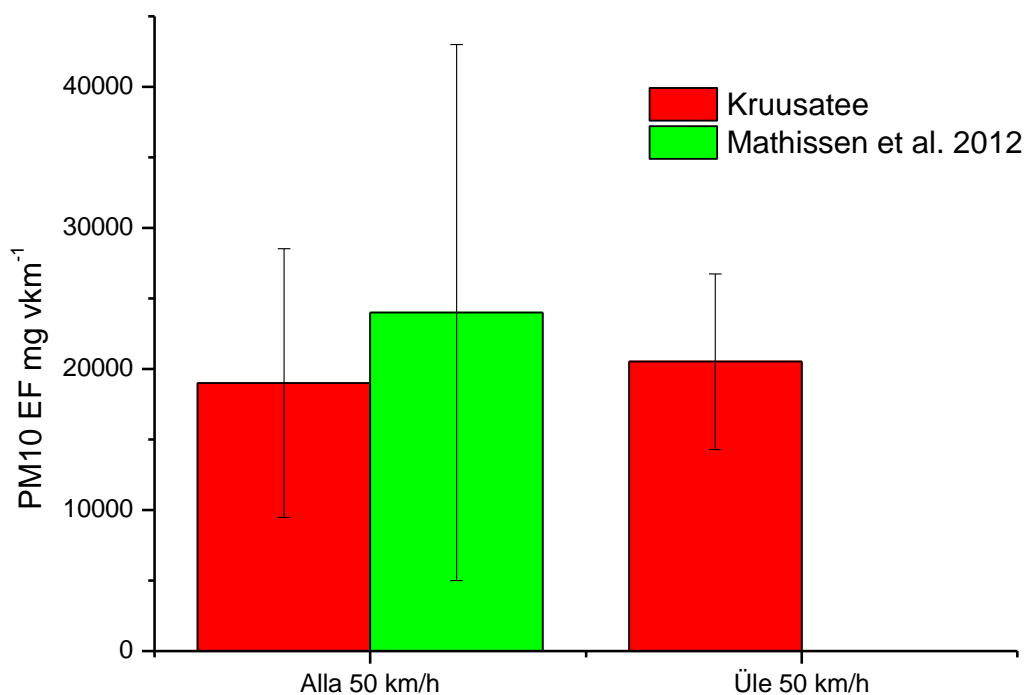
Stdev on hetkelise heitkoguse standardhälve.

Tulemustest (Joonis 8) nähtub, et kõige suurem PM₁₀ eriheide kõvakattega teel on naastrehvide kasutamisel, seda nii alla 50 km/h kui üle 50 km/h kiirustel. Peamine põhjus seisneb selles, et naastrehvide naastud kulutavad kokkupuutel teega intensiivsemalt teekatet ja naastud kuluvad ise ka selle käigus tekitades täiendavaid osakesi. Lamellrehvide kõrge eriheide on tingitud eelkõige sellest, et lamellrehv on võrreldes suverehviga oluliselt pehmem ning tänu sellele kulub kiiremini. Rehvi kulumisest pärineva kummi osakaalu hindamiseks PM_x proovides on üheks võimaluseks teostada filtrite hilisem analüüs ning üheks rehvikulumise markeraineks on pakutud 24MbOT-d (2-(4-Morpholiny) benzothiazole) ja NCBA-d (N-cyclohexyl-2-benzothiazolamine (Pan et al., 2012). Lisaks on antud perioodil oluline roll teekattelt resuspensiooniga õhku paisataval peenosakeste emissioonil, kuna antud perioodil on teekattelt märkimisväärsel hulgal kevad-talvisest perioodist (liiklus + muud allikad) pärit peenosakesi, mis sõidukite poolt uuesti õhku paisatakse. Talvisel perioodil naastrehvide poolt kulutatud teekatte osakesed jäävad tänu kõrgele niiskusele enamasti teekattele ning külmumise käigus seotakse osad teekatte pinnaga. Temperatuuri tõustes sulavad varem sadenenud osakesed teekatte pinnalt lahti ning paisatakse sõiduki rehvide poolt uuesti õhku. Suverehvid on oma olemuselt tugevama koostisega ning suvisel perioodil on teekatted reeglina puhtamad.



Joonis 8 Erinevate rehvitüüpide PM₁₀ eriheited ja sõltuvus kiirusest.

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 27 (94)



Joonis 9 Kruusateede PM10 eriheidet ja selle sõltuvus kiirusest.

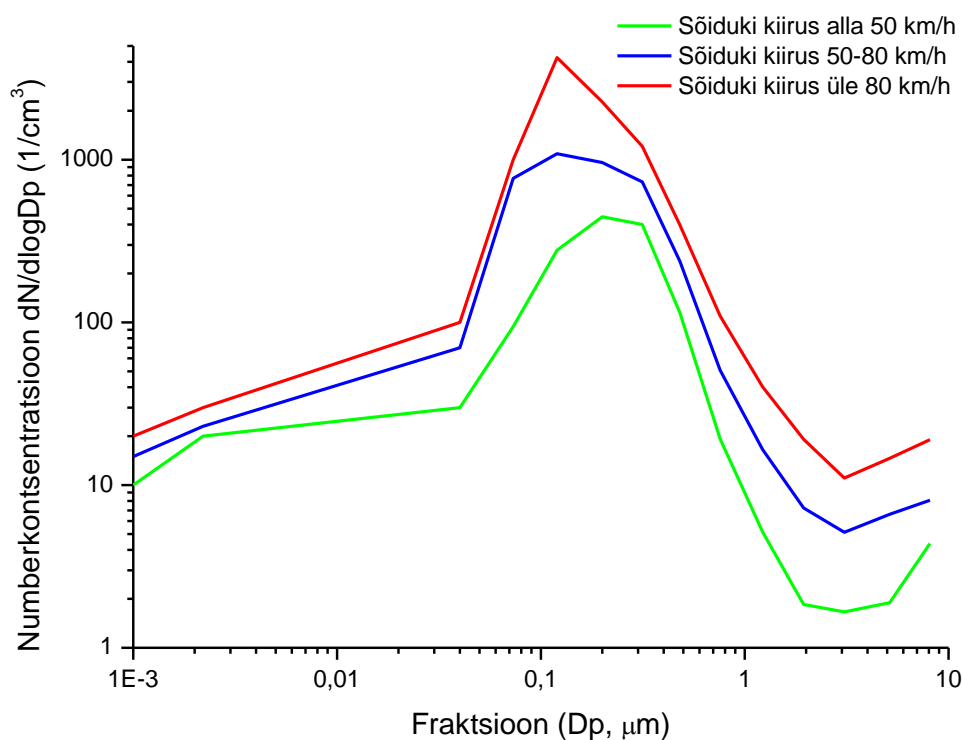
Lamellrehvide mõnevõrra suurem eriheid, võrreldes suvrehvidega, on tingitud lamellrehvi pehmemast koostisest ja sügavamast mustriest, mis teega kontakteerudes tekitab teega kontakteerudes tugevama vaakumi ja sellega kaasneva peenosakeste intensiivsema õhkupaiskamise.

REAL süsteemiga mõõdetud kõvakattega tee eriheidet lamellrehvide puhul on $49,8 \pm 8,72$ mg/vkm, mis on võrreldavad kirjanduses leiduvate eriheidetega 26 ± 19 mg/vkm (Mathissen et al., 2012) ja 30 ± 14 mg/vkm (Bukowiecki et al., 2010). Mõõdetud eriheidet omakorda moodustab 1/3 piduriketastest, 1/3 rehvi- ja 1/3 teekatte kulumisest tekkivast PM10 heitkogusest.

Kruusateedel mõõdetud PM10 eriheideteks saadi keskmiselt $19\,760,18 \pm 7874,83$ mg/vkm. Alla 50 km/h sõitmisel oli PM10 eriheideteks $19\,000,82 \pm 9521,71$ mg/vkm ning üle 50 km/h oli PM10 eriheideteks $20\,519,53 \pm 6227,94$ mg/vkm. Antud eriheidet on võrreldav Mathissen et al., 2012 tulemusega. Kruusateede eriheidet moodustab ligikaudu 0,3% piduriketastest, rehvi- ja teekattekulmisest pärinev PM10, kogu ülejäänud osa moodustub teekatte pinnalt lenduvast PM10-st.

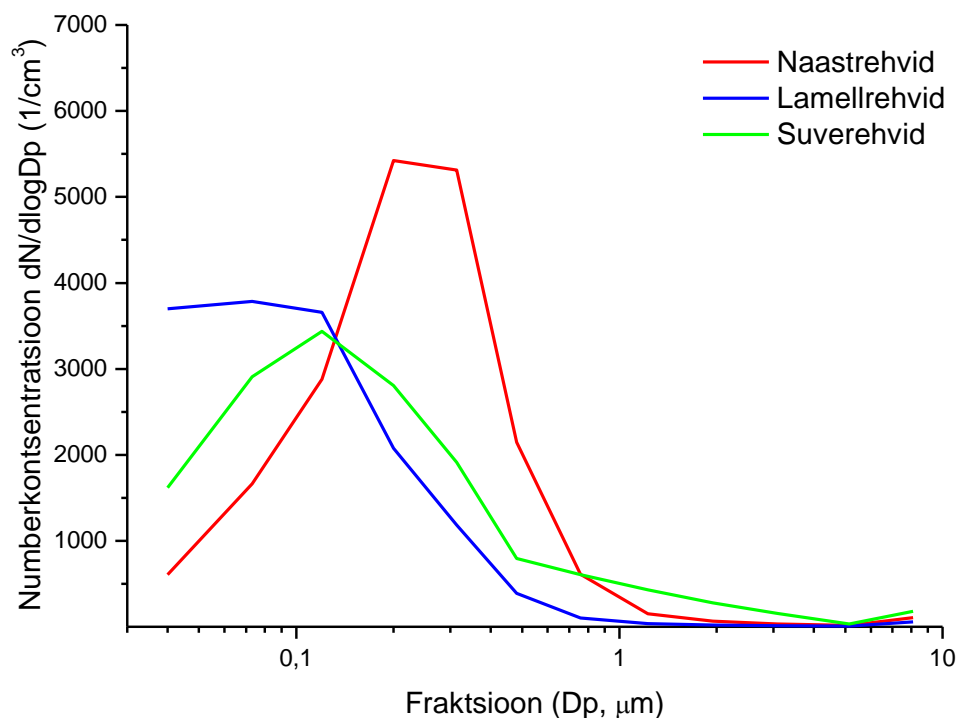
Joonis 10 põhjal nähtub suvrehvidega teostatud katse osakeste arvu sõltuvus sõiduki kiirusest. Seda tendentsi kinnitavad ka teised varasemad uuringud (Mathissen et al., 2012; Pirjola et al., 2009). Enim tekib [Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 28 \(94\)](#)

0,1 – 0,5 μm suurusega osakesi. Kõrgem peenosakeste emissioon suurematel kiirustel on tingitud rehvi ja tee vahelisest intensiivsemast kontaktist, mis kulutab nii teekatet kui ka rehvi rohkem. Samuti tekitab suurem kiirus tugevama õhu turbulentsi sõiduki alla, mis omakorda tõstab teekattelt rohkem osakesi üles.



Joonis 10 Peenosakeste emissiooni sõltuvus kiirusest (suvrehvidega).

Suurim peenosakeste arvkontsentratsioon tekib väiksemate osakeste fraktsioonis, olles olenevalt kasutatud rehviüübist mõnevõrra erinev. Naastrehvid tekitavad võrreldes lamell- ja suvrehvidega mõnevõrra jämedafraktsioonilisemaid (0,5 μm) peenosakesi, samas kui lamell- ja naastrehvide puhul on täheldatav maksimaalne arvkontsentratsioon 0,1 μm juures (**Joonis 11**). Naastrehvide mõnevõrra erinevat jaotust lamell- ja suvrehvist võib mõjutada naastude eripära. Väiksemate osakeste domineerimist peenosakeste emissioonis võib seletada teekatete ja rehvide materjali eripära ning kulumise omadustega. Ühest kindlat seletust, miks just väiksem fraktsioon sõiduki poolt tekitatud peenosakeste emissioonis domineerib pole. Antud aspekt võiks olla järgnevate uuringute eesmärk.



Joonis 11 Erinevate rehvitüüpide peenosakeste suurusjaotus

Mõõteseadme REAL mõõtmiste käigus selgus, et sellega on võimalik adekvaatselt hinnata PM_x emissiooni kasutades selleks erinevaid rehve. Mõõtmiste käigus tuvastati oluline seos sõiduki kiiruse, rehvitüübi ja peenosakeste emissiooni vahel, mis on kooskõlas varasemate uuringutega (Hussein et al., 2008; Mathissen et al., 2012; Pirjola et al., 2009). Tulemustest (Joonis 8) nähtub, et kõige suurem PM₁₀ eriheide kõvakattega teel on naastrehvide kasutamisel, seda nii alla 50 km/h kui üle 50 km/h kiirustel. Peamine põhjus seisneb selles, et naastrehvide naastud kulutavad kokkupuutel teega intensiivsemalt teekatet ja naastud kuluvad ise ka selle käigus tekitades täiendavaid osakesi. Lamellrehvide kõrge eriheide on tingitud eelkõige sellest, et lamellrehv on võrreldes suverehviga oluliselt pehmem ning tänu sellele kulub kiiremini. Kruusakattega teede eriheide on samas ligikaudu 380 korda kõrgem naastrehvide kasutamisest pärineva eriheitena. Arvestades kruusakattega teede osakaalu Eesti teedevõrgustikus, siis on sealt pärinev PM₁₀ heitkogus märkimisväärne.

Andmeid naastrehvide osakaalude kohta on hinnatud TTÜ Teedeinstituudis 1992/93, 1993/94, 1997/98, 1999/2000 ja 2001/2002 aasta talvel. Nendest uuringutest ilmnes, et naastrehvide osa püsis mitu aastat ligikaudu 80-l protsendil ja hakkas siis vähenema ning MS, lamell- või muude talverehvide osa suurenema. (Koppel et al., 2005).

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 30 (94)

Alljärgnevalt teostati PM₁₀ resuspensioonist pärinevate heitkoguste arvutused lähtuvalt järgmistest eeldustest:

1. Kattega teede pikkus oli 2010 aastal 15 175 km ja katteta teede pikkus 24 581 km (Maanteeamet, 2010)
2. Katteta teede osakaal on tõusnud alates 1990 a. alates ligikaudu 800 km (Ingermaa, 2014).
3. Kohalikel teedele langeb 30% ja riigimaanteedele 70% aastasest liikluskoormusest (Riigikontroll, 2010).
4. Talveperioodil on Eestis keskmiselt naastrehvi ja lamellrehvi osakaal vastavalt 76,2% ja 23,8% (Koppel et al., 2005).
5. Talverehvide kasutusaeg on aastas 210 päeva.
6. Suverehvide kasutusaeg on aastas 155 päeva.
7. Sademetega (> = 1,0 mm) päevi on aastas keskmiselt 121 (EMHI, 2014) ja lumega keskmine päevade arv on keskmiselt 109 (EMHI, 2006). Seega võib eeldada, et keskmiselt 230 päeval aastas kruusateed ei tolma, st märkimisväärne PM₁₀ emissioon puudub.
8. Heitkoguste arvutamisel võeti arvesse Tabel 4 ja Tabel 5 algandmed ning Joonis 8 ja Joonis 9 keskmistatud eriheidet
9. Kuna eriheidet määrati vaid sõiduautodele, siis teostati PM₁₀ heitkoguste arvutused sõiduautode ja raskeveokite kategoorias. Kuna raskeveokite eriheidet ei mõõdetud, siis võeti raskeveokite heitkoguste arvutamisel aluseks sõiduautode eriheidet.

Tabel 2 Kattega ja katteta teede jagunemine

Aasta	Kattega tee, km	Katteta tee, km	Läbisõit (LV), km/a	Läbisõit (HV), km/a	Läbisõit, km	Läbisõit kattega, km	Läbisõit katteta, km	Läbisõit kattega, talv	Läbisõit kattega, suvi
1990	11 708	21 726	5601000000	2271000000	7872000000	5510400000	2361600000	3170367123	2340032877
1991	11 811	21 849	5612000000	1864000000	7476000000	5233200000	2242800000	3010882192	2222317808
1992	11 885	21 988	2278000000	1130000000	3408000000	2385600000	1022400000	1372536986	1013063014
1993	11 945	22 135	2620000000	1209000000	3829000000	2680300000	1148700000	1542090411	1138209589
1994	12 029	22 267	4225000000	1266000000	5491000000	3843700000	1647300000	2211443836	1632256164
1995	12 084	22 681	3880000000	1289000000	5169000000	3618300000	1550700000	2081761644	1536538356
1996	12 178	23 130	4172000000	1346000000	5518000000	3862600000	1655400000	2222317808	1640282192

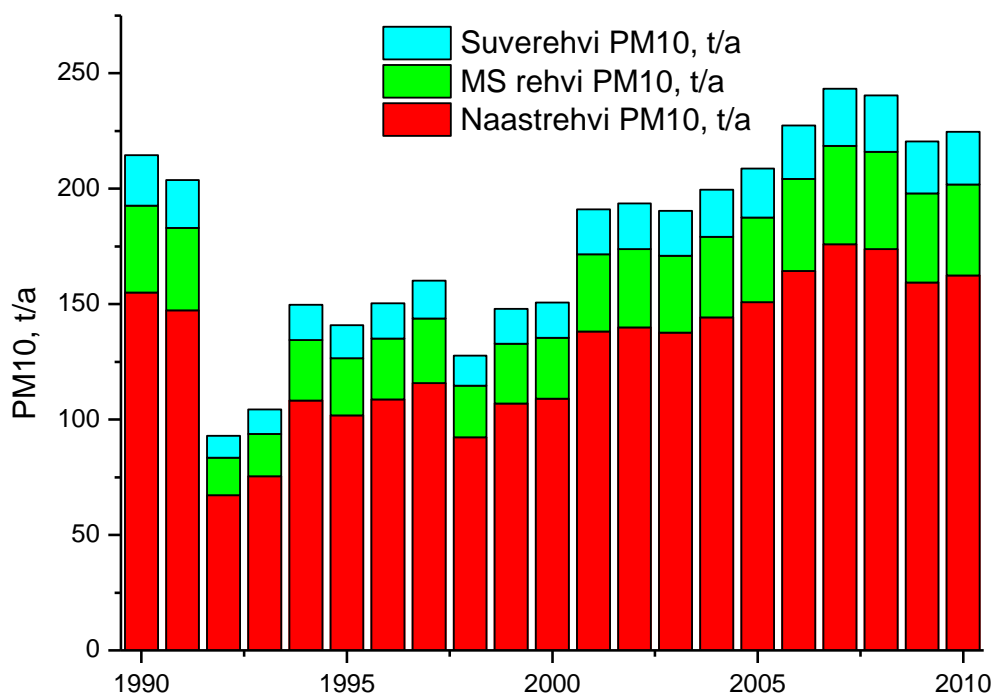
Aasta	Kattega tee, km	Katteta tee, km	Läbisõit (LV), km/a	Läbisõit (HV), km/a	Läbisõit, km	Läbisõit kattega, km	Läbisõit katteta, km	Läbisõit kattega, talv	Läbisõit kattega, suvi
1997	12 419	24 256	4396000000	1479000000	5875000000	4112500000	1762500000	2366095890	1746404110
1998	12 488	24 412	3165000000	1521000000	4686000000	3280200000	1405800000	1887238356	1392961644
1999	12 579	24 552	4012000000	1414000000	5426000000	3798200000	1627800000	2185265753	1612934247
2000	12 671	24 696	4126000000	1405000000	5531000000	3871700000	1659300000	2227553425	1644146575
2001	12 733	24 867	5271000000	1740000000	7011000000	4907700000	2103300000	2823608219	2084091781
2002	12 830	25 011	5177000000	1927000000	7104000000	4972800000	2131200000	2861063014	2111736986
2003	12 953	25 129	5219000000	1767000000	6986000000	4890200000	2095800000	2813539726	2076660274
2004	13 097	25 225	5420000000	1901000000	7321000000	5124700000	2196300000	2948457534	2176242466
2005	13 478	25 087	5802000000	1858000000	7660000000	5362000000	2298000000	3084986301	2277013699
2006	13 917	25 148	6451000000	1892000000	8343000000	5840100000	2502900000	3360057534	2480042466
2007	14 300	25 103	6990000000	1940000000	8930000000	6251000000	2679000000	3596465753	2654534247
2008	14 603	25 120	6865000000	1957000000	8822000000	6175400000	2646600000	3552969863	2622430137
2009	14 862	24 815	6547000000	1544000000	8091000000	5663700000	2427300000	3258567123	2405132877
2010	15 175	24 581	6518000000	1727000000	8245000000	5771500000	2473500000	3320589041	2450910959

 Tabel 3 PM₁₀ heitkogused (t/a) teekatte resuspensioonist

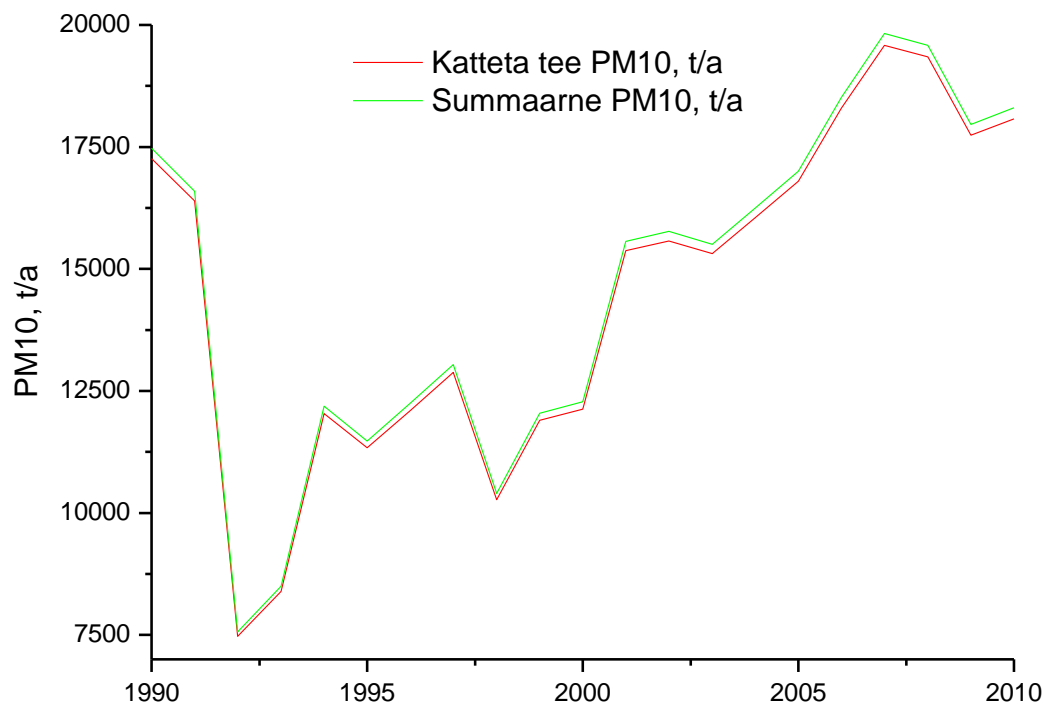
Aasta	Naastrehev, t/a	MS, t/a	Suverehev, t/a	Katteta tee, t/a	Kokku, PM ₁₀ , t/a
1990	155.096	37.576	21.879	17259.737	17474.289
1991	147.294	35.686	20.779	16391.488	16595.247
1992	67.145	16.268	9.472	7472.203	7565.088
1993	75.440	18.277	10.642	8395.266	8499.625
1994	108.185	26.211	15.262	12039.281	12188.938
1995	101.841	24.674	14.367	11333.280	11474.161
1996	108.717	26.340	15.337	12098.480	12248.873
1997	115.750	28.044	16.329	12881.219	13041.342
1998	92.324	22.368	13.024	10274.280	10401.997
1999	106.904	25.901	15.081	11896.765	12044.651
2000	108.973	26.402	15.373	12126.983	12277.730

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 32 (94)

Aasta	Naastrehv, t/a	MS, t/a	Suvehv, t/a	Katteta tee, t/a	Kokku, PM ₁₀ , t/a
2001	138.132	33.467	19.486	15371.954	15563.038
2002	139.964	33.910	19.745	15575.861	15769.480
2003	137.639	33.347	19.417	15317.140	15507.543
2004	144.240	34.946	20.348	16051.644	16251.177
2005	150.919	36.564	21.290	16794.917	17003.691
2006	164.375	39.825	23.188	18292.428	18519.816
2007	175.941	42.627	24.820	19579.453	19822.840
2008	173.813	42.111	24.520	19342.658	19583.102
2009	159.410	38.622	22.488	17739.905	17960.426
2010	162.445	39.357	22.916	18077.558	18302.275



Joonis 12 PM₁₀ heitkogused kattega teedelt



Joonis 13 Katteta teede ja summaarsed PM10 heitkogused

4.1.2 Peenosakeste arvutuslikud heitkogused

Hindamaks teekatetelt tulenevaid saasteainete heitkoguseid, on algandmetena nii Tier 1 kui ka Tier 2 puhul vaja teada autode arvu ning keskmist läbitud vahemaad. Käesolevas töös kasutatud andmed autode arvu ja läbisõidu kohta pärinevad Eesti kasvahoonegaaside heitkoguste inventuuri aruandest. EMEP/EEA meetod võimaldab arvutada saasteainete emissioonid eraldi nii mootorratastele, sõiduautodele, kergeveokitele kui ka raskeveokitele. Erinevalt AP-42-st, ei erista aga EMEP/EEA meetod emissioone kattega ning katteta teedelt.

Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks vajaminevad algandmed (sõidukite arv ja läbitud vahemaa) on väljatoodud Tabel 4 ja Tabel 5.

Tabel 4 Sõidukite arv ajavahemikul 1990-2010 (tuhat sõidukit)

Aasta	Sõiduautod	Bussid	Veoa autod	Mootorrattad ja mopeedid	Treilerid/ Haagised	Kokku
1990	241	8	68	106	17	440
1991	261	9	77	100	16	463
1992	284	8	75	100	36	503
1993	317	9	74	97	37	534
1994	338	6	54	2	17	417
1995	383	7	66	3	24	483
1996	407	7	71	5	29	519
1997	428	7	77	5	33	550
1998	451	6	81	6	36	580
1999	459	6	81	7	37	590
2000	464	6	82	7	38	597
2001	407	6	81	7	37	538
2002	401	5	80	7	37	530
2003	434	5	83	8	40	570
2004	471	5	86	9	43	614
2005	494	5	86	10	46	641
2006	554	5	93	13	53	718
2007	524	4	80	15	53	676
2008	552	4	83	18	60	717
2009	546	4	81	19	62	712
2010	553	4	81	20	66	724

Tabel 5 Sõidukite keskmine läbisõit ajavahemikul 1990-2010 (miljon kilomeetrit aastas)

Aasta	Sõiduautod	Kaubikud	Haagised	Bussid	Mootorrattad ja mopeedid	Kokku
1990	5 601	687	1 363	221	317	8 190
1991	5 612	668	1 020	176	230	7 707
1992	2 278	347	678	105	230	3 638
1993	2 620	378	679	152	223	4 053
1994	4 225	422	679	165	5	5 495
1995	3 880	447	631	211	8	5 177
1996	4 172	495	657	194	10	5 528
1997	4 396	555	725	199	13	5 888
1998	3 165	456	839	226	10	4 696
1999	4 012	512	709	193	15	5 441
2000	4 126	505	725	175	16	5 547
2001	5 271	729	844	167	16	7 028
2002	5 177	873	871	183	17	7 120
2003	5 219	825	764	178	19	7 006
2004	5 420	958	767	176	33	7 354
2005	5 802	959	724	175	11	7 670
2006	6 451	950	767	175	19	8 362

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 35 (94)

Aasta	Sõiduautod	Kaubikud	Haagised	Bussid	Mootorrattad ja mopeedid	Kokku
2007	6 990	978	777	185	28	8 958
2008	6 865	966	817	174	30	8 852
2009	6 547	727	675	142	27	8 118
2010	6 518	764	808	155	27	8 272

Tier 1 meetodi puhul kasutatakse arvutuste tegemiseks valemit:

$$TE = \sum_j N_j \times M_j \times EF_{i,j}$$

Valem 5

kus:

TE on saasteaine koguemissioon teekattelt mingi aja jooksul (g)

N_j on sõidukite arv vastavas kategoorias

M_j on keskmine läbitud vahemaa sõiduki kohta kindla aja jooksul (km)

$EF_{i,j}$ on TSP massi emissioonitegur kategoorias j (g/km)

Indeksid i ja j tähistavad vastavalt saasteainet (TSP, PM_{10} , $PM_{2.5}$) ning sõiduki kategooriat.

Tier 1 meetodika puhul eristatakse nii rehvide ja piduriketaste kui ka teekatete emissioonitegureid.

Vastavad emissioonitegurid on väljatoodud alljärgnevas tabelites (Tabel 6 ja Tabel 7).

Tabel 6 Emissioonitegurid rehvidest ja piduriketastest tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks EMEP/EEA järgi

Saasteaine	Sõiduk	Väärtus	Ühik	Vahemik	
				Alumine	Ülemine
TSP	Kahe rattaline	0,0083	$g\ km^{-1}$	0,0064	0,0103
PM_{10}	Kahe rattaline	0,0064	$g\ km^{-1}$	0,0047	0,0081
$PM_{2.5}$	Kahe rattaline	0,0034	$g\ km^{-1}$	0,0026	0,0042
TSP	Sõiduauto	0,0182	$g\ km^{-1}$	0,0111	0,0262
PM_{10}	Sõiduauto	0,0138	$g\ km^{-1}$	0,0083	0,0195
$PM_{2.5}$	Sõiduauto	0,0074	$g\ km^{-1}$	0,0045	0,0107
TSP	Kergeveok	0,0286	$g\ km^{-1}$	0,0176	0,0362
PM_{10}	Kergeveok	0,0216	$g\ km^{-1}$	0,0139	0,0272
$PM_{2.5}$	Kergeveok	0,0117	$g\ km^{-1}$	0,0071	0,0148
TSP	Raskeveok	0,0777	$g\ km^{-1}$	0,0462	0,1318
PM_{10}	Raskeveok	0,059	$g\ km^{-1}$	0,05	0,095
$PM_{2.5}$	Raskeveok	0,0316	$g\ km^{-1}$	0,0281	0,0541
PM_{10}	Raskeveok	0,038	$g\ km^{-1}$	0,0228	0,0513

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 36 (94)

Saasteaine	Sõiduk	Väärtus	Ühik	Vahemik	
				Alumine	Ülemine
PM _{2.5}	Raskeveok	0,0205	g km ⁻¹	0,0123	0,0277

Tabel 7 Emissionitegurid teekatetest tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks EMEP/EEA järgi

Saasteaine	Sõiduk	Väärtus	Ühik	Vahemik	
				Alumine	Ülemine
TSP	Kaherattaline	0,006	g km ⁻¹	0,0036	0,0081
PM ₁₀	Kaherattaline	0,003	g km ⁻¹	0,0018	0,0041
PM _{2.5}	Kaherattaline	0,0016	g km ⁻¹	0,001	0,0022
TSP	Sõiduauto	0,015	g km ⁻¹	0,009	0,0203
PM ₁₀	Sõiduauto	0,0075	g km ⁻¹	0,0045	0,0101
PM _{2.5}	Sõiduauto	0,0041	g km ⁻¹	0,0024	0,0055
TSP	Kergeveok	0,015	g km ⁻¹	0,009	0,0203
PM ₁₀	Kergeveok	0,0075	g km ⁻¹	0,0045	0,0101
PM _{2.5}	Kergeveok	0,0041	g km ⁻¹	0,0024	0,0055
TSP	Raskeveok	0,076	g km ⁻¹	0,0456	0,1026
PM ₁₀	Raskeveok	0,038	g km ⁻¹	0,0228	0,0513
PM _{2.5}	Raskeveok	0,0205	g km ⁻¹	0,0123	0,0277

Tier 1 meetodi järgi arvutatud TSP, PM₁₀ ja PM_{2.5} heitkogused on väljatoodud Tabel 10 kuni Tabel 13. Tabel 8 on arvutatud saasteainete heitkogused teekatetelt, Tabel 9 on väljatoodud piduriketastest ning rehvidest tulenevate saasteainete heitkogused, Tabel 10 sõiduautodest tulenevate saasteainete heitkogused, Tabel 11 mootorrattastest ning Tabel 12 raskeveokitest. Tabel 13 on väljatoodud teekatetelt tulenevate saasteainete summeeritud heitkogused ehk tabelis olevad heitkogused sisaldavad nii rehvidest, piduriketastest kui ka teekatetelt tulenevaid saasteainete heitkoguseid kokku. Arvutustes pole arvestatud kergeveokitest tulenevaid heitkoguseid, kuna vajalikke andmeid kergeveokite arvust ning läbitud vahemaadest polnud eraldi kättesaadavad.

Tabel 8 Saasteainete heitkogused teekatetelt aastatel 1990 - 2010

Aasta	Sõiduautod			Mootorrattad			Raskeveokid			Kokku		
	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
1990	84,0	42,0	23,0	1,9	0,95	0,51	172,6	86,3	46,6	258,5	129,3	70,0
1991	84,2	42,1	23,0	1,4	0,69	0,37	141,7	70,8	38,2	227,2	113,6	61,6
1992	34,2	17,1	9,3	1,4	0,69	0,37	85,9	42,9	23,2	121,4	60,7	32,9
1993	39,3	19,7	10,7	1,3	0,67	0,36	91,9	45,9	24,8	132,5	66,3	35,9

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 37 (94)

Aasta	Sõiduautod			Mootorrattad			Raskeveokid			Kokku		
	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
1994	63,4	31,7	17,3	0,0	0,02	0,01	96,2	48,1	26,0	159,6	79,8	43,3
1995	58,2	29,1	15,9	0,0	0,02	0,01	98,0	49,0	26,4	156,2	78,1	42,3
1996	62,6	31,3	17,1	0,1	0,03	0,02	102,3	51,1	27,6	164,9	82,5	44,7
1997	65,9	33,0	18,0	0,1	0,04	0,02	112,4	56,2	30,3	178,4	89,2	48,4
1998	47,5	23,7	13,0	0,1	0,03	0,02	115,6	57,8	31,2	163,1	81,6	44,2
1999	60,2	30,1	16,4	0,1	0,05	0,02	107,5	53,7	29,0	167,7	83,9	45,5
2000	61,9	30,9	16,9	0,1	0,05	0,03	106,8	53,4	28,8	168,8	84,4	45,7
2001	79,1	39,5	21,6	0,1	0,05	0,03	132,2	66,1	35,7	211,4	105,7	57,3
2002	77,7	38,8	21,2	0,1	0,05	0,03	146,5	73,2	39,5	224,2	112,1	60,8
2003	78,3	39,1	21,4	0,1	0,06	0,03	134,3	67,1	36,2	212,7	106,3	57,7
2004	81,3	40,7	22,2	0,2	0,10	0,05	144,5	72,2	39,0	226,0	113,0	61,2
2005	87,0	43,5	23,8	0,1	0,03	0,02	141,2	70,6	38,1	228,3	114,2	61,9
2006	96,8	48,4	26,4	0,1	0,06	0,03	143,8	71,9	38,8	240,7	120,3	65,3
2007	104,9	52,4	28,7	0,2	0,08	0,04	147,4	73,7	39,8	252,5	126,2	68,5
2008	103,0	51,5	28,1	0,2	0,09	0,05	148,7	74,4	40,1	251,9	125,9	68,3
2009	98,2	49,1	26,8	0,2	0,08	0,04	117,3	58,7	31,7	215,7	107,9	58,5
2010	97,8	48,9	26,7	0,2	0,08	0,04	131,3	65,6	35,4	229,2	114,6	62,2

Tabel 9 Saasteainete heitkogused rehvidest ning piduriketastest aastatel 1990-2010

Aasta	Sõiduautod			Mootorrattad			Raskeveokid			Kokku		
	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
1990	101,9	77,3	41,4	2,63	2,03	1,08	176,5	134,0	71,8	281,0	213,3	114,3
1991	102,1	77,4	41,5	1,91	1,47	0,78	144,8	110,0	58,9	248,9	188,9	101,2
1992	41,5	31,4	16,9	1,91	1,47	0,78	87,8	66,7	35,7	131,2	99,6	53,3
1993	47,7	36,2	19,4	1,85	1,43	0,76	93,9	71,3	38,2	143,5	108,9	58,4
1994	76,9	58,3	31,3	0,04	0,03	0,02	98,4	74,7	40,0	175,3	133,0	71,3
1995	70,6	53,5	28,7	0,07	0,05	0,03	100,2	76,1	40,7	170,8	129,6	69,5
1996	75,9	57,6	30,9	0,08	0,06	0,03	104,6	79,4	42,5	180,6	137,1	73,4
1997	80,0	60,7	32,5	0,11	0,08	0,04	114,9	87,3	46,7	195,0	148,0	79,3
1998	57,6	43,7	23,4	0,08	0,06	0,03	118,2	89,7	48,1	175,9	133,5	71,5
1999	73,0	55,4	29,7	0,12	0,10	0,05	109,9	83,4	44,7	183,0	138,9	74,4
2000	75,1	56,9	30,5	0,13	0,10	0,05	109,2	82,9	44,4	184,4	139,9	75,0
2001	95,9	72,7	39,0	0,13	0,10	0,05	135,2	102,7	55,0	231,3	175,5	94,0
2002	94,2	71,4	38,3	0,14	0,11	0,06	149,7	113,7	60,9	244,1	185,2	99,3
2003	95,0	72,0	38,6	0,16	0,12	0,06	137,3	104,3	55,8	232,4	176,4	94,5
2004	98,6	74,8	40,1	0,27	0,21	0,11	147,7	112,2	60,1	246,6	187,2	100,3
2005	105,6	80,1	42,9	0,09	0,07	0,04	144,4	109,6	58,7	250,1	189,8	101,7
2006	117,4	89,0	47,7	0,16	0,12	0,06	147,0	111,6	59,8	264,6	200,8	107,6

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 38 (94)

Aasta	Sõiduautod			Mootorrattad			Raskeveokid			Kokku		
	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
2007	127,2	96,5	51,7	0,23	0,18	0,10	150,7	114,5	61,3	278,2	211,1	113,1
2008	124,9	94,7	50,8	0,25	0,19	0,10	152,1	115,5	61,8	277,3	210,4	112,7
2009	119,2	90,3	48,4	0,22	0,17	0,09	120,0	91,1	48,8	239,3	181,6	97,3
2010	118,6	89,9	48,2	0,22	0,17	0,09	134,2	101,9	54,6	253,0	192,0	102,9

Tabel 10 Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (sõiduautod)

Aasta	Arv	Läbisõit (milj km/a)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2,5} (t/a)
1990	241 000	5 601	186,0	119,3	64,4
1991	261 000	5 612	186,3	119,5	64,5
1992	284 000	2 278	75,6	48,5	26,2
1993	317 000	2 620	87,0	55,8	30,1
1994	338 000	4 225	140,3	90,0	48,6
1995	383 000	3 880	128,8	82,6	44,6
1996	407 000	4 172	138,5	88,9	48,0
1997	428 000	4 396	146,0	93,6	50,6
1998	451 000	3 165	105,1	67,4	36,4
1999	459 000	4 012	133,2	85,5	46,1
2000	464 000	4126	137,0	87,9	47,5
2001	407 000	5 271	175,0	112,3	60,6
2002	401 000	5 177	172,0	110,3	59,5
2003	434 000	5 219	173,3	111,2	60,0
2004	471 000	5 420	180,0	115,5	62,3
2005	494 000	5 802	192,6	123,6	66,7
2006	554 000	6 451	214,2	137,4	74,2
2007	524 000	6 990	232,1	148,9	80,4
2008	552 000	6 865	228,0	146,2	79,0
2009	546 000	6 547	217,4	139,5	75,3
2010	553 000	6 518	216,4	138,8	75,0

Tabel 11 Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (mootorrattad)

Aasta	Arv	Läbisõit (milj km/a)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2,5} (t/a)
1990	106 000	317	4,5	3,0	1,6
1991	100 000	230	3,3	2,2	1,2
1992	100 000	230	3,3	2,2	1,2
1993	97 000	223	3,2	2,1	1,1

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 39 (94)

Aasta	Arv	Läbisõit (milj km/a)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2.5} (t/a)
1994	2 000	5	0,1	0,1	0,03
1995	3 000	8	0,1	0,1	0,04
1996	5 000	10	0,1	0,1	0,1
1997	5 000	13	0,2	0,1	0,1
1998	6 000	10	0,1	0,1	0,1
1999	7 000	15	0,2	0,1	0,1
2000	7 000	16	0,2	0,2	0,1
2001	7 000	16	0,2	0,2	0,1
2002	7 000	17	0,2	0,2	0,1
2003	8 000	19	0,3	0,2	0,1
2004	9 000	33	0,5	0,3	0,2
2005	10 000	11	0,2	0,1	0,1
2006	13 000	19	0,3	0,2	0,1
2007	15 000	28	0,4	0,3	0,1
2008	18 000	30	0,4	0,3	0,2
2009	19 000	27	0,4	0,3	0,1
2010	20 000	27	0,4	0,3	0,1

Tabel 12 Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (raskeveokid)

Aasta	Arv	Läbisõit (milj km/a)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2.5} (t/a)
1990	93 000	2 271	349,1	220,3	118,3
1991	102 000	1 864	286,5	180,8	97,1
1992	119 000	1 130	173,7	109,6	58,9
1993	120 000	1 209	185,8	117,3	63,0
1994	77 000	1 266	194,6	122,8	66,0
1995	97 000	1 289	198,1	125,0	67,2
1996	107 000	1 346	206,9	130,6	70,1
1997	117 000	1 479	227,3	143,5	77,1
1998	123 000	1 521	233,8	147,5	79,2
1999	124 000	1 414	217,3	137,2	73,7
2000	126 000	1 405	216,0	136,3	73,2
2001	124 000	1 740	267,4	168,8	90,7
2002	122 000	1 927	296,2	186,9	100,4
2003	128 000	1 767	271,6	171,4	92,1
2004	134 000	1 901	292,2	184,4	99,0
2005	137 000	1 858	285,6	180,2	96,8
2006	151 000	1 892	290,8	183,5	98,6
2007	137 000	1 940	298,2	188,2	101,1
2008	147 000	1 957	300,8	189,8	102,0
2009	147 000	1 544	237,3	149,8	80,4

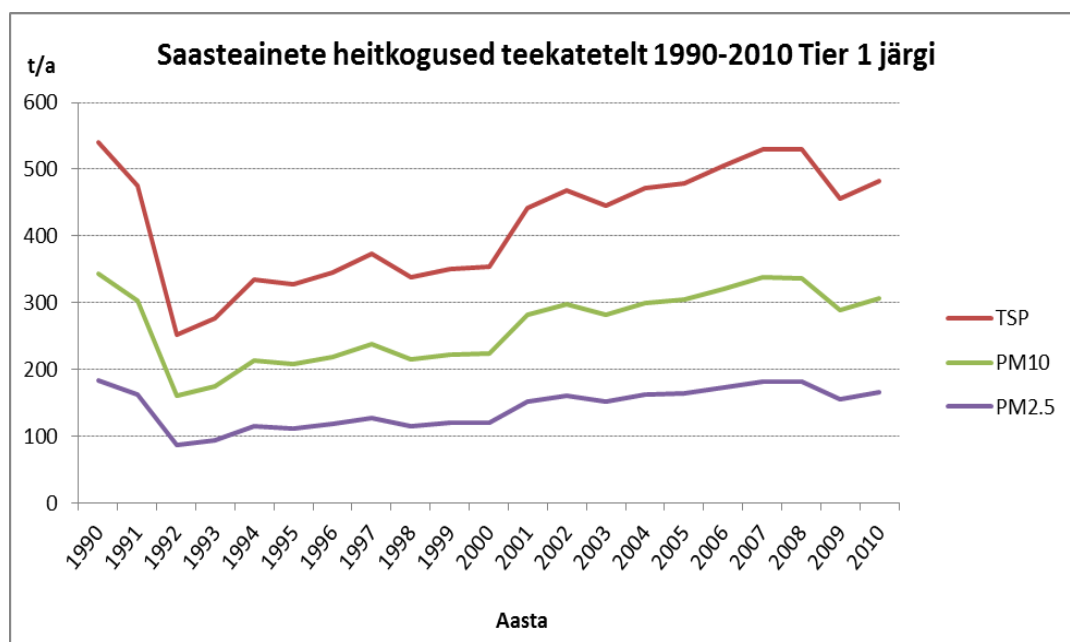
Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 40 (94)

Aasta	Arv	Läbisõit (milj km/a)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2.5} (t/a)
2010	151 000	1 727	265,4	167,5	89,0

Tabel 13 Teekatatelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 Tier 1 järgi (kokku)

Aasta	Arv	Läbisõit (miljon km/a)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2.5} (t/a)
1990	440 000	8 189	539,5	342,6	184,3
1991	463 000	7 706	476,1	302,5	162,8
1992	503 000	3 638	252,6	160,3	86,2
1993	534 000	4 052	276,0	175,2	94,2
1994	417 000	5 496	334,9	212,8	114,6
1995	483 000	5 177	327,0	207,8	111,8
1996	519 000	5 528	345,5	219,5	118,2
1997	550000	5 888	373,5	237,2	127,7
1998	580 000	4 696	339,0	215,0	115,7
1999	590 000	5 441	350,7	222,8	119,9
2000	597 000	5 547	353,2	224,3	120,7
2001	538 000	7 027	442,7	281,2	151,4
2002	530 000	7 121	468,3	297,3	160,0
2003	570 000	7 005	445,1	282,7	152,2
2004	614 000	7 354	472,6	300,2	161,5
2005	641 000	7 671	478,4	303,9	163,6
2006	718 000	8 362	505,2	321,1	172,9
2007	676 000	8 958	530,6	337,3	181,6
2008	717 000	8 852	529,1	336,3	181,1
2009	712 000	8 118	455,1	289,5	155,9
2010	724 000	8 272	482,2	306,6	165,1

Joonis 14 on kujutatud teekatatelt eralduvate saasteainete summeeritud heitkogused aastatel 1990-2010.



Joonis 14 TSP, PM₁₀ ja PM_{2.5} heitkogused teekatetelt ajavahemikul 1990-2010 Tier 1 järgi

Tier 2 meetodi puhul kasutatav valem sarnaneb Tier 1-le, kuid lisaks sõidukite arvule ning läbitud vahemaadele, võetakse arvesse ka teekatetelt tuleneva TSP massi fraktsiooni. Erinevad on ka Tier 1 ja Tier 2 puhul kasutatavad emissioonitegurid.

Tier 2 meetodika puhul kasutatakse saasteainete heitkoguste arvutamiseks valemit:

$$TE_{R,i} = \sum_j N_j \times M_j \times EF_{i,j} \times f_{R,i}$$

Valem 6

kus:

TE on saasteaine koguemissioon teekattelt mingi aja jooksul (g)

N_j on sõidukite arv vastavas kategoorias

M_j on läbitud vahemaa sõiduki kohta kindla aja jooksul (km)

$EF_{i,j}$ on TSP massi emissioonitegur kategoorias j (g/km)

$f_{R,i}$ on teekattelt tuleneva TSP massi fraktsioon, millele võib omistada osakeste suuruse klassi i

Tier 2 meetodi puhul kasutatavad emissioonitegurid on väljatoodud alljärgnevas tabelites (Tabel 14 ja Tabel 15).

Tabel 14 TSP emissioonitegurid EMEP/EEA järgi

Kategooria <i>j</i>	Emissioonitegur (g/km)
Kaherattalised	0,0060
Sõiduautod	0,0150
Kergeveok	0,0150
Raskeveok	0,0760

Tabel 15 Tier 2 meetodi puhul kasutatavad osakeste suuruse jaotused EMEP/EEA järgi

Osakeste suurus (<i>i</i>)	TSP massi fraktsioon ($f_{R,i}$)
TSP	1,00
PM ₁₀	0,50
PM _{2.5}	0,27

Tier 2 meetodi järgi arvatud TSP, PM₁₀ ja PM_{2.5} heitkogused on väljatoodud Tabel 16 kuni Tabel 19. Tabel 16 on arvatud sõiduautodest tulenevate saasteainete heitkogused, Tabel 17 mootorratastest ning Tabel 18 raskeveokitest. Tabel 19 on väljatoodud teekatetelt tulenevate saasteainete summeeritud heitkogused. Arvutustes pole arvestatud kergeveokitest tulenevaid heitkoguseid, kuna vajalikke andmeid kergeveokite arvust ning läbitud vahemaadest polnud eraldi kättesaadavad.

Tabel 16 Teekatetelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (sõiduautod)

Aasta	Arv	Läbisõit (milj km/a)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2.5} (t/a)
1990	241 000	5 601	84,02	42,01	22,68
1991	261 000	5 612	84,18	42,09	22,73
1992	284 000	2 278	34,17	17,09	9,23
1993	317 000	2 620	39,3	19,65	10,61
1994	338 000	4 225	63,38	31,69	17,11
1995	383 000	3 880	58,2	29,10	15,71
1996	407 000	4 172	62,58	31,29	16,90
1997	428 000	4 396	65,94	32,97	17,80
1998	451 000	3 165	47,48	23,74	12,82
1999	459 000	4 012	60,18	30,09	16,25
2000	464 000	4 126	61,89	30,95	16,71
2001	407 000	5 271	79,07	39,53	21,35
2002	401 000	5 177	77,66	38,83	20,97
2003	434 000	5 219	78,29	39,14	21,14
2004	471 000	5 420	81,3	40,65	21,95
2005	494 000	5 802	87,03	43,52	23,50
2006	554 000	6 451	96,765	48,38	26,13
2007	524 000	6 990	104,85	52,43	28,31

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 43 (94)

Aasta	Arv	Läbisõit (milj km/a)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2,5} (t/a)
2008	552 000	6 865	102,98	51,49	27,80
2009	546 000	6 547	98,21	49,10	26,52
2010	553 000	6 518	97,77	48,89	26,40

Tabel 17 Teeketatelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (mootorrattad)

Aasta	Arv	Läbisõit (milj km/a)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2,5} (t/a)
1990	106 000	317	1,90	0,95	0,51
1991	100 000	230	1,38	0,69	0,37
1992	100 000	230	1,38	0,69	0,37
1993	97 000	223	1,34	0,67	0,36
1994	2 000	5	0,03	0,02	0,01
1995	3 000	8	0,05	0,02	0,01
1996	5 000	10	0,06	0,03	0,02
1997	5 000	13	0,08	0,04	0,02
1998	6 000	10	0,06	0,03	0,02
1999	7 000	15	0,09	0,05	0,02
2000	7 000	16	0,10	0,05	0,03
2001	7 000	16	0,10	0,05	0,03
2002	7 000	17	0,10	0,05	0,03
2003	8 000	19	0,11	0,06	0,03
2004	9 000	33	0,20	0,10	0,05
2005	10 000	11	0,07	0,03	0,02
2006	13 000	19	0,11	0,06	0,03
2007	15 000	28	0,17	0,08	0,05
2008	18 000	30	0,18	0,09	0,05
2009	19 000	27	0,16	0,08	0,04
2010	20 000	27	0,16	0,08	0,04

Tabel 18 Teeketatelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 (raskeveokid)

Aasta	Arv	Läbisõit (milj km/a)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2,5} (t/a)
1990	93 000	2 271	172,60	86,30	46,60
1991	102 000	1 864	141,66	70,83	38,25
1992	119 000	1 130	85,88	42,94	23,19
1993	120 000	1 209	91,88	45,94	24,81
1994	77 000	1 266	96,22	48,11	25,98
1995	97 000	1 289	97,96	48,98	26,45
1996	107 000	1 346	102,30	51,15	27,62
1997	117 000	1 479	112,40	56,20	30,35

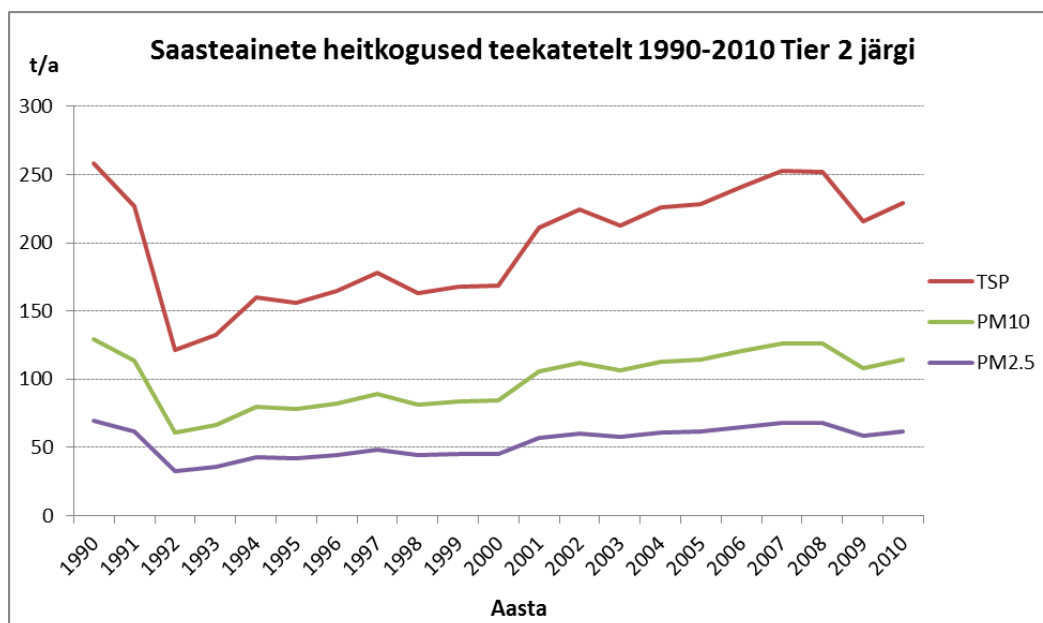
Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 44 (94)

Aasta	Arv	Läbisõit (milj km/a)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2,5} (t/a)
1998	123 000	1 521	115,60	57,80	31,21
1999	124 000	1 414	107,46	53,73	29,02
2000	126 000	1 405	106,78	53,39	28,83
2001	124 000	1 740	132,24	66,12	35,70
2002	122 000	1 927	146,45	73,23	39,54
2003	128 000	1 767	134,29	67,15	36,26
2004	134 000	1 901	144,48	72,24	39,01
2005	137 000	1 858	141,21	70,60	38,13
2006	151 000	1 892	143,79	71,90	38,82
2007	137 000	1 940	147,44	73,72	39,81
2008	147 000	1 957	148,73	74,37	40,16
2009	147 000	1 544	117,34	58,67	31,68
2010	151 000	1 727	131,25	65,63	35,44

Tabel 19 Teekateelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 Tier 2 järgi (kokku)

Aasta	Arv	Läbisõit (miljon km/a)	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
1990	44 0000	8 189	258,5	129,3	69,8
1991	463 000	7 706	227,2	113,6	61,4
1992	503 000	3 638	121,4	60,7	32,8
1993	534 000	4 052	132,5	66,3	35,8
1994	417 000	5 496	159,6	79,8	43,1
1995	483 000	5 177	156,2	78,1	42,2
1996	519 000	5 528	164,9	82,5	44,5
1997	550 000	5 888	178,4	89,2	48,2
1998	580 000	4 696	163,1	81,6	44,0
1999	590 000	5 441	167,7	83,9	45,3
2000	597 000	5 547	168,8	84,4	45,6
2001	538 000	7 027	211,4	105,7	57,1
2002	530 000	7 121	224,2	112,1	60,5
2003	570 000	7 005	212,7	106,3	57,4
2004	614 000	7 354	226,0	113,0	61,0
2005	641 000	7 671	228,3	114,2	61,6
2006	718 000	8 362	240,7	120,3	65,0
2007	676 000	8 958	252,5	126,2	68,2
2008	717 000	8 852	251,9	125,9	68,0
2009	712 000	8 118	215,7	107,9	58,2
2010	724 000	8 272	229,2	114,6	61,9

Joonis 15 on väljatoodud teekatetel tulenevate saasteainete summeeritud heitkogused aastatel 1990-2010.



Joonis 15 TSP, PM₁₀ ja PM_{2.5} heitkogused teekatetelt ajavahemikul 1990-2010 Tier 2 järgi

4.2 Karjäärid

Kaevandamise käigus tekkiva tolmu kogus sõltub eelkõige kasutatavast tehnoloogiast ning töödeldava materjali kogusest. Karjääridest tulenevate saasteainete heitkoguste hindamiseks on algandmetena vaja teada kaevandatud materjali hulka. Käesolevas töös on andmed kaevandusmahtude kohta saadud Statistikaametist.

Karjääride puhul on väljatöötatud vaid Tier 1 meetodika. Maapealsest kaevandamisest tulenevate emissioonide hindamiseks kasutatakse valemit:

$$E_{\text{pollutant}} = AR_{\text{production}} \times EF_{\text{pollutant}}$$

Valem 7

kus:

$E_{\text{pollutant}}$ on kindla saasteaine emissioon

$AR_{\text{production}}$ on kaevandatud materjali hulk

$EF_{\text{pollutant}}$ on antud saasteaine emissioonitegur

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 46 (94)

Oluline on siinkohal märkida, et antud valemit ei saa kasutada kivisöe kaevandamisest tulenevate emissioonide hindamiseks.

Tier 1 arvutustes kasutatavad emissioonitegurid on väljatoodud Tabel 20. Emissioonitegurid põlevkivi maapealsest kaevandamisest tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks on väljatoodud Tabel 21.

Tabel 20 Emissioonitegurid karjäärdest tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks, välja arvatud põlevkivi, EMEP/EEA järgi

Saasteaine	Väärtus	Ühik	Intervall	
			Alumine	Ülemine
TSP	102	g/Mg	50	200
PM ₁₀	50	g/Mg	25	100
PM _{2.5}	5	g/Mg	2,5	10

Tabel 21 Põlevkivi maapealse kaevandamise emissioonitegurid EMEP/EEA järgi

Saasteaine	Väärtus	Ühik	Intervall	
			Alumine	Ülemine
TSP	0,082	g/Mg	50	200
PM ₁₀	0,039	g/Mg	25	100
PM _{2.5}	0,006	g/Mg	2,5	10

Kaevandusmahud Eestis ajavahemikul 1992-2010 on väljatoodud Tabel 23. Statistikaametist saadud algandmetes olid algselt nii ehitusliiva, tehnoloogilise- ja keraamikaliiva, tsemendi- ja keraamikasavi, raskeltsulava ja keramsiidisavi, ehituslubjakivi, tsemendi- ja tehnoloogilise lubjakivi, ehitusdolokivi, tehnoloogilise ja viimistlusdolokivi, järvelubja, ehituskruusliiva kui ka ehituskruusa kaevandusmahud välja toodud m³-des. Edasiste arvutuste tegemiseks teisendati antud maavarade mahud ümber tonnideks. Selleks korrutati kaevandatud materjali hulk vastava maavara 1 m³ mahumassiga. Ehituskruusliiva, ehituskruusa, ehitusliiva ja tehnoloogilise liiva mahumassid on võetud standardist EVS-EN 1991-1-1:2002+NA:2002 „Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasukoormused“. Teiste maavarade mahumassid on saadud TTÜ Mäeinstituudi mäendusõpikust. Vahemikus antud mahumasside puhul kasutati keskmist väärtust. Kasutatud mahumassid on väljatoodud Tabel 22.

Tabel 22 Maavarade mahumassid

Maavara	Mahumass (t/m ³)	Keskmine mahumass (t/m ³)
Ehitusliiv	1,4 - 1,9	1,7
Tehnoloogiline- ja keraamikaliiv	1,4 - 1,9	1,7
Tsemendi- ja keraamikasavi	1,5	1,5
Raskeltsulav ja keramsiidisavi	1,5	1,5
Ehituslubjakivi	2,2 - 2,6	2,4
Tsemendi- ja tehnoloogiline lubjakivi	2,2 - 2,6	2,4
Ehitusdolokivi	2,5	2,5
Tehnoloogiline- ja viimistlusdolokivi	2 - 2,8	2,4
Järvelubi	1,5	1,5
Ehituskruusliiv	1,5 - 2,0	1,8
Ehituskruus	1,5 - 2,0	1,8
Kristallinne ehituskivi	2,6 – 2,65	2,6

Arvutamise aluseks võetud kaevandusmahud Eestis ajavahemikul 1992-2010 on väljatoodud Tabel 23. Andmed 1990-1991 aasta kaevandusmahtude kohta ei olnud kättesaadavad. Tabel 23 olevad põlevkivi kaevandusmahud hõlmavad nii maapealse- kui ka maa-aluse kaevandamise koguseid. Eristamaks maapealse kaevandamise mahtusid maa-alustest võeti aluseks Maa-ameti maavaravarude koondbilansid, mis olid saadaval aastate 2006-2010 kohta. Nende 5 aasta andmetest selgus, et keskmiselt moodustavad põlevkivi maapealse kaevandamise mahud ligikaudu 50% kaevandatud põlevkivi kogumahust. Selline suhe võeti aluseks leidmaks eelnevate aastate maapealse kaevandamise mahud.

Maavarade kaevandamisest välisõhku eralduvate saasteainete heitkogused aastatel 1992-2010 on väljatoodud Tabel 24.

Tabel 23 Kaevandusmahud Eestis ajavahemikul 1992-2010

Aasta	Põlevkivi kokku (t)	Põlevkivi, maapealne (t)	Vähelagunenud turvas (t)	Hästilagunenud turvas (t)	Ehitusliiv (t)	Tehnoloogiline- ja keraamikaliiv (t)	Tsemendi- ja keraamikasavi (t)	Raskeltsulav ja keramsiidisavi (t)	Ehituslubjakivi (t)
1992	17 030 000	8 515 000	656 000	690 600	1 606 330	79 900	247 500	0	2 562 240
1993	14 262 000	7 131 000	196 600	334 600	291 380	20 740	110 100	0	1 210 320
1994	14 018 000	7 009 000	616 000	628 800	1 048 220	37 400	130 350	0	1 180 800
1995	12 102 000	6 051 000	389 400	622 900	433 670	18 190	70 800	0	1 388 640
1996	13 067 000	6 533 500	436 800	687 000	724 540	18 870	71 250	0	1 619 760
1997	12 860 000	6 430 000	480 400	593 800	1 367 140	38 250	137 250	0	1 443 840
1998	10 913 000	5 456 500	145 200	188 300	1 346 230	39 100	194 400	0	2 216 400
1999	9 602 000	4 801 000	1 016 100	250 000	1 068 280	31 110	218 250	0	1 923 120
2000	9 970 000	4 985 000	608 700	151 000	1 398 250	67 320	202 350	0	2 303 280
2001	9 894 000	4 947 000	718 300	125 400	1 474 240	53 720	218 250	0	1 650 960
2002	10 513 000	5 256 500	1 174 100	334 100	2 346 850	38 250	252 300	0	2 574 480
2003	12 608 000	6 304 000	478 600	533 000	6 315 840	70 210	243 300	0	3 012 000
2004	11 735 900	5 867 950	289 100	475 300	3 836 730	84 660	252 300	0	3 712 800
2005	12 349 000	6 174 500	414 700	658 900	3 519 170	91 460	283 500	0	4 611 840
2006	11 977 100	5 739 100	550 600	706 200	5 013 640	87 210	432 150	0	5 625 120
2007	13 992 200	7 672 700	385 100	515 700	5 777 450	70 720	270 450	128 400	6 572 880
2008	13 706 200	7 165 500	350 100	352 200	4 688 600	68 680	165 300	92 100	6 204 480
2009	12 604 900	6 303 200	380 400	461 900	4 344 520	28 390	64 950	0	4 290 240
2010	15 108 800	7 271 500	399 300	524 200	3 065 100	44 030	78 000	0	2 813 040

Tabel 23 Kaevandusmahud Eestis ajavahemikul 1992-2010 (järg)

Aasta	Tsemendi- ja tehnoloogiline lubjakivi (t)	Fosforiit (t)	Ehitusdolokivi (t)	Tehnoloogiline ja viimistlusdolokivi (t)	Järvelubi (t)	Ehituskruusliiv (t)	Ehituskruus (t)	Meremuda (t)	Järvemuda (t)	Kristallinne ehituskivi (t)
1992	1 665 840	0	182 500	14 400	6 300	1 142 280	0	0	0	0
1993	631680	0	166 250	8 160	6 750	470 520	0	0	0	0
1994	886 800	0	162 750	6 960	6 000	343 800	146 340	1 100	0	0
1995	1 005 840	0	182 000	3 360	0	0	581 760	1 000	0	0
1996	848 880	0	240 250	2 640	0	0	477 540	300	800	0
1997	1 050 720	0	414 750	2 160	0	0	549 360	800	800	0
1998	1 212 000	0	504 750	2 640	0	0	1 114 920	300	500	0
1999	1 040 400	0	388 750	2 400	0	0	781 560	900	0	0
2000	1 030 080	0	530 250	1 680	0	0	763 740	800	500	0
2001	924 480	0	582 500	960	0	0	823 140	1 100	0	0
2002	1 050 240	0	657 000	182 640	0	0	1 173 600	1 200	500	0
2003	1 043 280	0	728 000	369 600	0	0	1 355 760	1 400	0	0
2004	1 258 560	0	808 500	415 680	0	0	1 573 380	1 300	700	0
2005	1 011 360	0	650 500	377 520	0	0	2 082 780	700	0	0
2006	1 026 960	0	945 750	312 480	0	0	2 277 000	800	700	0
2007	1 481 760	0	1 082 250	327 120	0	0	3 304 440	400	0	0
2008	1 491 840	0	1 313 250	3 120	0	0	3 514 320	300	0	0
2009	736 320	0	971 750	64 800	0	0	3 395 340	100	100	0
2010	888 720	0	974 750	423 120	0	0	2 574 900	500	500	0

Tabel 24 Maavarade kaevandamisest välisõhku eralduvate saasteainete heitkogused aastatel 1992-2010

Maavara	Saaste- aine (t/a)	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Põlevkivi (maa-pealne)	TSP	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6
	PM ₁₀	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3
	PM _{2,5}	0,1	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,04
Vähe- lagunenud turvas	TSP	66,9	20,1	62,8	39,7	44,6	49,0	14,8	103,6	62,1	73,3	119,8	48,8	29,5	42,3	56,2	39,3	35,7	38,8	40,7
	PM ₁₀	32,8	9,8	30,8	19,5	21,8	24,0	7,3	50,8	30,4	35,9	58,7	23,9	14,5	20,7	27,5	19,3	17,5	19,0	20,0
	PM _{2,5}	3,3	1,0	3,1	1,9	2,2	2,4	0,7	5,1	3,0	3,6	5,9	2,4	1,4	2,1	2,8	1,9	1,8	1,9	2,0
Hästi- lagunenud turvas	TSP	70,4	34,1	64,1	63,5	70,1	60,6	19,2	25,5	15,4	12,8	34,1	54,4	48,5	67,2	72,0	52,6	35,9	47,1	53,5
	PM ₁₀	34,5	16,7	31,4	31,1	34,4	29,7	9,4	12,5	7,6	6,3	16,7	26,7	23,8	32,9	35,3	25,8	17,6	23,1	26,2
	PM _{2,5}	3,5	1,7	3,1	3,1	3,4	3,0	0,9	1,3	0,8	0,6	1,7	2,7	2,4	3,3	3,5	2,6	1,8	2,3	2,6
Ehitusliiv	TSP	163,8	29,7	106,9	44,2	73,9	139,4	137,3	109,0	142,6	150,4	239,4	644,2	391,3	359,0	511,4	589,3	478,2	443,1	312,6
	PM ₁₀	80,3	14,6	52,4	21,7	36,2	68,4	67,3	53,4	69,9	73,7	117,3	315,8	191,8	176,0	250,7	288,9	234,4	217,2	153,3
	PM _{2,5}	8,0	1,5	5,2	2,2	3,6	6,8	6,7	5,3	7,0	7,4	11,7	31,6	19,2	17,6	25,1	28,9	23,4	21,7	15,3
Tehno- loogiline- ja keraamika- liiv	TSP	8,1	2,1	3,8	1,9	1,9	3,9	4,0	3,2	6,9	5,5	3,9	7,2	8,6	9,3	8,9	7,2	7,0	2,9	4,5
	PM ₁₀	4,0	1,0	1,9	0,9	0,9	1,9	2,0	1,6	3,4	2,7	1,9	3,5	4,2	4,6	4,4	3,5	3,4	1,4	2,2
	PM _{2,5}	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,1	0,2
Tsemendi- ja keraamika- savi	TSP	25,2	11,2	13,3	7,2	7,3	14,0	19,8	22,3	20,6	22,3	25,7	24,8	25,7	28,9	44,1	27,6	16,9	6,6	8,0
	PM ₁₀	12,4	5,5	6,5	3,5	3,6	6,9	9,7	10,9	10,1	10,9	12,6	12,2	12,6	14,2	21,6	13,5	8,3	3,2	3,9
	PM _{2,5}	1,2	0,6	0,7	0,4	0,4	0,7	1,0	1,1	1,0	1,1	1,3	1,2	1,3	1,4	2,2	1,4	0,8	0,3	0,4
Raskelt-sulav ja keramsiidi- savi	TSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	9	0	0
	PM ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0
	PM _{2,5}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ehitus-	TSP	261,3	123,5	120,4	141,6	165,2	147,3	226,1	196,2	234,9	168,4	262,6	307,2	378,7	470,4	573,8	670,4	632,9	437,6	286,9

Eesti Keskkonnauringute Keskus OÜ

Maavara	Saaste- aine (t/a)	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Iubjakivi	PM ₁₀	128,1	60,5	59,0	69,4	81,0	72,2	110,8	96,2	115,2	82,5	128,7	150,6	185,6	230,6	281,3	328,6	310,2	214,5	140,7
	PM _{2,5}	12,8	6,1	5,9	6,9	8,1	7,2	11,1	9,6	11,5	8,3	12,9	15,1	18,6	23,1	28,1	32,9	31,0	21,5	14,1
Tsemendi- ja tehnoloogiline Iubjakivi	TSP	169,9	64,4	90,5	102,6	86,6	107,2	123,6	106,1	105,1	94,3	107,1	106,4	128,4	103,2	104,7	151,1	152,2	75,1	90,6
	PM ₁₀	83,3	31,6	44,3	50,3	42,4	52,5	60,6	52,0	51,5	46,2	52,5	52,2	62,9	50,6	51,3	74,1	74,6	36,8	44,4
	PM _{2,5}	8,3	3,2	4,4	5,0	4,2	5,3	6,1	5,2	5,2	4,6	5,3	5,2	6,3	5,1	5,1	7,4	7,5	3,7	4,4
Fosforiit	TSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ehitus- dolokivi	TSP	18,6	17,0	16,6	18,6	24,5	42,3	51,5	39,7	54,1	59,4	67,0	74,3	82,5	66,4	96,5	110,4	134,0	99,1	99,4
	PM ₁₀	9,1	8,3	8,1	9,1	12,0	20,7	25,2	19,4	26,5	29,1	32,9	36,4	40,4	32,5	47,3	54,1	65,7	48,6	48,7
	PM _{2,5}	0,9	0,8	0,8	0,9	1,2	2,1	2,5	1,9	2,7	2,9	3,3	3,6	4,0	3,3	4,7	5,4	6,6	4,9	4,9
Tehnoloogiline ja viimistlus- dolokivi	TSP	1,5	0,8	0,7	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	18,6	37,7	42,4	38,5	31,9	33,4	0,3	6,6	43,2
	PM ₁₀	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	9,1	18,5	20,8	18,9	15,6	16,4	0,2	3,2	21,2
	PM _{2,5}	0,1	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	1,8	2,1	1,9	1,6	1,6	0,0	0,3	2,1
Järvelubi	TSP	0,6	0,7	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ehituskruus- liiv	TSP	116,5	48,0	35,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	57,1	23,5	17,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	5,7	2,4	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ehituskruus	TSP	0	0	14,9	59,3	48,7	56,0	113,7	79,7	77,9	84,0	119,7	138,3	160,5	212,4	232,3	337,1	358,5	346,3	262,6
	PM ₁₀	0	0	7,3	29,1	23,9	27,5	55,7	39,1	38,2	41,2	58,7	67,8	78,7	104,1	113,9	165,2	175,7	169,8	128,7

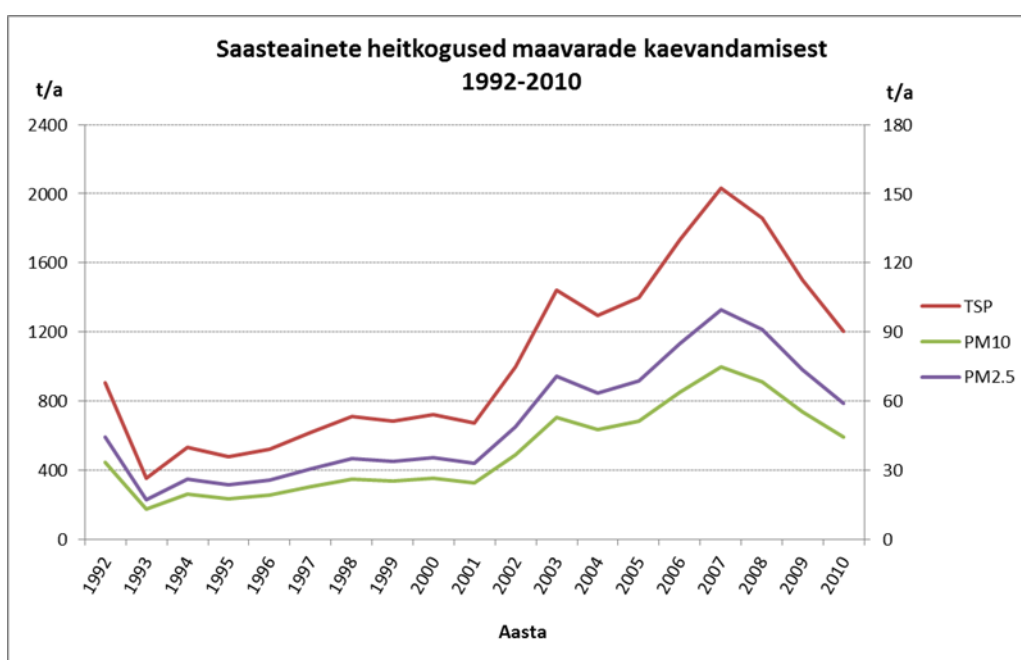
Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Maavara	Saaste- aine (t/a)	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	PM _{2.5}	0	0	0,7	2,9	2,4	2,7	5,6	3,9	3,8	4,1	5,9	6,8	7,9	10,4	11,4	16,5	17,6	17,0	12,9
Meremuda	TSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2.5}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Järvemuda	TSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2.5}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kristallinne ehituskivi	TSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2.5}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 25 on väljatoodud karjäärdest tulenevate saasteainete summeeritud heitkogused, mis on saadud erinevate maavarade kaevandamisest õhku eralduvate heitkoguste summeerimisel.

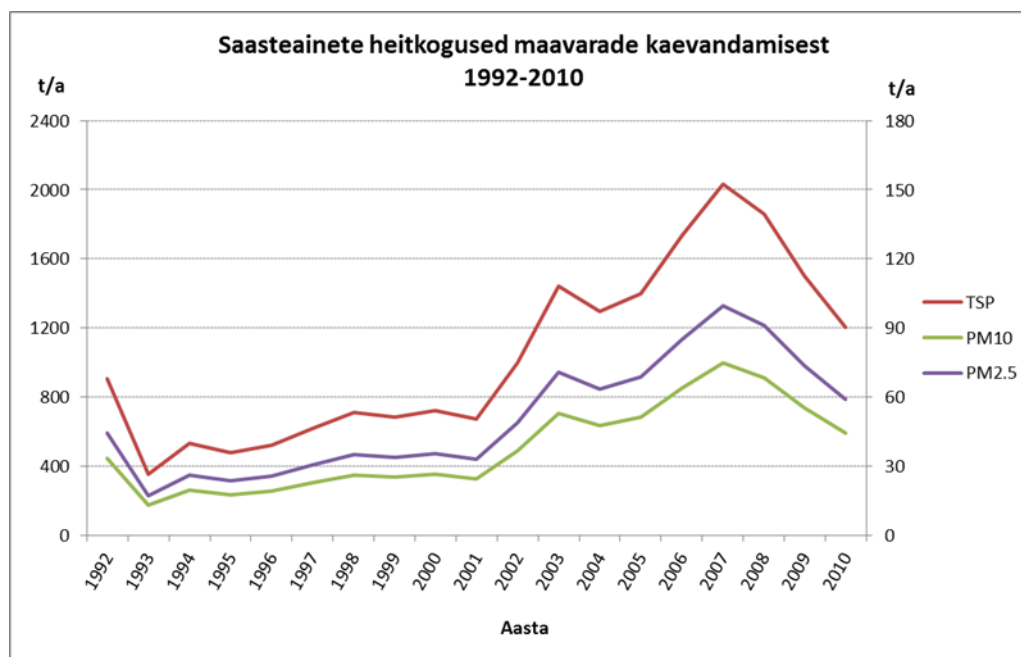
Tabel 25 Saasteainete summeeritud heitkogused aastatel 1992-2010

Aasta	Kaevandatud materjali hulk (tuhat tonni)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2,5} (t/a)
1992	34 398,9	903,8	443,0	44,3
1993	24 840,1	352,2	172,6	17,3
1994	26 222,3	530,5	260,0	26,0
1995	22 850,6	479,6	235,1	23,5
1996	24 729,1	523,7	256,7	25,7
1997	25 369,3	620,6	304,2	30,4
1998	23 334,2	710,9	348,4	34,9
1999	21 123,9	685,9	336,2	33,6
2000	22 013,0	720,3	353,1	35,3
2001	21 414,1	670,9	328,8	32,9
2002	25 554,8	998,5	489,5	49,0
2003	33 063,0	1443,9	707,8	70,8
2004	30 312,9	1296,8	635,7	63,6
2005	32 225,9	1398,2	685,4	68,5
2006	34 694,8	1732,3	849,2	84,9
2007	41 581,6	2032,1	996,1	99,6
2008	39 116,0	1861,5	912,5	91,3
2009	33 646,9	1503,9	737,2	73,7
2010	34 166,5	1202,8	589,6	59,0



Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 54 (94)

Joonis 16 on kujutatud maavarade kaevandamisest välisõhku eralduvate saasteainete summeeritud heitkogused.



Joonis 16 TSP (vasakpoolne skaala), PM₁₀ (vasakpoolne skaala) ja PM_{2.5} (parempoolne skaala) heitkogused maavarade kaevandamisest aastatel 1992-2010

4.3 Põllud

Läbi põllumajandustegevuse õhku eralduvate saasteainete heitkogused sõltuvad eelkõige kasvatatavast teraviljast, mullatüübist, maaharimise viisist ning ilmast nii enne kui ka pärast põllutööde tegemist. Saasteainete heitkoguste arvutamiseks, on algandmetena vaja teada iga-aastaselt haritavate põldude pindalaid. Antud töös vajaminevad andmed põldude pindalate kohta on saadud Statistikaametist. Töös arvestati põldudena põllukultuuride kasvupinda, kuna nii põllumajandusmaa kui ka põllumaa puhul oli pindlate hulka arvestatud ka püsirohumaasid ning katmikköögiviljade aluseid maid, mistõttu ei olnud need sobilikud arvutuste tegemiseks.

Põldudel pärit saasteainete heitkoguste arvutamiseks saab kasutada valemit:

$$E_{\text{pollutant}} = AR_{\text{area}} \times EF_{\text{pollutant}}$$

Valem 8

kus:

$E_{\text{pollutant}}$ on saasteaine kogus (kg a^{-1})

AR_{area} on põllu pindala (ha)

$EF_{\text{pollutant}}$ on saasteaine emissioonitegur ($\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$)

Arvutusteks vajaminevad emissioonitegurid on väljatoodud Tabel 26.

Tabel 26 Emissioonitegurid põldudel tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks EMEP/EEA järgi

Saasteaine	Väärtus	Ühik	Intervall	
			Alumine	Ülemine
PM ₁₀	1,56	kg/ha	0,78	7,8
PM _{2.5}	0,06	kg/ha	0,03	0,3

Põllukultuuride kasvupinnad aastatel 1990-2010 on väljatoodud Tabel 27.

Tabel 27 Põllukultuuride kasvupind ajavahemikul 1990-2010

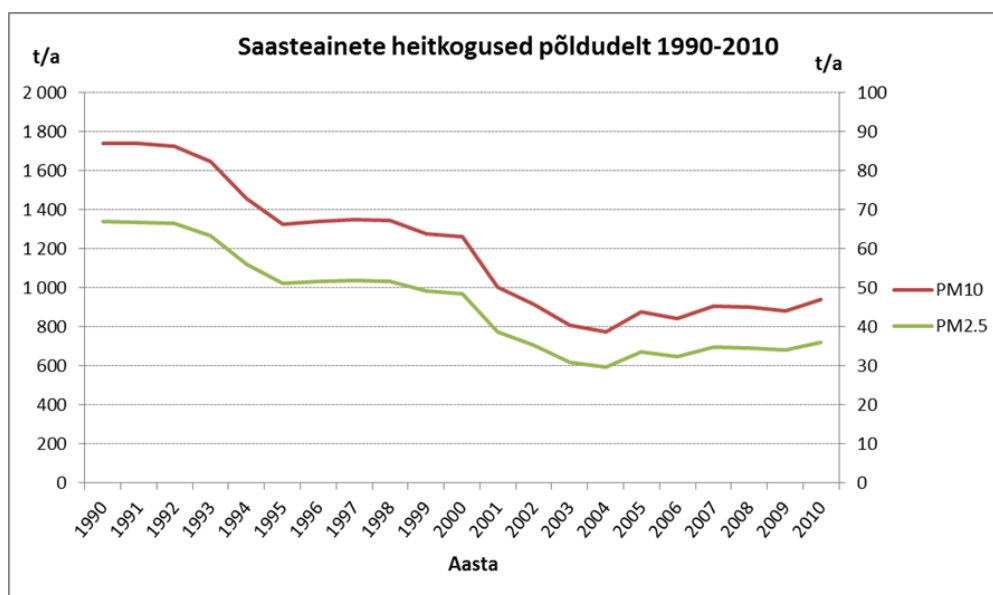
Aasta	Põllukultuuride kasvupind (ha)
1990	1 116 300
1991	1 114 300
1992	1 106 600
1993	1 057 000
1994	935 000
1995	850 700
1996	859 100
1997	864 200
1998	861 100
1999	818 700
2000	809 800
2001	644 200
2002	588 100
2003	517 300
2004	495 600
2005	560 700
2006	539 000
2007	579 600
2008	577 400
2009	566 600

Aasta	Põllukultuuride kasvupind (ha)
2010	602 000

Põldudelt välisõhku eraldunud saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010 on väljatoodud Tabel 28.

Tabel 28 Põldudelt tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010

Aasta	Pindala (ha)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2,5} (t/a)
1990	1 116 300	1 741,4	67,0
1991	1 114 300	1 738,3	66,9
1992	1 106 600	1 726,3	66,4
1993	1 057 000	1 648,9	63,4
1994	935 000	1 458,6	56,1
1995	850 700	1 327,1	51,0
1996	859 100	1 340,2	51,6
1997	864 200	1 348,2	51,9
1998	861 100	1 343,3	51,7
1999	818 700	1 277,2	49,1
2000	809 800	1 263,3	48,6
2001	644 200	1 005,0	38,7
2002	588 100	917,4	35,3
2003	517 300	807,0	31,0
2004	495 600	773,1	29,7
2005	560 700	874,7	33,6
2006	539 000	840,8	32,3
2007	579 600	904,2	34,8
2008	577 400	900,7	34,6
2009	566 600	883,9	34,0
2010	602 000	939,1	36,1



Joonis 17 PM₁₀ (vasakpoolne skaala) ja PM_{2.5} (parempoolne skaala) heitkogused põldudelt aastatel 1990-2010

4.4 Metsatulekahjud

Metsatulekahjust tulenevate saasteainete emissioonid sõltuvad eelkõige tulekahju kestusest ning intensiivsusest, põleva ala suurusest ja taimestikust. Arvutamaks metsatulekahjust pärit saasteainete heitkoguseid, on algandmetena vaja teada põlenud ala suurust. Antud töös kasutatud andmed põlenud alade suuruste kohta on saadud aastaraamatust „Mets 2011“.

Saasteainete heitkoguste arvutamiseks on kasutusel valem:

$$E_{\text{pollutant}} = A_{\text{burned}} \times EF_{\text{pollutant}}$$

Valem 9

kus:

$E_{\text{pollutant}}$ on kindla saasteaine emissioon

A_{burned} on põlenud ala suurus (ha)

$EF_{\text{pollutant}}$ on saasteaine emissioonitegur

Emissioonitegurid, mida saab kasutada metsatulekahjust tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks, on väljatoodud Tabel 29.

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 58 (94)

Tabel 29 Emissioonitegurid metsatulekahjust tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks EMEP/EEA järgi

Saasteaine	Väärtus	Ühik	Intervall	
			Alumine	Ülemine
TSP	17	g/kg põlenud puidu kohta	4	100
PM ₁₀	11	g/kg põlenud puidu kohta	2	80
PM _{2,5}	9	g/kg põlenud puidu kohta	2	80

Tabel 29 on näha, et emissioonitegurite ühikuks on g/kg põlenud puidu kohta, seega on arvutuste tegemiseks vajalik esmalt teada, kui palju biomassi 1 ha kasvab. Põhjuseks, et täpset biomassi hulka on raske öelda, võeti käesolevas töös arvutuste tegemisel aluseks keskmine väärtus. Arvutusteks vajalikud andmed metsamaade pindalate ja biomassi koguste kohta saadi Statistikaametist. 1 ha- kasvava biomassi leidmiseks jagati metsamaa pindala vastava aasta biomassi kogusega ning lõpuks arvutati kõikide aastate keskmine. Arvutuste tulemusel selgus, et keskmine biomassi kogus 1 ha kohta on 159,1 tonni. Kuna biomassi ei olnud võimalik andmete vähesuse tõttu arvutada eraldi iga aasta kohta alates 1990. aastast, kasutati saadud tulemust (159,1 t) kõikide aastate arvutuste juures.

Leidmaks põlenud biomassi kogust iga aasta kohta, korrutati vastava aasta metsatulekahjude pindala keskmise biomassi kogusega. Saadud tulemused on väljatoodud Tabel 30.

Tabel 30 Metsatulekahjude pindalad ning põlenud biomassi kogus ajavahemikul 1990-2010

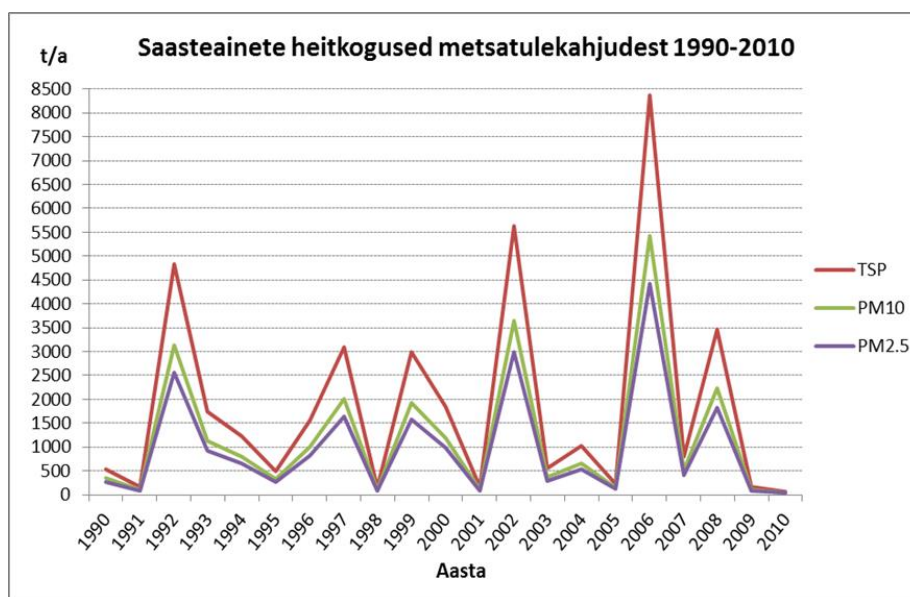
Aasta	Pindala (ha)	Põlenud biomass(t)
1990	194	30 858
1991	58	9 226
1992	1 787	284 247
1993	647,1	102 930
1994	456,4	72 597
1995	185,9	29 570
1996	579	92 098
1997	1 146,5	182 366
1998	54	8 589
1999	1103	175 447
2000	683,8	108 768
2001	61,8	9 830
2002	2 081,7	331 123

Aasta	Pindala (ha)	Põlenud biomass(t)
2003	206,6	32 863
2004	378,9	60 269
2005	86,5	13 759
2006	3 095,6	492 397
2007	292,4	46 510
2008	1 279,8	203 570
2009	59,3	9 432
2010	24,8	3 945

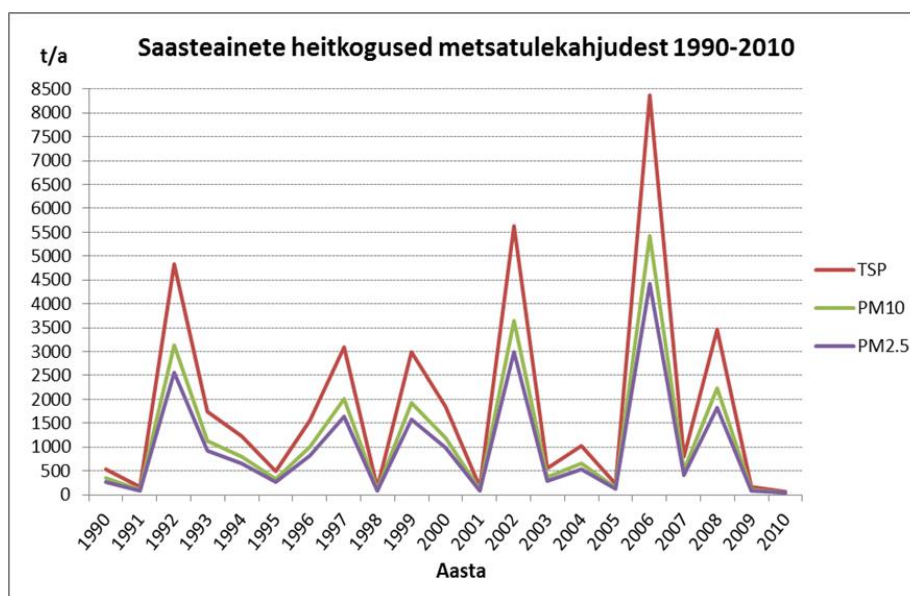
Metsatulekahjudest välisõhku eraldunud saasteainete heitkogused ajavahemikul 1990-2010 on väljatoodud Tabel 31.

Tabel 31 Metsatulekahjudest tulenevate saasteainete heitkogused aastatel 1990-2010

Aasta	Pindala (ha)	Põlenud biomass(t)	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2.5} (t/a)
1990	194	30 858,3	524,6	339,4	277,7
1991	58	9 225,7	156,8	101,5	83,0
1992	1 787	284 246,7	4 832,2	3 126,7	2 558,2
1993	647	102 930,1	1 749,8	1 132,2	926,4
1994	456	72 596,7	1 234,1	798,6	653,4
1995	186	29 569,9	502,7	325,3	266,1
1996	579	92 097,9	1 565,7	1 013,1	828,9
1997	1 147	182 366,5	3 100,2	2 006,0	1 641,3
1998	54	8 589,4	146,0	94,5	77,3
1999	1 103	175 447,2	2 982,6	1 929,9	1 579,0
2000	684	108 767,7	1 849,1	1 196,4	978,9
2001	62	9 830,1	167,1	108,1	88,5
2002	2 082	331 122,8	5 629,1	3 642,4	2 980,1
2003	207	32 862,6	558,7	361,5	295,8
2004	379	60 269,2	1 024,6	663,0	542,4
2005	87	13 759,0	233,9	151,3	123,8
2006	3 096	492 397,4	8 370,8	5416,4	4 431,6
2007	292	46 510,2	790,7	511,6	418,6
2008	1 280	203 569,7	3460,7	2 239,3	1 832,1
2009	59	9 432,5	160,4	103,8	84,9
2010	25	3 944,8	67,1	43,4	35,5



Joonis 18 on kujutatud metsatulekahjudest välisõhku eraldunud saasteainete heitkoguseid aastatel 1990-2010.



Joonis 18 TSP, PM₁₀ ja PM_{2,5} heitkogused metsatulekahjudest aastatel 1990-2010

4.5 Eramud

Saasteainete hulk, mis läbi eramute kütmise välisõhku eraldub, sõltub eelkõige kasutatavast kütusest ning põletustehnoloogiast. Emissioonide hindamiseks on nii Tier 1 kui ka Tier 2 puhul vaja Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 61 (94)

algandmetena teada kodumajapidamistes tarbitud kütuste hulka. Käesolevas töös on vastavad andmed saadud Statistikaametist. Tarbitud kütuste kogused aastatel 1990-2012 on väljatoodud Tabel 32.

Tabel 32 Tarbitud kütuste kogused Eestis ajavahemikul 1990-2012

Kütus (TJ)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Raske kütteõli	4 006	3 068	486	586	323	2	0	0	0	0	0
Kerge kütteõli	2 211	1 484	246	80	35	27	339	283	349	616	592
Põlevkiviõli (raske fraktsioon)	0	0	40	73	18	24	0	0	10	0	0
Maagaas	2 115	2 739	2 353	2 593	2 846	1 998	1 541	1 529	1 818	1 739	1 757
Kivisüsi	3 531	3 751	1 213	604	100	610	1 077	1 126	821	987	772
Põlevkivi	0	0	0	30	13	1	3	1	2	9	6
Freesturvas	0	0	0	67	26	9	12	7	2	1	0
Tükkturvas	0	0	0	0	0	0	21	29	19	20	12
Turbabrikett	3 499	3 219	2 573	1 805	1 274	1 864	1 843	985	494	495	435
Puit	5 344	4 997	4 734	4 960	7 855	15 007	17 543	18 313	14 238	13 714	13 888
Puidubrikett	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Puidugraanulid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 32 Tarbitud kütuste kogused Eestis ajavahemikul 1990-2012 (järg)

Kütus (TJ)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Raske kütteõli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kerge kütteõli	258	531	445	270	258	278	232	303	216	169	224	195
Põlevkiviõli (raske fraktsioon)	0	1	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0
Maagaas	1 746	1 611	1 510	1 617	1 871	1 907	2 034	2 062	2 102	2 299	2 135	2 294
Kivisüsi	674	805	510	891	771	622	271	233	197	209	284	238
Põlevkivi	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Freesturvas	0	8	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0
Tükkurvas	12	9	9	15	4	2	2	0	3	1	3	0
Turbabrikett	256	269	242	175	195	141	173	246	113	150	175	168
Puit	13 639	13 685	14 290	14 272	12 254	11 945	15 668	15 958	16 751	16 956	14 541	16 006
Puidubrikett	-	-	110	62	88	162	194	302	468	745	722	206
Puidugraanulid	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	78	85

Tier 1 puhul kasutatakse eramute kütmisest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste arvutamiseks valemit:

$$E_{\text{pollutant}} = AR_{\text{fuelconsumption}} \times EF_{\text{pollutant}}$$

Valem 10

kus:

$E_{\text{pollutant}}$ on kindla saasteaine emissioon

$AR_{\text{fuelconsumption}}$ on tarbitud kütuse hulk

$EF_{\text{pollutant}}$ on saasteaine emissioonitegur

Alljärgnevatel tabelitel (Tabel 33 kuni Tabel 36) on väljatoodud Tier 1 puhul kasutatavad emissioonitegurid eramute kütmisest tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks vastavalt EMEP/EEA juhendamaterjalile. Gaasilised kütused hõlmavad nii maagaasi, veeldatud maagaasi, vedelgaasi, gaasitehasegaasi, koksiahjugaasi kui ka kõrgahjugaasi. Kivi- ja pruunsöe alla liigitatakse antud juhul nii koksisüsi, bituumenkivisüsi, koks, pruunsüsi, põlevkivi kui ka turvas. Vedelkütuste hulka loetakse aga masuuti, naftakoksi, orimulsiooni, bituumenit, gaasiõli, petrooleumi, naftat ning põlevkiviõli. Biomassi hulka arvestatakse antud meetodi puhul puitu, puusütt ning põllumajandusjätmeid.

Tabel 33 Gaasiliste kütuste emissioonitegurid EMEP/EEA järgi

Saasteaine	Väärtus	Ühik	Intervall	
			Alumine	Ülemine
TSP	1,2	g/GJ	0,7	1,7
PM ₁₀	1,2	g/GJ	0,7	1,7
PM _{2.5}	1,2	g/GJ	0,7	1,7

Tabel 34 Kivi- ja pruunsöe emissioonitegurid EMEP/EEA järgi

Saasteaine	Väärtus	Ühik	Intervall	
			Alumine	Ülemine
TSP	444	g/GJ	80	600
PM ₁₀	404	g/GJ	76	480
PM _{2.5}	398	g/GJ	72	480

Tabel 35 Vedelkütuste emissioonitegurid EMEP/EEA järgi

Saasteaine	Väärtus	Ühik	Intervall	
			Alumine	Ülemine
TSP	1,9	g/GJ	1,1	2,6
PM ₁₀	1,9	g/GJ	1,1	2,6
PM _{2.5}	1,9	g/GJ	1,1	2,6

Tabel 36 Biomassi emissioonitegurid EMEP/EEA järgi

Saasteaine	Väärtus	Ühik	Intervall	
			Alumine	Ülemine
TSP	800	g/GJ	400	1600
PM ₁₀	760	g/GJ	380	1520
PM _{2.5}	740	g/GJ	370	1480

Tier 1 emissiooniteguritega arvatatud saasteainete heitkogused on väljatoodud Tabel 37.

Tabel 37 Eramute kütmisest õhku eralduvate saasteainete heitkogused Eestis aastatel 1990-2012 Tier 1 järgi

Küte	Saasteaine (t/a)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Raske kütteõli	TSP	7,6	5,8	0,9	1,1	0,6	0,004	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	7,6	5,8	0,9	1,1	0,6	0,004	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	7,6	5,8	0,9	1,1	0,6	0,004	0	0	0	0	0
Kerge kütteõli	TSP	4,2	2,8	0,5	0,2	0,1	0,1	0,6	0,5	0,7	1,2	1,1
	PM ₁₀	4,2	2,8	0,5	0,2	0,1	0,1	0,6	0,5	0,7	1,2	1,1
	PM _{2,5}	4,2	2,8	0,5	0,2	0,1	0,1	0,6	0,5	0,7	1,2	1,1
Põlevkiviõli (raske fraktsioon)	TSP	0	0	0,1	0,1	0,03	0,05	0	0	0,02	0	0
	PM ₁₀	0	0	0,1	0,1	0,03	0,05	0	0	0,02	0	0
	PM _{2,5}	0	0	0,1	0,1	0,03	0,05	0	0	0,02	0	0
Maagaas	TSP	2,5	3,3	2,8	3,1	3,4	2,4	1,8	1,8	2,2	2,1	2,1
	PM ₁₀	2,5	3,3	2,8	3,1	3,4	2,4	1,8	1,8	2,2	2,1	2,1
	PM _{2,5}	2,5	3,3	2,8	3,1	3,4	2,4	1,8	1,8	2,2	2,1	2,1
Kivisüsi	TSP	1567,8	1665,4	538,6	268,2	44,4	270,8	478,2	499,9	364,5	438,2	342,8
	PM ₁₀	1426,5	1515,4	490,1	244,0	40,4	246,4	435,1	454,9	331,7	398,7	311,9
	PM _{2,5}	1405,3	1492,9	482,8	240,4	39,8	242,8	428,6	448,1	326,8	392,8	307,3
Põlevkivi	TSP	0	0	0	13,3	5,8	0,4	1,3	0,4	0,9	4,0	2,7
	PM ₁₀	0	0	0	12,1	5,3	0,4	1,2	0,4	0,8	3,6	2,4
	PM _{2,5}	0	0	0	11,9	5,2	0,4	1,2	0,4	0,8	3,6	2,4
Freesturvas	TSP	0	0	0	29,7	11,5	4,0	5,3	3,1	0,9	0,4	0
	PM ₁₀	0	0	0	27,1	10,5	3,6	4,8	2,8	0,8	0,4	0
	PM _{2,5}	0	0	0	26,7	10,3	3,6	4,8	2,8	0,8	0,4	0
Tükkurvas	TSP	0	0	0	0	0	0	9,3	12,9	8,4	8,9	5,3
	PM ₁₀	0	0	0	0	0	0	8,5	11,7	7,7	8,1	4,8
	PM _{2,5}	0	0	0	0	0	0	8,4	11,5	7,6	8,0	4,8
Turbabrikett	TSP	1 553,6	1 429,2	1 142,4	801,4	565,7	827,6	818,3	437,3	219,3	219,8	193,1

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Küte	Saasteaine (t/a)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	PM ₁₀	1 413,6	1 300,5	1 039,5	729,2	514,7	753,1	744,6	397,9	199,6	200,0	175,7
	PM _{2,5}	1 392,6	1 281,2	1 024,1	718,4	507,1	741,9	733,5	392,0	196,6	197,0	173,1
Puit	TSP	4 275,2	3 997,6	3 787,2	3 968,0	6 284,0	12 005,6	14 034,4	14 650,4	11 390,4	10 971,2	11 110,4
	PM ₁₀	4 061,4	3 797,7	3 597,8	3 769,6	5 969,8	11 405,3	13 332,7	13 917,9	10 820,9	10 422,6	10 554,9
	PM _{2,5}	3 954,6	3 697,8	3 503,2	3 670,4	5 812,7	11 105,2	12 981,8	13 551,6	10 536,1	10 148,4	10 277,1

Tabel 37 Eramute kütmisest õhku eralduvate saasteainete heitkogused Eestis aastatel 1990-2012 Tier 1 järgi (järg)

Küte	Saaste- aine (t/a)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Raske kütteõli	TSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kerge kütteõli	TSP	0,5	1,0	0,8	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4
	PM ₁₀	0,5	1,0	0,8	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4
	PM _{2,5}	0,5	1,0	0,8	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4
Põlev- kiviõli (raske frakt- sioon)	TSP	0	0,002	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	0,002	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	0	0,002	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0
Maagaas	TSP	2,1	1,9	1,8	1,9	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,8	2,6	2,8
	PM ₁₀	2,1	1,9	1,8	1,9	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,8	2,6	2,8
	PM _{2,5}	2,1	1,9	1,8	1,9	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,8	2,6	2,8
Kivisüsi	TSP	299,3	357,4	226,4	395,6	342,3	276,1	120,3	103,5	87,5	92,8	126,1	105,7
	PM ₁₀	272,3	325,2	206,0	360,0	311,5	251,2	109,5	94,1	79,6	84,4	114,7	96,2
	PM _{2,5}	268,3	320,4	203,0	354,6	306,9	247,5	107,9	92,7	78,4	83,2	113,0	94,7
Põlevkivi	TSP	0	0	0	3,1	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	0	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0
Frees- turvas	TSP	0	3,6	0	0	1,3	1,3	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	3,2	0	0	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0

Eesti Keskkonnauringute Keskus OÜ

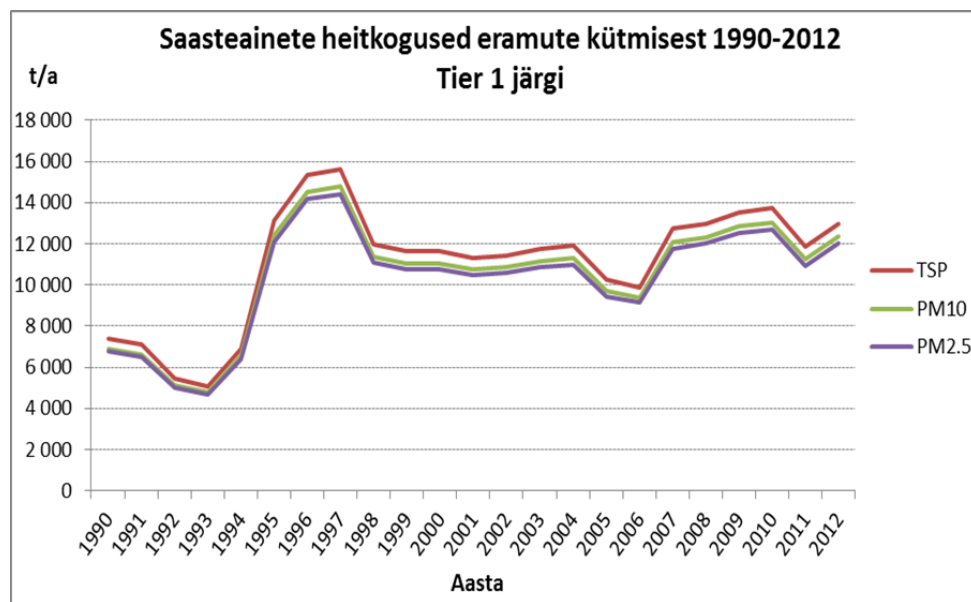
Küte	Saaste- aine (t/a)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	PM _{2.5}	0	3,2	0	0	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0
Tükk- turvas	TSP	5,3	4,0	4,0	6,7	1,8	0,9	0,9	0	1,3	0,4	1,3	0
	PM ₁₀	4,8	3,6	3,6	6,1	1,6	0,8	0,8	0	1,2	0,4	1,2	0
	PM _{2.5}	4,8	3,6	3,6	6,0	1,6	0,8	0,8	0	1,2	0,4	1,2	0
Turba- brikett	TSP	113,7	119,4	107,4	77,7	86,6	62,5	76,8	109,2	50,2	66,6	77,7	74,6
	PM ₁₀	103,4	108,7	97,8	70,7	78,8	56,8	69,9	99,4	45,7	60,6	70,7	67,9
	PM _{2.5}	101,9	107,1	96,3	69,7	77,6	56,0	68,9	97,9	45,0	59,7	69,7	66,9
Puit	TSP	10 911,2	10 948,0	11 432,0	11 417,6	9 803,2	9 556,0	12 534,4	12 766,4	13 400,8	13 564,8	11 632,8	12 804,8
	PM ₁₀	10 365,6	10 400,6	10 860,4	10 846,7	9 313,0	9 078,2	11 907,7	12 128,1	12 730,8	12 886,6	11 051,2	12 164,6
	PM _{2.5}	10 092,9	10 126,9	10 574,6	10 561,3	9 068,0	8 839,3	11 594,3	11 808,9	12 395,7	12 547,4	10 760,3	11 844,4

Eramute kütmisest välisõhku eralduvate saasteainete summeeritud heitkogused Tier 1 järgi on väljatoodud Tabel 38.

Tabel 38 Eramute kütmisest eralduvate saasteainete summeeritud heitkogused aastatel 1990-2012 Tier 1 järgi

Aasta	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2.5} (t/a)
1990	7 410,9	6 915,9	6 766,9
1991	7 104,2	6 625,5	6 483,8
1992	5 472,5	5 131,7	5 014,3
1993	5 085,2	4 786,5	4 672,3
1994	6 915,5	6 544,8	6 379,2
1995	13 111,0	12 411,4	12 096,3
1996	15 349,4	14 529,4	14 160,8
1997	15 606,5	14 788,0	14 408,9
1998	11 987,3	11 364,3	11 071,5
1999	11 645,8	11 036,7	10 753,4
2000	11 657,5	11 053,0	10 767,9
2001	11 332,0	10 748,8	10 470,4
2002	11 435,3	10 844,3	10 564,1
2003	11 772,5	11 170,5	10 880,1
2004	11 903,1	11 288,7	10 996,8
2005	10 237,9	9 708,9	9 457,9
2006	9 899,6	9 391,1	9 147,6
2007	12 735,3	12 090,7	11 774,7
2008	12 982,1	12 324,6	12 002,6
2009	13 542,7	12 860,1	12 523,2
2010	13 727,7	13 035,1	12 693,8
2011	11 840,9	11 240,8	10 947,2
2012	12 988,2	12 331,7	12 009,2

Joonis 19 on kujutatud eramute kütmisest tulenevate saasteainete summeeritud heitkogused ajavahemikul 1990-2012.



Joonis 19 TSP, PM₁₀ ja PM_{2.5} heitkogused eramute kütmisest ajavahemikul 1990-2012 Tier 1 järgi

Kui algandmetena on lisaks kasutatud kütuseliikidele teada, milliseid kütteseadmeid on kasutatud, saab Tier 1 asemel kasutada Tier 2 meetodikat:

$$E_i = \sum EF_{i,j,k} \times A_{j,k}$$

Valem 11

kus:

E_i on saasteaine aastane emissioon

$EF_{i,j,k}$ on allikast j ja kütusest k pärit saasteaine i emissioonitegur

$A_{j,k}$ on kütuse k aastane tarbimise hulk allikast j

Käesolevas töös kasutatud puidu emissioonitegurid on võetud Eesti Keskkonnauuringute Keskuse aruandest „Genfi piiriülese õhusaaste kauglevi konventsiooni püsivate orgaaniliste saasteainete protokollu nõuete täitmine“, teiste kütuste emissioonitegurid on võetud EMEP/EEA juhendmaterjalidest. Emissioonitegurid eramute kütmisest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste arvutamiseks on väljatoodud Tabel 39 kuni Tabel 43.

Tabel 39 Puidu emissioonitegurid

Küttekolle	TSP (mg/MJ)	PM ₁₀ (mg/MJ)	PM _{2,5} (mg/MJ)
Ahi	292,8	274,6	272,7
Pliit	257,3	248,0	236,1
Kamin	275,5	250,2	241,1

Tabel 40 Maagaasi emissioonitegurid EMEP/EEA järgi

Küttekolle	TSP (g/GJ)	PM ₁₀ (g/GJ)	PM _{2,5} (g/GJ)
Kamin	2,2	2,2	2,2
Katel	0,2	0,2	0,2

Tabel 41 Tahkete kütuste v.a biomassi emissioonitegurid EMEP/EEA järgi

Küttekolle	TSP (g/GJ)	PM ₁₀ (g/GJ)	PM _{2,5} (g/GJ)
Pliit	500	450	450
Kamin	350	330	330
Katel	261	225	201

Tabel 42 Vedelkütuste emissioonitegurid EMEP/EEA järgi

Küttekolle	TSP (g/GJ)	PM ₁₀ (g/GJ)	PM _{2,5} (g/GJ)
Ahi	2,2	2,2	2,2
Katel	1,5	1,5	1,5

Tabel 43 Pelletite emissioonitegurid EMEP/EEA järgi

Küttekolle	TSP (g/GJ)	PM ₁₀ (g/GJ)	PM _{2,5} (g/GJ)
Ahjud ja katlad	31	29	29

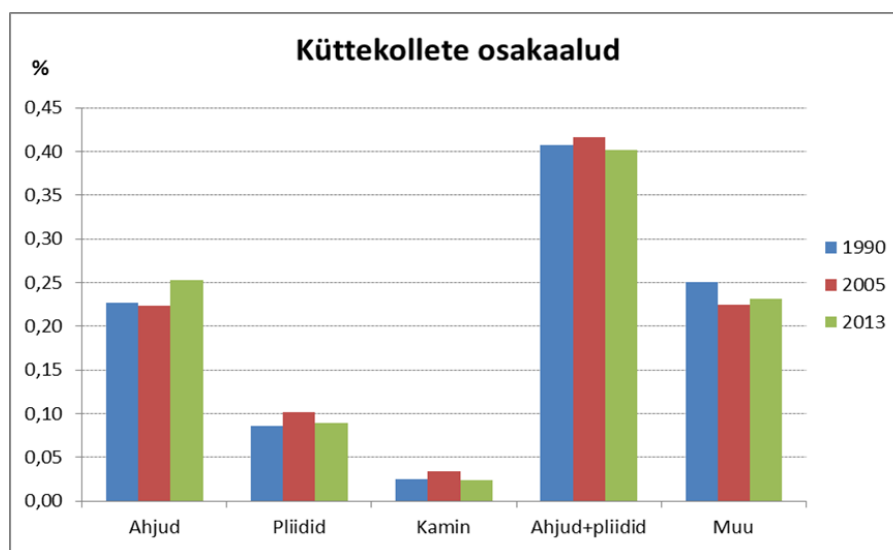
Tier 2 meetod eeldab algandmeid kasutatud kütteseadmetest ning kütustest. Andmed küttekollete osakaaludest pärinevad Tartu Ülikooli Füüsika Instituudi teadur Marko Kaasiku poolt läbiviidud uuringust „Tallinna piirkonna ja Tartu kohtkütte energiatarve, saasteainete heitmed ja tendentsid aastatel 1990 – 2020“. Kuna andmete saamine kogu Eestis kasutatavatest kütteseadmetest on raskendatud, keskmistati antud uuringu Tallinna ja Tartu tulemused. Saadud tulemused on esitatud Tabel 44. Antud juhul on tegemist liidetud osakaaludega ehk ahjude alla on arvestatud need eramud,

[Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 73 \(94\)](#)

milles on ainult ahiküte, keskküte ja ahiküte, elektriküte ja ahiküte. Pliitide alla on arvestatud eramud, kus kasutatakse kütmiseks ainult pliite ning keskkütet ja pliite. Kamin hõlmab endas neid eramuid, kus kasutatakse ainult kaminaid, ahjude ja pliitide hulka on arvestatud need eramud, kus on kasutusel mõlemad küttekolded ning need, kus lisaks keskküttele kasutatakse nii ahjusid kui pliite. Muu tähistab antud kontekstis keskmistamisest tekkinud määramatust, mida ei ole võimalik täpsemalt defineerida ehk täpsed kütteseadmed on teadmata.

Tabel 44 Keskmistatud küttekollete osakaalud aastatel 1990, 2005, 2013 ja 2020

Küttekolle	1990	2005	2013	2020
Ahjud	0,23	0,22	0,25	0,26
Pliidid	0,09	0,10	0,09	0,12
Kamin	0,02	0,03	0,02	0,01
Ahjud+pliidid	0,41	0,42	0,40	0,40
Muu	0,25	0,22	0,23	0,21



Joonis 20 Küttekollete osakaalud aastatel 1990, 2005 ja 2013

Tabel 44 toodud osakaalusid kasutati puiduga kütmisest tulenevate saasteainete heitkoguste arvutamiseks. Selleks jagati esmalt kasutatud puidu kogus vastavalt küttekolde osakaaludele laiali ning korrutati seejärel vastava küttekolde emissiooniteguriga. Kui ahjudest, pliitidest ja kaminatest eralduvate saasteainete heitkoguste arvutamisel võeti aluseks Tabel 39 toodud emissioonitegurid, siis heitkoguste arvutamisel muudest allikatest ning ahjudest ja pliitidest kokku kasutati keskmistatud emissioonitegureid. Keskmistatud emissioonitegurite arvutamiseks muude allikate puhul leiti

keskmise nii ahjude, pliitide kui kaminade emissiooniteguritest, ahjud-pliidid puhul leiti keskmise ahjude ja pliitide emissiooniteguritest. Leitud keskmised on väljatoodud Tabel 45.

Tabel 45 Keskmistatud emissioonitegurid ahi-pliit ning muudele küttekolletele

Küttekolle	TSP (mg/MJ)	PM ₁₀ (mg/MJ)	PM _{2.5} (mg/MJ)
Ahi-pliit	275,1	261,3	254,4
Muu	275,2	257,6	249,9

Puiduga kütmisest välisõhku eraldunud saasteainete arvatud heitkogused on väljatoodud Tabel 46 kuni

Tabel 48. Arvutused on tehtud aastate 1990, 2005 ning 2013 kohta. 2013. aasta arvutustes on kasutatud 2012. aasta küttekoguseid, kuna 2013. aasta andmed ei olnud veel kättesaadavad.

Tabel 46 Puiduga kütmisest välisõhku eraldunud saasteainete heitkogused aastal 1990

Küttekolle	Kütuse kogus (GJ)	1990		
		TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2.5} (t/a)
Ahjud	1 229 120	359,9	337,5	335,2
Pliidid	480 960	123,8	119,3	113,5
Kamin	106 880	29,4	26,7	25,8
Ahjud+pliidid	2191040	602,7	572,6	557,4
Muu	1 336 000	367,7	344,2	333,9

Tabel 47 Puiduga kütmisest välisõhku eraldunud saasteainete heitkogused aastal 2005

Küttekolle	Kütuse kogus (GJ)	2005		
		TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2.5} (t/a)
Ahjud	2 676 520	783,7	735,0	729,9
Pliidid	1 216 600	313,1	301,7	287,2
Kamin	364 980	100,6	91,3	88,0
Ahjud+pliidid	5 109 720	1 405,5	1 335,3	1 299,8
Muu	2 676 520	736,6	689,5	669,0

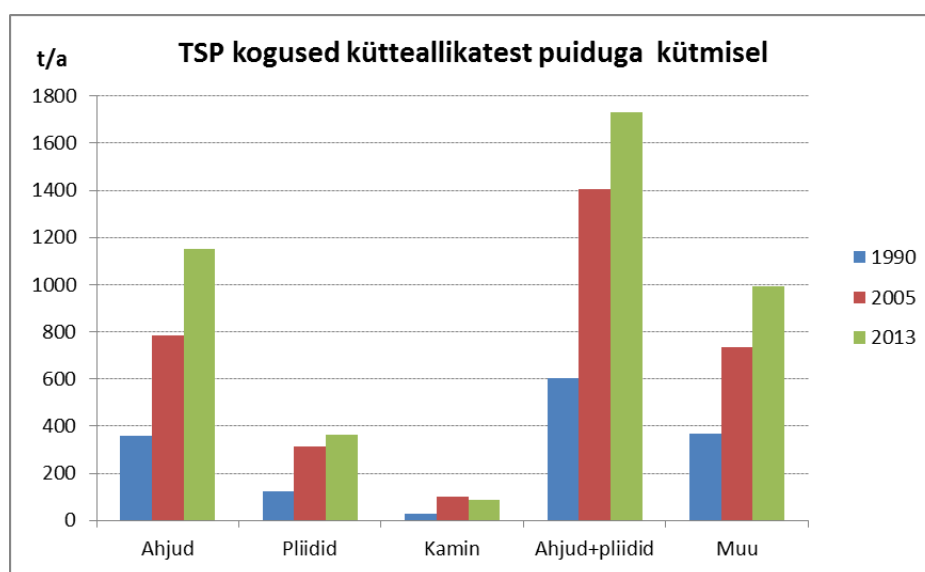
Tabel 48 Puiduga kütmisest välisõhku eraldunud saasteainete heitkogused aastal 2013

Küttekolle	Kütuse kogus (GJ)	2012/2013		
		TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2.5} (t/a)

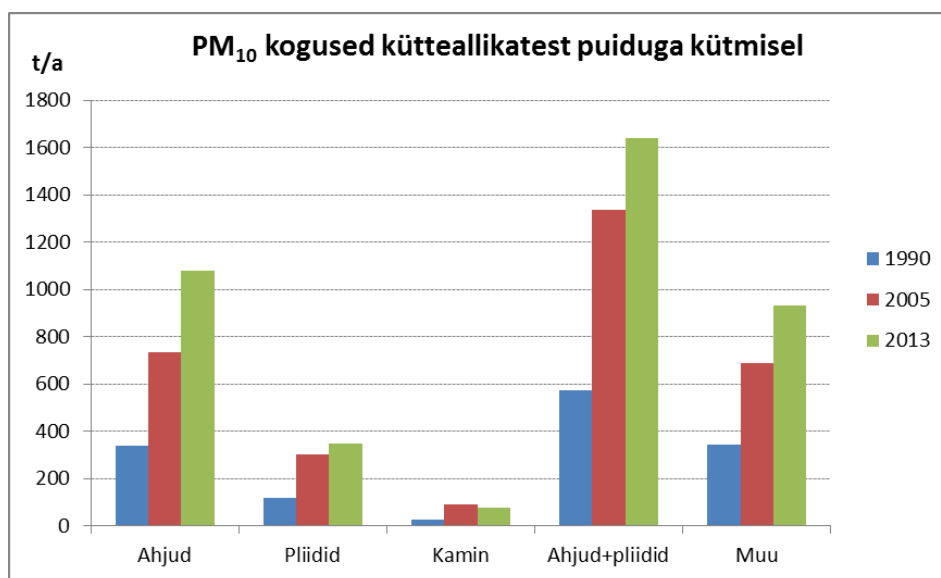
Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 75 (94)

Küttekolle	Kütuse kogus (GJ)	2012/2013		
		TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2.5} (t/a)
Ahjud	3 928 750	1 150,3	1 078,9	1 071,4
Pliidid	1 414 350	363,9	350,8	333,9
Kamin	314 300	86,6	78,7	75,8
Ahjud+pliidid	6 286 000	1 729,0	1 642,7	1 599,0
Muu	3 614 450	994,8	931,2	903,4

Joonis 21 kuni Joonis 23 on väljatoodud TSP, PM₁₀ ja PM_{2.5} heitkogused erinevatest küttekolletest aastatel 1990-2010.

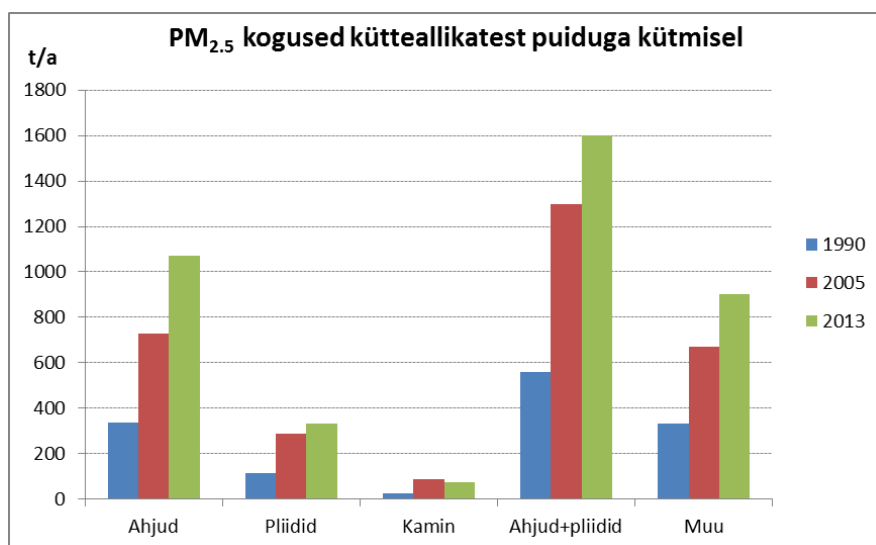


Joonis 21 TSP kogused kütteallikatest puiduga kütmisel aastatel 1990, 2005 ja 2013



Joonis 22 PM₁₀ kogused kütteallikatest puiduga kütmisel aastatel 1990, 2005 ja 2013

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 76 (94)



Joonis 23 PM_{2.5} kogused kütteallikatest puiduga kütmisel aastatel 1990, 2005 ja 2013

Teiste kasutatud kütuste puhul ei olnud võimalik täpselt eristada, kui suurtes kogustes neid kindlates kütteseadmetes kasutati. Nende kütuste puhul korrutati kogu aasta jooksul tarbitud kütte kogus vastava emissiooniteguriga. Põhjusel, et täpsed andmed kasutatud kütteseadmetest puuduvad, kasutati nii maagaasi, tahkete kütuste kui ka vedelkütuste puhul arvutuste tegemiseks antud kütuste emissioonitegurite keskmist väärtust. Kasutatud keskmised väärtused on väljatoodud Tabel 49. Puidubriketi ning puidugraanulite puhul kasutati Tabel 43 toodud emissioonitegureid.

Tabel 49 Maagaasi, tahkete kütuste ning vedelkütuste keskmistatud emissioonitegurid

Kütus	TSP (mg/MJ)	PM ₁₀ (mg/MJ)	PM _{2.5} (mg/MJ)
Maagaas	1,2	1,2	1,2
Tahke kütus v.a biomass	370,3	335,0	327,0
Vedelkütused	1,85	1,85	1,85

Tier 2 emissiooniteguritega arvatud saasteainete heitkogused on väljatoodud Tabel 50.

Tabel 50 Eramute kütmisest õhku eralduvate saasteainete heitkogused Eestis aastatel 1990-2012 Tier 2 järgi

Kütus	Saasteaine (t)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Raske kütteõli	TSP	7,41	5,68	0,90	1,08	0,60	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	7,41	5,68	0,90	1,08	0,60	0	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	7,41	5,68	0,90	1,08	0,60	0	0	0	0	0	0
Kerge kütteõli	TSP	4,09	2,75	0,46	0,15	0,06	0,05	0,63	0,52	0,65	1,14	1,10
	PM ₁₀	4,09	2,75	0,46	0,15	0,06	0,05	0,63	0,52	0,65	1,14	1,10
	PM _{2,5}	4,09	2,75	0,46	0,15	0,06	0,05	0,63	0,52	0,65	1,14	1,10
Põlevkiviõli (raske fraktsioon)	TSP	0	0	0,07	0,14	0,03	0,04	0	0	0,02	0	0
	PM ₁₀	0	0	0,07	0,14	0,03	0,04	0	0	0,02	0	0
	PM _{2,5}	0	0	0,07	0,14	0,03	0,04	0	0	0,02	0	0
Maagaas	TSP	2,54	3,29	2,82	3,11	3,42	2,40	1,85	1,83	2,18	2,09	2,11
	PM ₁₀	2,54	3,29	2,82	3,11	3,42	2,40	1,85	1,83	2,18	2,09	2,11
	PM _{2,5}	2,54	3,29	2,82	3,11	3,42	2,40	1,85	1,83	2,18	2,09	2,11
Kivisüsi	TSP	1 307,65	1 389,12	449,21	223,68	37,03	225,90	398,85	417,00	304,04	365,52	285,90
	PM ₁₀	1 182,89	1 256,59	406,36	202,34	33,50	204,35	360,80	377,21	275,04	330,65	258,62
	PM _{2,5}	1 154,64	1 226,58	396,65	197,51	32,70	199,47	352,18	368,20	268,47	322,75	252,44
Põlevkivi	TSP	0	0	0	11,11	4,81	0,37	1,11	0,37	0,74	3,33	2,22
	PM ₁₀	0	0	0	10,05	4,36	0,34	1,01	0,34	0,67	3,02	2,01
	PM _{2,5}	0	0	0	9,81	4,25	0,33	0,98	0,33	0,65	2,94	1,96
Freesturvas	TSP	0	0	0	24,81	9,63	3,33	4,44	2,59	0,74	0,37	0
	PM ₁₀	0	0	0	22,45	8,71	3,02	4,02	2,35	0,67	0,34	0
	PM _{2,5}	0	0	0	21,91	8,50	2,94	3,92	2,29	0,65	0,33	0
Tükkurvas	TSP	0	0	0	0	0	0	7,78	10,74	7,04	7,41	4,44
	PM ₁₀	0	0	0	0	0	0	7,04	9,72	6,37	6,70	4,02
	PM _{2,5}	0	0	0	0	0	0	6,87	9,48	6,21	6,54	3,92
Turbabrikett	TSP	1 295,80	1 192,10	952,87	668,45	471,80	690,30	682,52	364,78	182,94	183,32	161,10
	PM ₁₀	1 172,17	1 078,37	861,96	604,68	426,79	624,44	617,41	329,98	165,49	165,83	145,73

Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 78 (94)

Eesti Keskkonnuuringute Keskus OÜ

Kütus	Saasteaine (t)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	PM _{2,5}	1 144,17	1 052,61	841,37	590,24	416,60	609,53	602,66	322,10	161,54	161,87	142,25
Puit	TSP	1 470,76	1 375,26	1 302,88	1 365,08	2 161,83	4 130,18	4 828,13	5 040,05	3 918,54	3 774,33	3 822,21
	PM ₁₀	1 376,76	1 287,36	1 219,60	1 277,83	2 023,66	3 866,20	4 519,54	4 717,92	3 668,09	3 533,09	3 577,92
	PM _{2,5}	1 335,65	1 248,93	1 183,19	1 239,68	1 963,24	3 750,77	4 384,61	4 577,06	3 558,57	3 427,61	3 471,10
Puidubrikett	TSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM ₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM _{2,5}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Puidugraanulid	TSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM ₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM _{2,5}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 50 Eramute kütisest õhku eralduvate saasteainete heitkogused Eestis aastatel 1990-2012 Tier 2 järgi (järg)

Kütus	Saasteaine (t)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Raske kütteõli	TSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kerge kütteõli	TSP	0,48	0,98	0,82	0,50	0,48	0,51	0,43	0,56	0,40	0,31	0,41	0,36
	PM ₁₀	0,48	0,98	0,82	0,50	0,48	0,51	0,43	0,56	0,40	0,31	0,41	0,36
	PM _{2,5}	0,48	0,98	0,82	0,50	0,48	0,51	0,43	0,56	0,40	0,31	0,41	0,36
Põlevkiviõli (raske fraktsioon)	TSP	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0
Maagaas	TSP	2,10	1,93	1,81	1,94	2,25	2,29	2,44	2,47	2,52	2,76	2,56	2,75
	PM ₁₀	2,10	1,93	1,81	1,94	2,25	2,29	2,44	2,47	2,52	2,76	2,56	2,75
	PM _{2,5}	2,10	1,93	1,81	1,94	2,25	2,29	2,44	2,47	2,52	2,76	2,56	2,75
Kivisüsi	TSP	249,60	298,12	188,87	329,97	285,53	230,30	100,36	86,29	72,96	77,40	105,17	88,14
	PM ₁₀	225,79	269,68	170,85	298,49	258,29	208,33	90,79	78,06	66,00	70,02	95,14	79,73
	PM _{2,5}	220,40	263,24	166,77	291,36	252,12	203,35	88,62	76,19	64,42	68,34	92,87	77,83
Põlevkivi	TSP	0	0	0	2,59	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	0	0	2,35	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	0	0	0	2,29	0	0	0	0	0	0	0	0
Freesturvas	TSP	0	2,96	0	0	1,11	1,11	0	0	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	2,68	0	0	1,01	1,01	0	0	0	0	0	0
	PM _{2,5}	0	2,62	0	0	0,98	0,98	0	0	0	0	0	0
Tükkurvas	TSP	4,44	3,33	3,33	5,56	1,48	0,74	0,74	0	1,11	0,37	1,11	0
	PM ₁₀	4,02	3,02	3,02	5,03	1,34	0,67	0,67	0	1,01	0,34	1,01	0

Eesti Keskkonnauringute Keskus OÜ

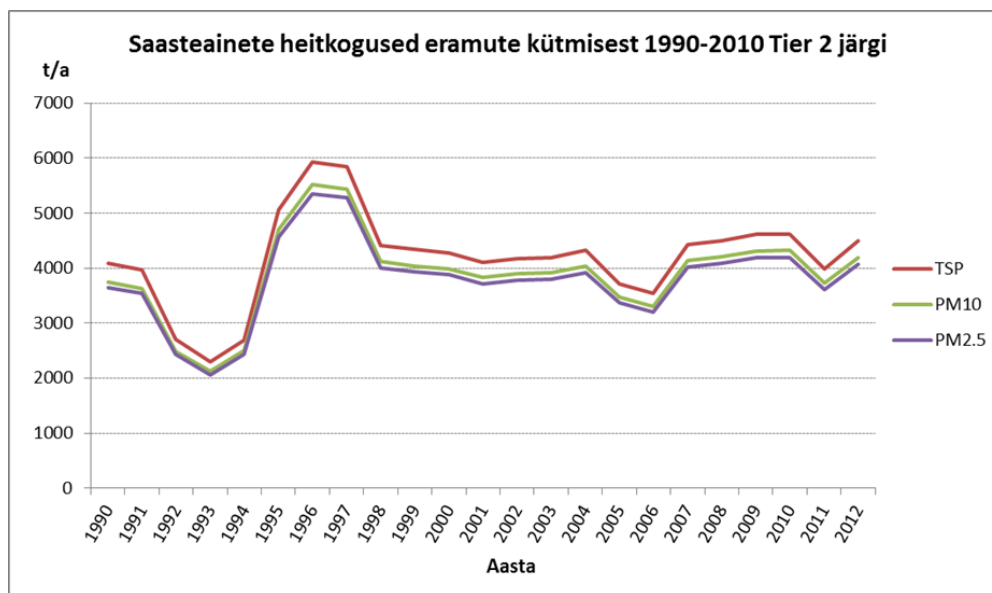
Kütus	Saasteaine (t)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	PM _{2,5}	3,92	2,94	2,94	4,91	1,31	0,65	0,65	0	0,98	0,33	0,98	0
Turbabrikett	TSP	94,81	99,62	89,62	64,81	72,22	52,22	64,07	91,10	41,85	55,55	64,81	62,22
	PM ₁₀	85,76	90,12	81,07	58,63	65,33	47,24	57,96	82,41	37,86	50,25	58,63	56,28
	PM _{2,5}	83,71	87,96	79,13	57,23	63,77	46,11	56,57	80,44	36,95	49,05	57,23	54,94
Puit	TSP	3 753,68	3 766,34	3 902,58	3 910,83	3 348,29	3 242,88	4 258,71	4 308,80	4 481,36	4 461,54	3 781,76	4 325,04
	PM ₁₀	3 513,77	3 525,62	3 653,15	3 660,87	3 134,29	3 035,62	3 986,52	4 033,40	4 194,94	4 176,39	3 540,05	4 048,60
	PM _{2,5}	3 408,86	3 420,36	3 544,08	3 551,58	3 040,71	2 944,98	3 867,49	3 912,98	4 069,69	4 051,70	3 434,36	3 927,73
Puidubrikett	TSP	-	-	3,41	1,92	2,73	5,02	6,01	9,36	14,51	23,10	22,38	6,39
	PM ₁₀	-	-	3,19	1,80	2,55	4,70	5,63	8,76	13,57	21,61	20,94	5,97
	PM _{2,5}	-	-	3,19	1,80	2,55	4,70	5,63	8,76	13,57	21,61	20,94	5,97
Puidugraanulid	TSP	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	2,42	2,64
	PM ₁₀	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	2,26	2,47
	PM _{2,5}	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	2,26	2,47

Eramute kütmisest välisõhku eralduvate saasteainete summeeritud heitkogused Tier 2 järgi on väljatoodud Tabel 51.

Tabel 51 Eramute kütmisest eralduvate saasteainete summeeritud heitkogused aastatel 1990-2012 Tier 2 järgi

Aasta	TSP (t/a)	PM ₁₀ (t/a)	PM _{2,5} (t/a)
1990	4 088,2	3 745,8	3 648,5
1991	3 968,2	3 634,0	3 539,8
1992	2 709,2	2 492,2	2 425,5
1993	2 297,6	2 121,8	2 063,6
1994	2 689,2	2 501,1	2 429,4
1995	5 052,6	4 700,8	4 565,5
1996	5 925,3	5 512,3	5 353,7
1997	5 837,9	5 439,9	5 281,8
1998	4 416,9	4 119,2	3 998,9
1999	4 337,5	4 042,8	3 925,3
2000	4 279,1	3 991,5	3 874,9
2001	4 105,1	3 831,9	3 719,5
2002	4 173,3	3 894,0	3 780,0
2003	4 190,4	3 913,9	3 798,8
2004	4 318,1	4 029,6	3 911,6
2005	3 714,1	3 465,5	3 364,2
2006	3 535,1	3 300,4	3 203,6
2007	4 432,8	4 144,4	4 021,8
2008	4 498,6	4 205,7	4 081,4
2009	4 614,7	4 316,3	4 188,5
2010	4 621,0	4 321,7	4 194,1
2011	3 980,6	3 721,0	3 611,6
2012	4 487,5	4 196,2	4 072,0

Joonis 24 on kujutatud eramute kütmisest tulenevate saasteainete summeeritud heitkogused ajavahemikul 1990-2012 Tier 2 järgi.



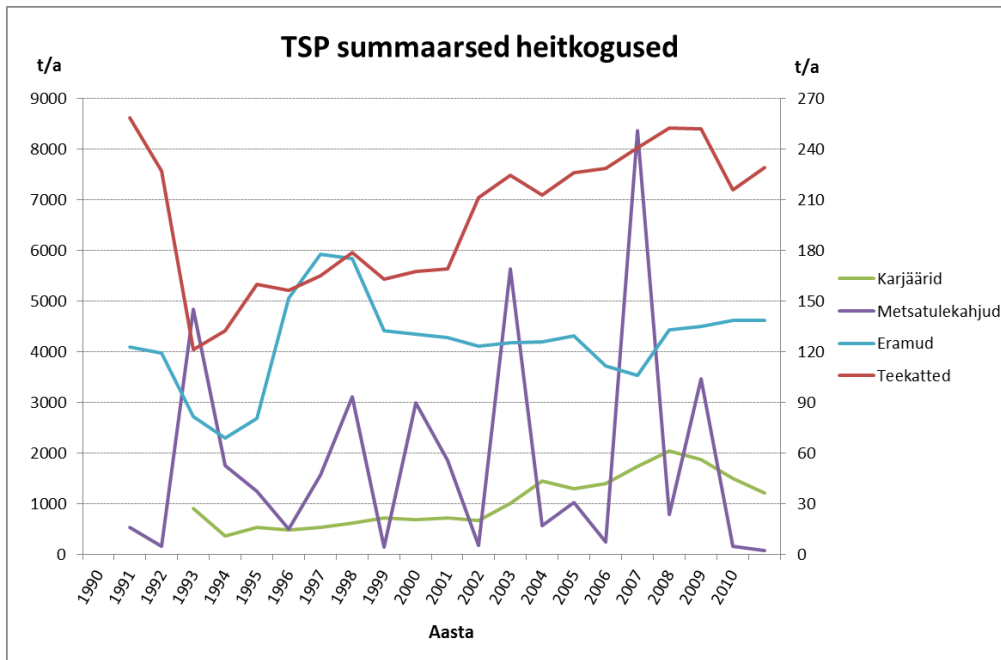
Joonis 24 TSP, PM₁₀ ja PM_{2,5} heitkogused eramute kütmisest ajavahemikul 1990-2012 Tier 2 järgi

4.6 Summaarsed heitkogused

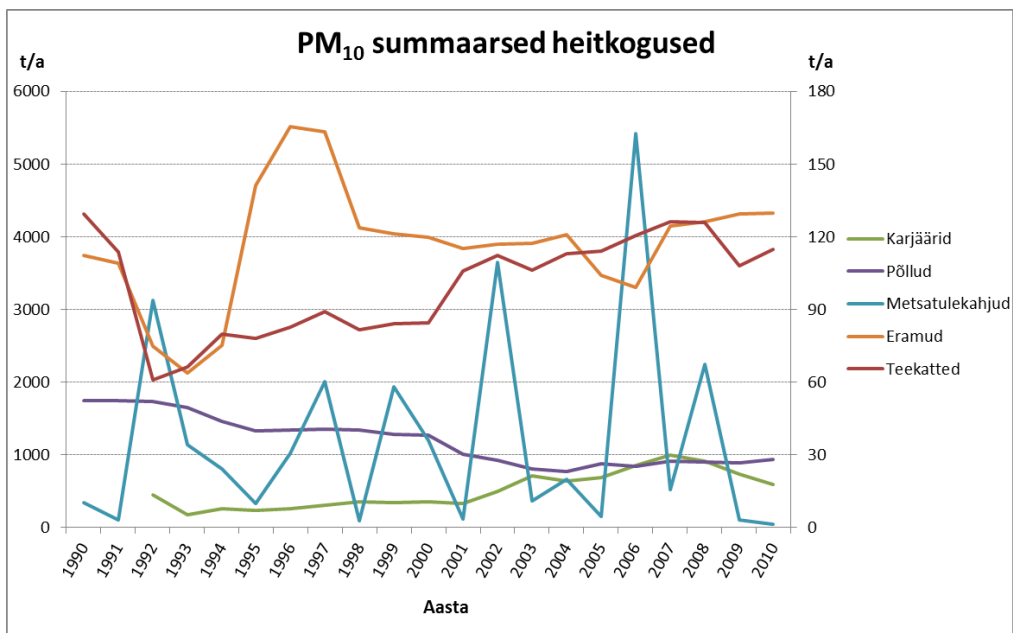
Tabel 52 on väljatoodud kõikide valdkondade summeeritud heitkogused aastatel 1990-2010. Valdkondade puhul, mille juures tehti arvutusi nii Tier 1 kui ka Tier 2 meetodi järgi (teekatted ja eramud), on tabelis väljatoodud ainult Tier 2 järgi arvatud heitkogused, kuna nende tulemused võrreldes Tier 1-ga on täpsemad.

Tabel 52 Valdcondade summeeritud heitkogused aastatel 1990-2010

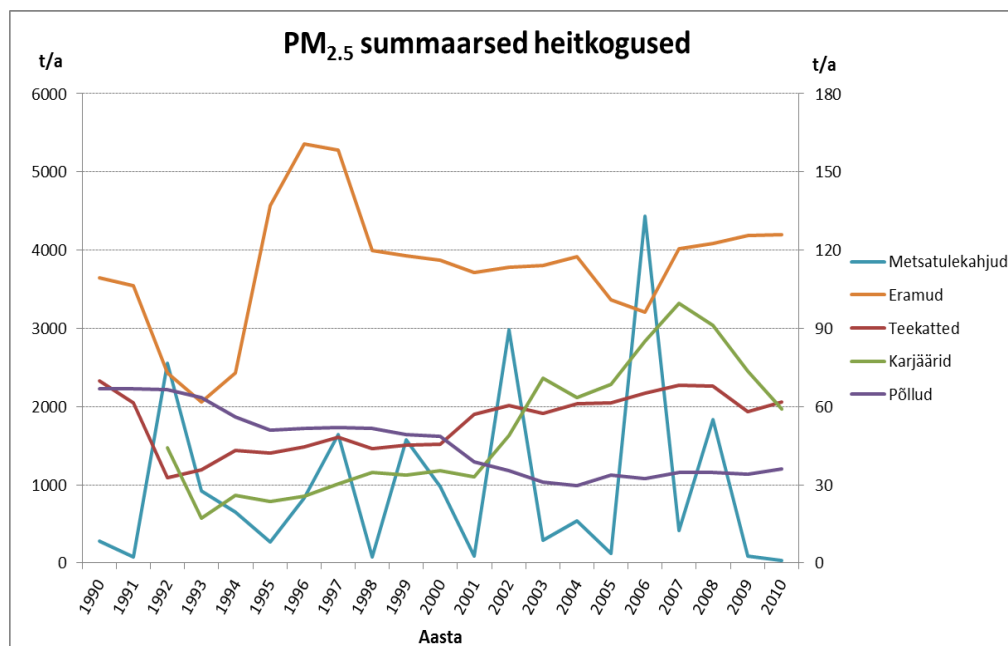
Aasta	Teekatted			Karjäärid			Põllud		Metsatulekahjud			Eramud		
	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
1990	258,5	129,3	69,8				1 741,4	67,0	524,6	339,4	277,7	4088,2	3745,8	3648,5
1991	227,2	113,6	61,4				1 738,3	66,9	156,8	101,5	83,0	3968,2	3634,0	3539,8
1992	121,4	60,7	32,8	903,8	443,0	44,3	1 726,3	66,4	4 832,2	3 126,7	2 558,2	2709,2	2492,2	2425,5
1993	132,5	66,3	35,8	352,2	172,6	17,3	1 648,9	63,4	1 749,8	1 132,2	926,4	2297,6	2121,8	2063,6
1994	159,6	79,8	43,1	530,5	260,0	26,0	1 458,6	56,1	1 234,1	798,6	653,4	2689,2	2501,1	2429,4
1995	156,2	78,1	42,2	479,6	235,1	23,5	1 327,1	51,0	502,7	325,3	266,1	5052,6	4700,8	4565,5
1996	164,9	82,5	44,5	523,7	256,7	25,7	1 340,2	51,6	1 565,7	1 013,1	828,9	5925,3	5512,3	5353,7
1997	178,4	89,2	48,2	620,6	304,2	30,4	1 348,2	51,9	3 100,2	2 006,0	1 641,3	5837,9	5439,9	5281,8
1998	163,1	81,6	44,3	710,9	348,4	34,9	1 343,3	51,7	146,0	94,5	77,3	4416,9	4119,2	3998,9
1999	167,7	83,9	45,3	685,9	336,2	33,6	1 277,2	49,1	2 982,6	1 929,9	1 579,0	4337,5	4042,8	3925,3
2000	168,8	84,4	45,6	720,3	353,1	35,3	1 263,3	48,6	1 849,1	1 196,4	978,9	4279,1	3991,5	3874,9
2001	211,4	105,7	57,1	670,9	328,8	32,9	1 005,0	38,7	167,1	108,1	88,5	4105,1	3831,9	3719,5
2002	224,2	112,1	60,5	998,5	489,5	49,0	917,4	35,3	5 629,1	3 642,4	2 980,1	4173,3	3894,0	3780,0
2003	212,7	106,3	57,4	1 443,9	707,8	70,8	807,0	31,0	558,7	361,5	295,8	4190,4	3913,9	3798,8
2004	226,0	113,0	61,0	1 296,8	635,7	63,6	773,1	29,7	1 024,6	663,0	542,4	4318,1	4029,6	3911,6
2005	228,3	114,2	61,6	1 398,2	685,4	68,5	874,7	33,6	233,9	151,3	123,8	3714,1	3465,5	3364,2
2006	240,7	120,3	65	1 732,3	849,2	84,9	840,8	32,3	8 370,8	5 416,4	4 431,6	3535,1	3300,4	3203,6
2007	252,5	126,2	68,2	2 032,1	996,1	99,6	904,2	34,8	790,7	511,6	418,6	4432,8	4144,4	4021,8
2008	251,9	125,9	68	1 861,5	912,5	91,3	900,7	34,6	3 460,7	2 239,3	1 832,1	4498,6	4205,7	4081,4
2009	215,7	107,9	58,2	1 503,9	737,2	73,7	883,9	34,0	160,4	103,8	84,9	4614,7	4316,3	4188,5
2010	229,2	114,6	61,9	1 202,8	589,6	59,0	939,1	36,1	67,1	43,4	35,5	4621,0	4321,7	4194,1



Joonis 25 Metsatulekahjudest (vasakpoolne skaala), eramutest (vasakpoolne skaala), teekattetest (parempoolne skaala) ja karjääridest (parempoolne skaala) tuleneva TSP summaarsed heitkogused aastatel 1990-2010



Joonis 26 Karjääridest (vasakpoolne skaala), põldudelt (vasakpoolne skaala), metsatulekahjudest (vasakpoolne skaala), eramutest (vasakpoolne skaala) ja teekattetelt (parempoolne skaala) tuleneva PM₁₀ summaarsed heitkogused aastatel 1990-2010

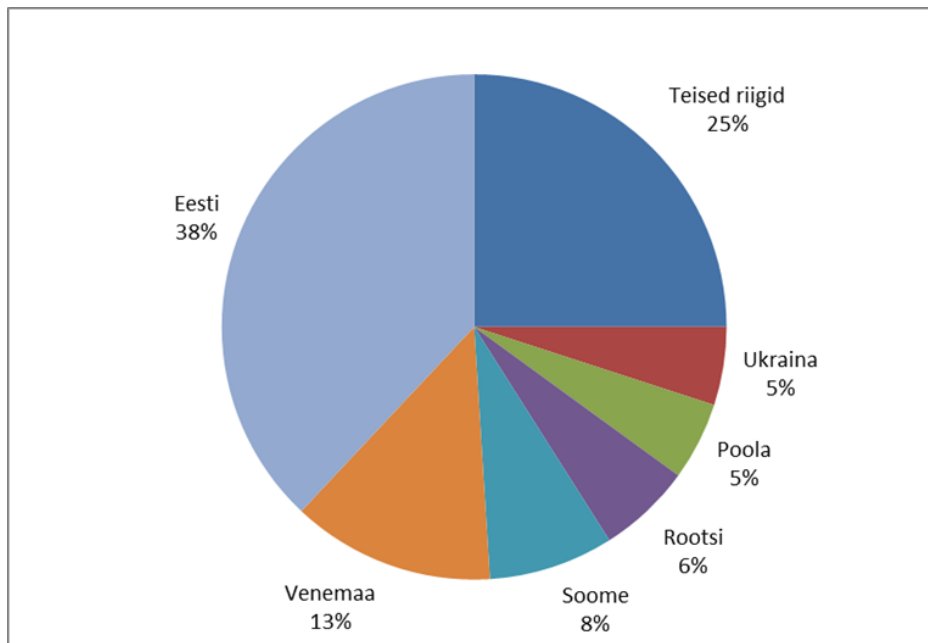


Joonis 27 Metsatulekahjudest (vasakpoolne skaala), eramutest (vasakpoolne skaala), teekatetelt (parempoolne skaala), karjääridest (parempoolne skaala) ja põldudelt (parempoolne skaala) tuleneva PM_{2.5} summaarsed heitkogused aastatel 1990-2010

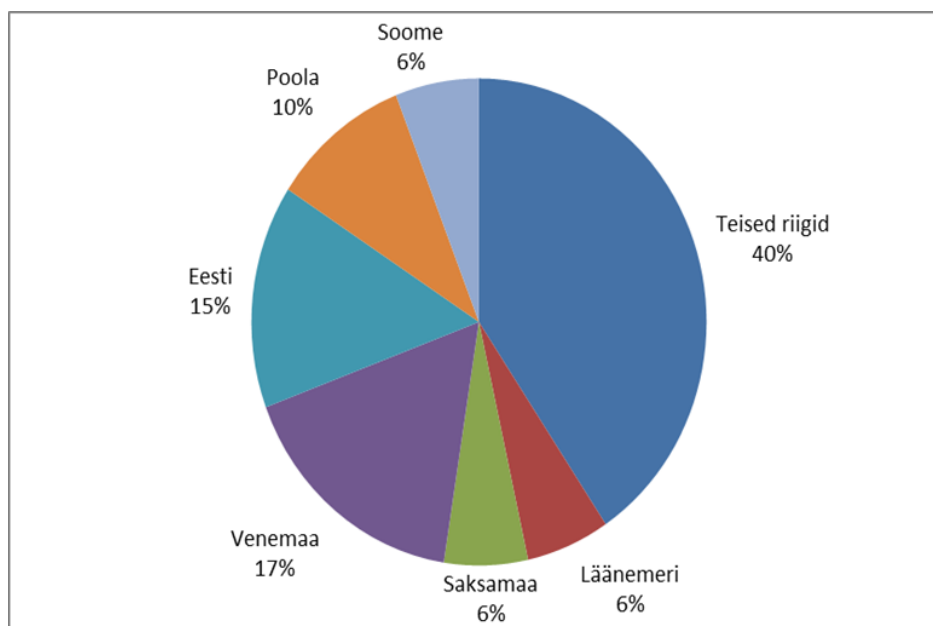
4.7 Kaugkanne

Kaugkanne omab olulist mõju välisõhu kvaliteedile, kuna kaugkandega saabuv saastevoog võib sageli lokaalse saastega kombineerudes põhjustada kohalike piirväärtuste ületamisi. Andmed saasteainete heitkoguste kohta ehk millisest riigist ja kui palju saastet Eestisse jõuab ning kui palju Eestist omakorda teistesse riikidesse jõuab, on saadaval EMEP MSC-W kodulehel.

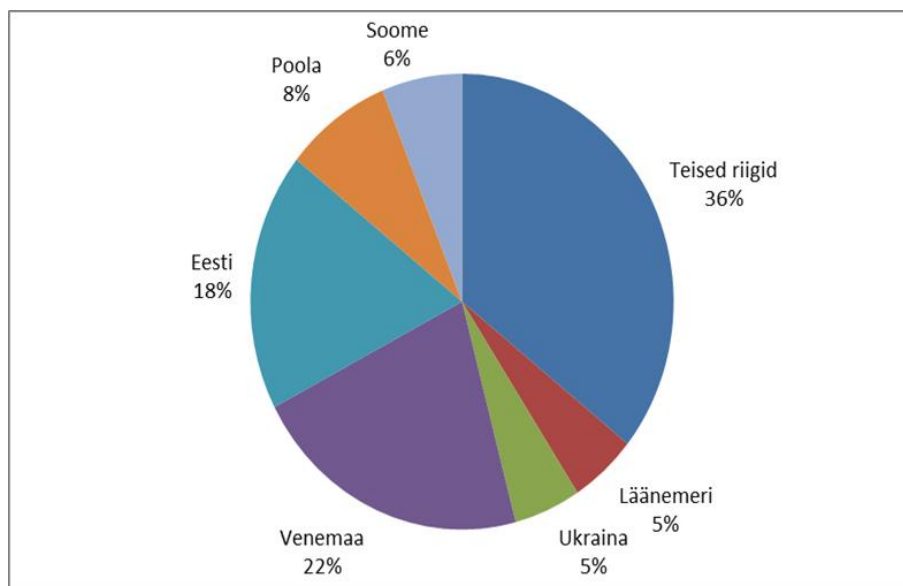
Alljärgnevatel joonistel (Joonis 28 kuni Joonis 34) on näha, millistest riikidest on aastatel 2004-2010 jõudnud Eestisse kõige enam saastet protsentuaalselt. Varasemate aastate andmed ega täpsed kontsentratsioonid ei olnud kättesaadavad.



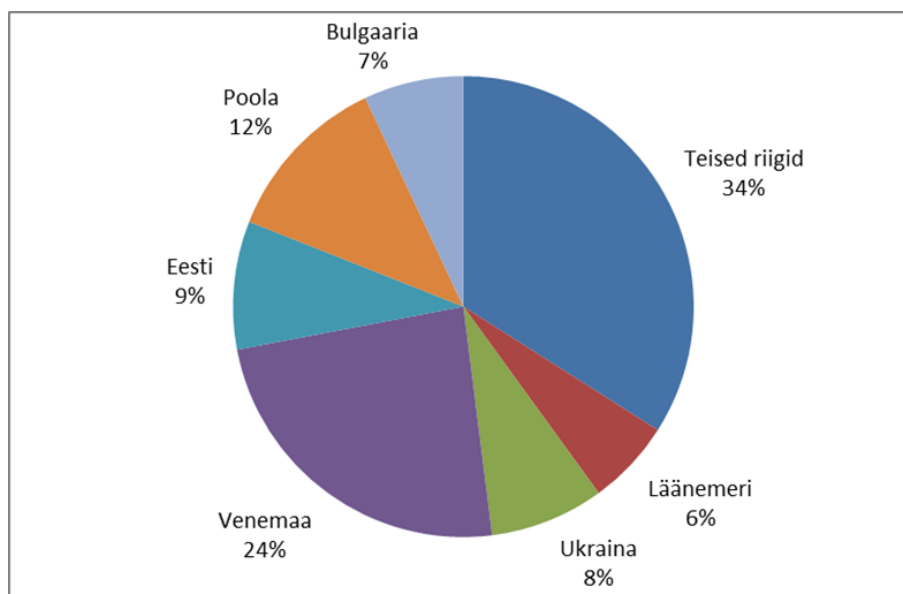
Joonis 28 PM_{2.5} kaugkanne teistest riikidest aastal 2004



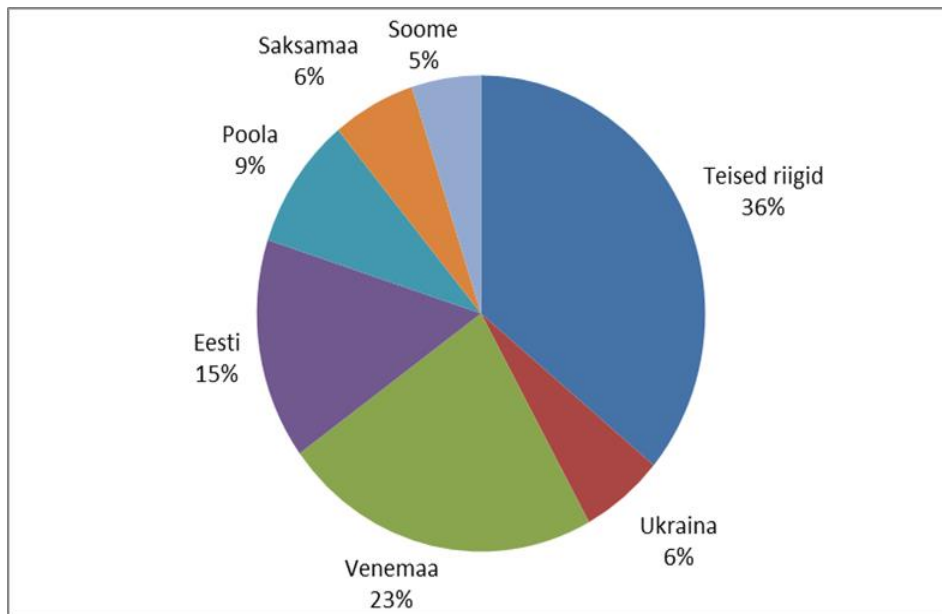
Joonis 29 PM_{2.5} kaugkanne teistest riikidest ja piirkondadest aastal 2005



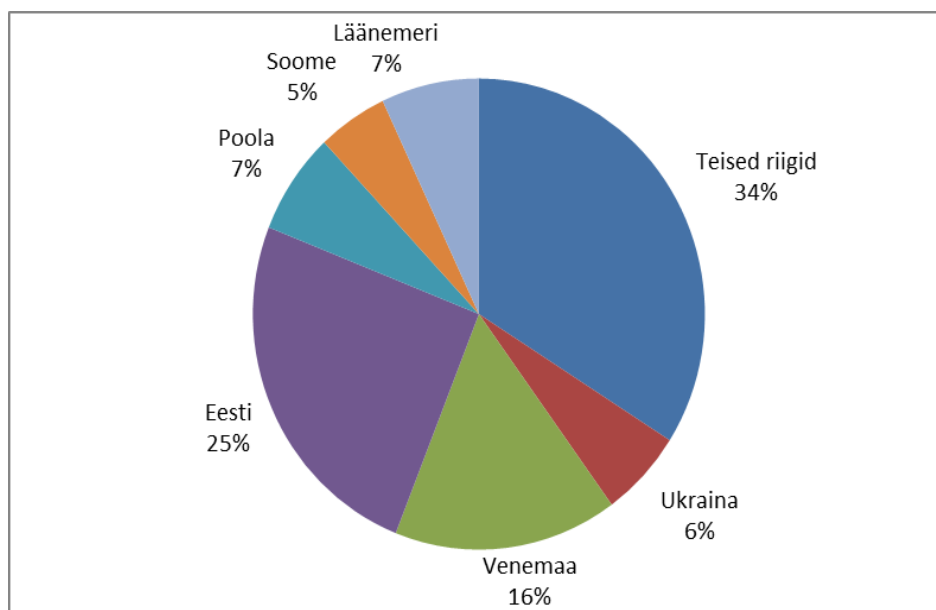
Joonis 30 PM_{2.5} kaugkanne teistest riikidest ja piirkondadest aastal 2006



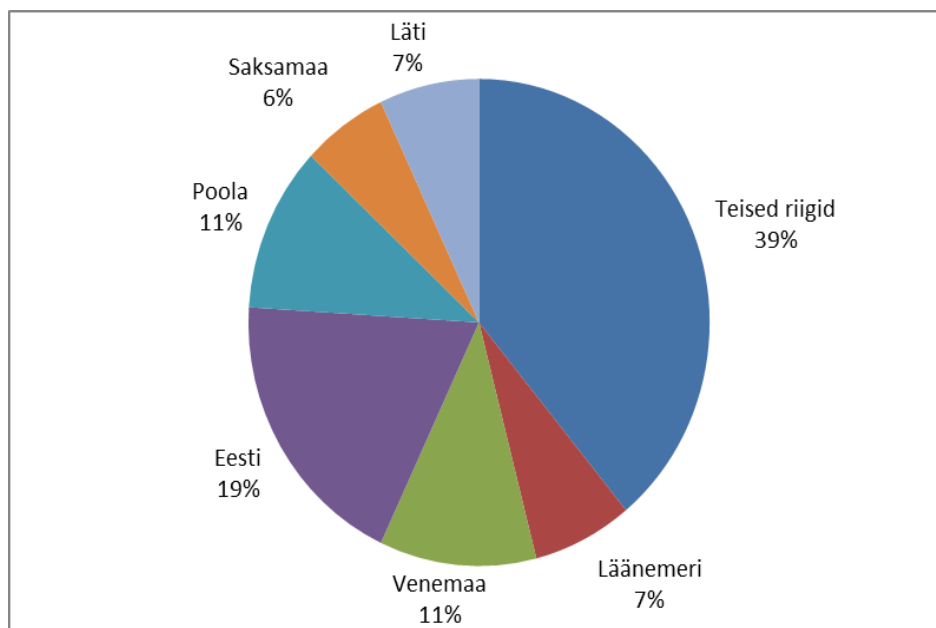
Joonis 31 PM_{2.5} kaugkanne teistest riikidest ja piirkondadest aastal 2007



Joonis 32 PM_{2.5} kaugkanne teistest riikidest aastal 2008



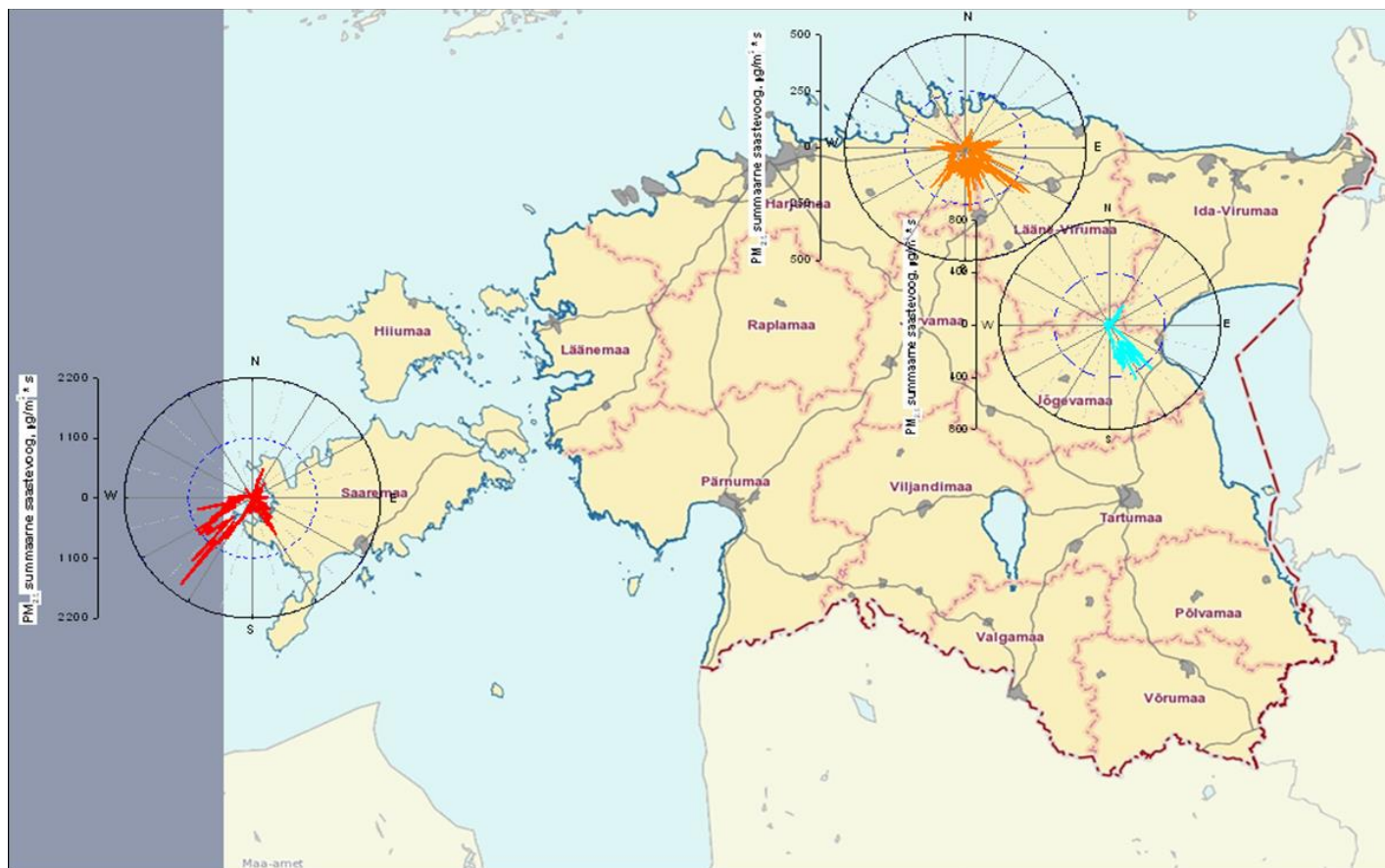
Joonis 33 PM_{2.5} kaugkanne teistest riikidest ja piirkondadest aastal 2009



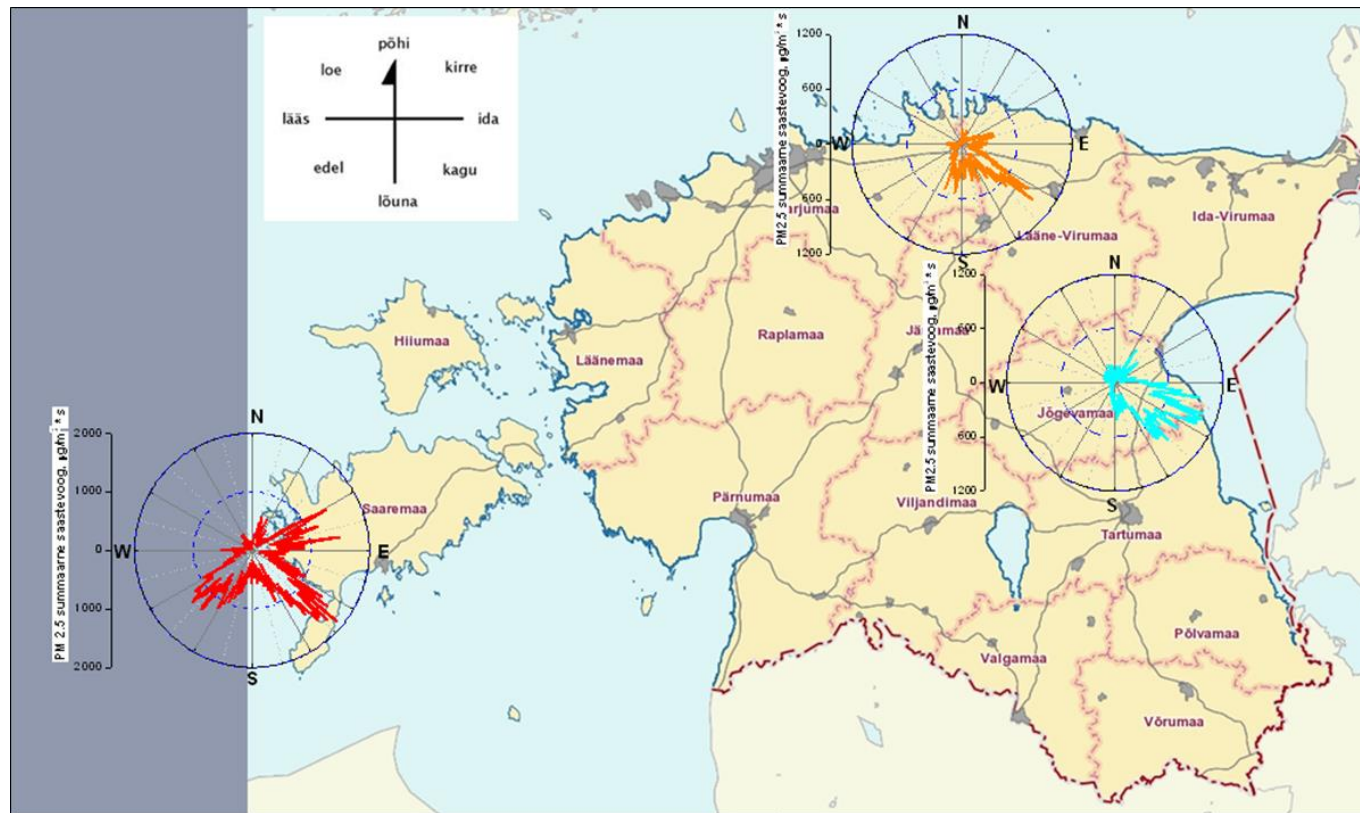
Joonis 34 **PM_{2.5} kaugkanne teistest riikidest ja piirkondadest aastal 2010**

Alates 2009. aastast on Eesti kohta koostatud PM_{2.5} voograafikuid, mis näitavad, millisest suunast summaarselt kõige rohkem saastet pärineb. 2009. ja 2010. aasta voograafikud on esitatud vastavalt Joonis 35 ja Joonis 36.

Joonis 35 on näha, et 2009. aastal on Vilsandile tulnud kõige enam saastet Lääne-Euroopast, Saarejärvele Ida-Euroopast ning Lahemaale nii lõuna- kui ka põhjakaarest. 2010. aastal on PM_{2.5} osas olnud Vilsandil ülekaalus nii Lääne-Euroopast kui ka kirdesuunast pärit saaste. Lahemaal ja Saarejärvel on enim PM_{2.5} koguseid pärit kagusuunast (Joonis 36).



Joonis 35 PM_{2,5} summaarne saastevoog taustajaamades aastal 2009



Joonis 36 PM_{2.5} summaarne saastevoog taustajaamades aastal 2010

5 Kasutatud kirjandus

Abu-Allaban, M., Gillies, J.A., Gertler, A.W., Clayton, R., Proffitt, D. (2003) Tailpipe, resuspended road dust, and brake-wear emission factors from on-road vehicles. *Atmospheric Environment* 37, 5283-5293.

Arumäe, T. (2013) Teekattest ja rehvidest pärinevate peenosakeste mõõteseadme konstrueerimine ja katsetamine. Tallinna Tehnikaülikool, Tartu Kolledz, Magistritöö.

Bukowiecki, N., Lienemann, P., Hill, M., Furger, M., Richard, A., Amato, F., Prévot, A.S.H., Baltensperger, U., Buchmann, B., Gehrig, R. (2010) PM10 emission factors for non-exhaust particles generated by road traffic in an urban street canyon and along a freeway in Switzerland. *Atmospheric Environment* 40, 2330-2340.

Dahl, A., Gharibi, A., Swietlicki, E., Gudmundsson, A., Bohgard, M., Ljungman, A., Blomqvist, G., Gustafsson, M. (2006) Traffic-generated emissions of ultrafine particles from pavement-tyre interface. *Atmospheric Environment* 40, 1314-1323.

Doorn, M.R.J., D. F. Natschke (2002) Development of an emission factor for ammonia emissions from US swine farms based on field tests and application of a mass balance method. *Atmospheric Environment* 36, 5619.

Eesti KHG heitkoguste inventuuri 1990-2012 aruanne. Kättesaadav: http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1204740/NIR_EST_1990-2012_15012014.pdf

ELPI, (2013) ELPI operating principle.

EMHI, (2006) Kuhu läheb Eesti lumi?

EMHI, (2014) Sademed, õhuniiskus.

Etyemezian, V., Kuhns, H., Gillies, J., Green, M., Pitchford, M., Watson, J. (2003) Vehicle-Based Road Dust Emission Measurement: I. Methods and Calibration. *Atmospheric Environment* 37, 4559-4571.

EVS (2007). EVS 892:2007. Hajusallikate heitkoguste mõõtmine. Põhimõtted. Tallinn, Eesti Standardikeskus.

EVS-EN 1991-1-1:2002+NA:2002 „Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused“.

Forsberg, B., Hansson, H.C., Johansson, C., Areskoug, H., Persson, K., Jarvholm, B. (2005) Comparative health impact assessment of local and regional particulate air pollutants in Scandinavia. *Ambio* 34, 11-19.

Gustafsson, M., Blomqvist, G., Gudmundsson, A., Dahl, A., Swietlicki, E., Bohgard, M., Lindbom, J., Ljungman, A. (2008) Properties and toxicological effects of particles from the interaction between tyres, road pavement and winter traction material. *Science of The Total Environment* 393, 226-240.

[Hajussaasteallikatest välisõhku eralduvate peenosakeste heitkoguste eriheidete täpsustamine ja heitkoguste arvutamine 93 \(94\)](#)

Hussein, T., Johansson, C.K., H., Hansson, H.-C. (2008) Factors Affecting Non-Tailpipe Aerosol Particle Emissions from Paved Roads: On-Road Measurements in Stockholm, Sweden. Atmospheric Environment 42, 688-702.

Koppel, M., Metsala, I., Eksi, R., Juhansoo, R., (2005) Talverehvide kasutamine Eestis ja selle majanduslik hinnang. Tallinna Tehnikaülikool, Teedeinstituut, Tallinn.

Maasikmets, M., Teinemaa, E., Arumäe, T., Kimmel, V., (2013) Non-exhaust PM_x emissions from road traffic, European Aerosol Conference 2013, 2013. Digital Handbook EAC 2013, Prague.

Mathissen, M., Scheer, V., Kirchner, U., Vogt, R., Benter, T. (2012) Non-exhaust PM emission measurements of a light duty vehicle with a mobile trailer. Atmospheric Environment 59, 232-242.

Norman, M., Johansson, C. (2006) Studies of some measures to reduce road dust emissions from paved roads in Scandinavia. Atmospheric Environment 40, 6154-6164.

Omstedt, G., Bringfelt, B., Johansson, C. (2005) A model for vehicle-induced non-tailpipe emissions of particles along Swedish roads. Atmospheric Environment 39, 6088-6097.

OPS (2013) Optical Particle Sizer 3330.

OPTRIS (2013) Optris infrared thermometers.

Paapsi, K. (2011) Teekattelt eralduvate peenosakeste kontsentratsiooni määramine. Tallinna Tehnikaülikool, Tartu Kolledz, Bakalaureusetöö.

Pan, S., Sun, Y., Zhang, G., Li, J., Xie, Q., Chakraborty, P. (2012) Assessment of 2-(4-morpholinyl) benzothiazole (24MoBT) and N-cyclohexyl-2-benzothiazolamine (NCBA) as traffic tracers in metropolitan cities of China and India. Atmospheric Environment 56, 246-249.

Pirjola, L., Kupiainen, K.J., Perhoniemi, P., Tervahattu, H., Vesala, H. (2009) Non-Exhaust Emission Measurement System of the Mobile Laboratory SNIFFER. Atmospheric Environment 43, 4703-4713.

Riigikontroll, (2010) Kohalike teede hoiu korraldus, http://www.riigikogu.ee/public/Riigikogu/REK/audit_50039_slaidid.ppt.

Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituudi Mäendusõpik. Kättesaadav: <http://maeopik.blogspot.com/>

Teinemaa, E., (2005) Pindsaasteallikatest eralduvate saasteainete heitkoguste võimalike mõõtmismeetodite kasutamise hindamine. , Tallinn, Estonia.

U.S Environmental Protection Agency. Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Kättesaadav: <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>

Välisõhu kaitse seadus. RT I 2004, 43, 298.