

Peente osakeste päritolu uuring

Tallinn 2010

Lepingu nr: 1-6.1/143

Tööde algus: 21.04.2009

Tööde lõpp: 30.06.2010

Tarmo Pauklin

Juhatuse liige

Erik Teinemaa

Õhukvaliteedi osakonna juhataja

Aruande koostajad

Katri Saare

Kaisa Kesanurm

Marek Maasikmets



SISUKORD

1.	SISSEJUHATUS	7
2.	MÕISTED JA LÜHENDID	9
3.	PIIRVÄÄRTUSED	12
4.	MÕÕTESEADMED JA METOODIKA	14
5.	KIRJANDUSE ÜLEVAADE	17
6.	MÕÕTMISTULEMUSED	19
6.1.	Mõõtepunkt nr 1 – Endla tn 52	21
6.1.1.	Meteoroloogilised tingimused	22
6.1.2.	Saastetasemed Endla tn 52	23
6.1.3.	Summaarsed saastevood mõõtepunktis	29
6.2.	Mõõtepunkt nr 2 – Paldiski mnt 80	33
6.2.1.	Meteoroloogilised tingimused	34
6.2.2.	Saastetasemed Paldiski mnt 80	35
6.2.3.	Summaarsed saastevood mõõtepunktis	43
6.3.	Mõõtepunkt nr 3 - Priimula tee 39	48
6.3.1.	Meteoroloogilised tingimused	49
6.3.2.	Saastetasemed Priimula tn 39	50
6.3.3.	Summaarsed saastevood mõõtepunktis	58
6.4.	Mõõtepunkt nr 4 - Endla tn 52	62
6.4.1.	Meteoroloogilised tingimused	63
6.4.2.	Saastetasemed Endla tn 52	64
6.4.3.	Summaarsed saastevood mõõtepunktis	73
6.5.	Mõõtepunkt nr 5 – Liiva tn 37	76
6.5.1.	Meteoroloogilised tingimused	77
6.5.2.	Saastetasemed Liiva tn 37	79
6.5.3.	Summaarsed saastevood mõõtepunktis	89
7.	TULEMUSTE ANALÜÜS	94
8.	KOKKUVÕTE	99
9.	KASUTATUD KIRJANDUS	101

Tabelid

Tabel 1	Välisõhu saastetaseme piirväärtused ja sihtväärtused.....	13
Tabel 2	Liikuvas õhulaboris kasutatavad mõõteseadmed.....	14
Tabel 3	Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil.....	22
Tabel 4	Tuulte esinemissagedus, %	22
Tabel 5	Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil.....	34
Tabel 6	Tuulte esinemissagedus, %	34
Tabel 7	Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m ³	41
Tabel 8	Ioonide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m ³	42
Tabel 9	Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil.....	49
Tabel 10	Tuulte esinemissagedus, %	49
Tabel 11	Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil PM10 fraktsioonis, ng/m ³	57
Tabel 12	Ioonide sisaldus mõõteperioodil PM10 fraktsioonis, ng/m ³	57
Tabel 13	Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil.....	63
Tabel 14	Tuulte esinemissagedus, %	64
Tabel 15	Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m ³	69
Tabel 16	Katioonide ja anioonide sisaldus mõõteperioodil.....	70
Tabel 17	Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil PM10 fraktsioonis, ng/m ³	72
Tabel 18	Katioonide ja anioonide sisaldus mõõteperioodil.....	73
Tabel 19	Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil.....	77
Tabel 20	Tuulte esinemissagedus, %	78
Tabel 21	Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil PM ₁₀ fraktsioonis, ng/m ³	85
Tabel 22	Katioonide ja anioonide sisaldus mõõteperioodil.....	87
Tabel 23	Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m ³	88
Tabel 24	Katioonide ja anioonide sisaldus mõõteperioodil.....	89

Joonised

Joonis 1	Mõõtepunktide asukohad	20
Joonis 2	Mõõtepunkti asukoht	21
Joonis 3	Tuulteroos, Endla tn 52	23
Joonis 4	H ₂ S 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	24
Joonis 5	SO ₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	25
Joonis 6	NO ₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	26
Joonis 7	NMHC 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	26
Joonis 8	PM ₁₀ 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	27
Joonis 9	PM _{2,5} ja PM ₁ 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	28
Joonis 10	TSP 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	28
Joonis 11	H ₂ S summaarne saastevoog, Endla tn 52	29
Joonis 12	SO ₂ summaarne saastevoog, Endla tn 52	30
Joonis 13	NO ₂ summaarne saastevoog, Endla tn 52	30
Joonis 14	PM ₁₀ summaarne saastevoog, Endla tn 52	31
Joonis 15	PM _{2,5} summaarne saastevoog, Endla tn 52	31
Joonis 16	PM ₁ summaarne saastevoog, Endla tn 52	32
Joonis 17	PM ₁₀ päritolu tõenäosus riiklike seirejaamade põhjal	32
Joonis 18	Mõõtepunkti asukoht	33
Joonis 19	Tuulteroos, Paldiski mnt 80	35
Joonis 20	H ₂ S 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80	36
Joonis 21	NO ₂ 1h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80	37
Joonis 22	SO ₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80	38
Joonis 23	NMHC 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80	38
Joonis 24	PM ₁₀ 24h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80	39
Joonis 25	PM _{2,5} ja PM ₁ 24h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80	39
Joonis 26	TSP 24h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80	40
Joonis 27	Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m ³	42
Joonis 28	PAH ja BaP sisaldus, ng/m ³	42
Joonis 29	TOC sisaldus TSP fraktsioonis	43
Joonis 30	H ₂ S summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80	44
Joonis 31	NO ₂ summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80	44
Joonis 32	SO ₂ summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80	45
Joonis 33	PM ₁₀ summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80	45
Joonis 34	PM _{2,5} summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80	46
Joonis 35	PM ₁ summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80	46
Joonis 36	PM ₁₀ päritolu tõenäosus riiklike seirejaamade põhjal	47
Joonis 37	Mõõtepunkti asukoht	48
Joonis 38	Tuulteroos, Priimula tee 39	50
Joonis 39	H ₂ S 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39	51
Joonis 40	SO ₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39	51
Joonis 41	NO ₂ 1h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39	52
Joonis 42	NMHC 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39	53
Joonis 43	PM ₁₀ 24h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39	54
Joonis 44	PM _{2,5} ja PM ₁ 24h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39	54
Joonis 45	PM ₁₀ 24h keskmised kontsentratsioonid	55
Joonis 46	TOC sisaldus PM ₁₀ fraktsioonis	56
Joonis 47	Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil PM ₁₀ fraktsioonis, ng/m ³	57

Joonis 48	PAH ja BaP sisaldus, ng/m ³	58
Joonis 49	H ₂ S summaarne saastevoog, Priimula tee 39	59
Joonis 50	SO ₂ summaarne saastevoog, Priimula tee 39	59
Joonis 51	NO ₂ summaarne saastevoog, Priimula tee 39	60
Joonis 52	PM ₁₀ summaarne saastevoog, Priimula tee 39	60
Joonis 53	PM _{2,5} summaarne saastevoog, Priimula tee 39	61
Joonis 54	PM ₁ summaarne saastevoog, Priimula tee 39	61
Joonis 55	PM ₁₀ päritolu tõenäosus riiklike seirejaamade põhjal	62
Joonis 56	Mõõtepunkti asukoht	63
Joonis 57	Tuulteroos, Endla tn 52	64
Joonis 58	NO ₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	65
Joonis 59	SO ₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	66
Joonis 60	NMHC 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	66
Joonis 61	PM ₁₀ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	67
Joonis 62	TSP 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	69
Joonis 63	Raskmetallide sisaldus TSP fraktsioonis, ng/m ³	70
Joonis 64	TOC sisaldus TSP fraktsioonis	71
Joonis 65	PM ₁₀ 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52	71
Joonis 66	Raskmetallide sisaldus PM ₁₀ fraktsioonis, ng/m ³	72
Joonis 67	PAH ja BaP kontsentratsioon, ng/m ³	73
Joonis 68	SO ₂ summaarne saastevoog, Endla tn 52	74
Joonis 69	NO ₂ summaarne saastevoog, Endla tn 52	74
Joonis 70	NMHC summaarne saastevoog, Endla tn 52	75
Joonis 71	PM ₁₀ summaarne saastevoog, Endla tn 52	75
Joonis 72	PM ₁₀ päritolu tõenäosus riiklike seirejaamade põhjal	76
Joonis 73	Mõõtepunkti asukoht	77
Joonis 74	Tuulteroos, Liiva tn 37	78
Joonis 75	NO ₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37	79
Joonis 76	SO ₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37	80
Joonis 77	NMHC 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37	81
Joonis 78	O ₃ 8h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37	82
Joonis 79	CO 8h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37	82
Joonis 80	PM ₁₀ 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37	83
Joonis 81	PM _{2,5} ja PM ₁ 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37	83
Joonis 82	PM ₁₀ 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37	84
Joonis 83	Raskmetallide sisaldus PM ₁₀ fraktsioonis, Liiva tn 37	86
Joonis 84	TOC sisaldus PM ₁₀ fraktsioonis	86
Joonis 85	TSP 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37	87
Joonis 86	Raskmetallide sisaldus TSP fraktsioonis, Liiva tn 37	88
Joonis 87	PAH ja BaP kontsentratsioon, ng/m ³	89
Joonis 88	NO ₂ summaarne saastevoog, Liiva tn 37	90
Joonis 89	SO ₂ summaarne saastevoog, Liiva tn 37	90
Joonis 90	NMHC summaarne saastevoog, Liiva tn 37	91
Joonis 91	PM ₁₀ summaarne saastevoog, Liiva tn 37	91
Joonis 92	PM _{2,5} summaarne saastevoog, Liiva tn 37	92
Joonis 93	PM ₁ summaarne saastevoog, Liiva tn 37	92
Joonis 94	PM ₁₀ päritolu tõenäosus riiklike seirejaamade põhjal	93
Joonis 95	NO ₂ keskmised kontsentratsioonid mõõtepunktides	95
Joonis 96	SO ₂ keskmised kontsentratsioonid mõõtepunktides	95
Joonis 97	H ₂ S keskmised kontsentratsioonid mõõtepunktides	96

Joonis 98	PM _{2,5} keskmised kontsentratsioonid mõõtepunktides	97
Joonis 99	PM ₁₀ keskmised kontsentratsioonid mõõtepunktides	97

1. SISSEJUHATUS

Tallinna linna, mida esindab Tallinna Keskkonnaamet ja Eesti Keskkonnauuringute Keskuse vahel sõlmitud lepingus tulenevatele kohustustele, teostati Eesti Keskkonnauuringute Keskuse poolt ajavahemikus 17.06.2009-11.05.2010 välisõhu saastetaseme mõõtmisi Tallinnas viies valitud mõõtepunktis. Mõõtettsükli pikkus oli olenevalt mõõtepunktist keskmiselt 3 kuni 6 nädalat. Töö eesmärgiks oli hinnata Tallinnas leviva osakesesaaste keemilist koostist, suurusjaotust, võimalikku päritolu ja saasteallikate osakaalu, kuna viimastel aastatel on Tallinnas olnud probleemiks peente osakeste piirväärtuse ületamised linnõhu seirejaamades. Vastavalt direktiivile 2008/50/EC tuleb Euroopa Komisjoni teavitada piirväärtuse ületamistest, nende põhjustest, piirväärtuse tagamiseks rakendada asjakohaseid meetmeid ja koostada tegevuskavad õhukvaliteedi parandamiseks. Asjakohaste meetmete ja tegevuskavade koostamiseks on vajalik teada osakeste päritolu ja erinevate saasteallikate osakaalu tolmuosaaste põhjustajana. Tõenäolised osakeste saasteallikad võivad olla transport, olmekütmine, tänavate libedustõrje, ehitustegevusest tulenev tolmuosaaste, looduslikest protsessidest pärinevad osakesed.

Uuringu teostamiseks ja mõõtmiste läbiviimiseks kasutati liikuvat õhulaborit, mis on varustatud täisautomaatsete õhuanalüsaatoritega ning millega määrati välisõhu koostises olevaid saastekomponentide nagu osakeste fraktsioonid (PM_{10} , $PM_{2,5}$, PM_1), vääveldioksiid (SO_2), lämmastikdioksiid (NO_2), alifaatsed süsivesinikud (NMHC) sisaldust ning meteoroloogilisi parameetreid (välisõhu temperatuur, õhuniiskus, tuule kiirus, tuule suund). Lisaks automaatanalüsaatoritele määrati olenevalt mõõtepunktist osakeste (TSP) ja peente osakeste (PM_{10}) sisaldust gravimeetriliselt, kogudes tolmu spetsiaalsetele filtritele, milledeelt määrati hiljem laboris raskmetallide (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, V), polütsükliiliste aroaatsete süsivesinike (PAH), benzo(a)püreeni (BaP), üldsüsiniku (TOC), levoglukosaani ning Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} ja Mg^{2+} ionide sisaldus. Kõik käesolevas töös kirjeldatud mõõtmised ja analüüsid on teostatud Eesti Keskkonnauuringute Keskuse poolt.

Kontrollimaks ja optimeerimaks välisõhu saastatust, kehtivad Eesti Vabariigis saasteainete sisaldustele piir- ja sihtväärtused. Mõõtmistulemuste analüüsimisel

lähtutakse keskkonnaministri 7. septembri 2004. aasta määrusest nr 115 “*Välisõhu saastatuse taseme piir-, sihtväärtused ja saastetaluvuse piirmäärad, saasteainete sisalduse häiretasemed ja kaugemad eesmärgid ning saasteainete sisaldusest teavitamise tase*”, kus saasteainete sisaldusele kehtivad piirväärtused on aluseks välisõhu kvaliteedile hinnangu andmisel.

Aruande eesmärk on anda ülevaade Tallinna õhu saastatusest eelnevalt toodud saasteainetega, võrrelda saastetasemeid keskkonnaministri määrusega kehtestatud piirväärtustega, samuti hinnata välisõhus leviva osakesesaaste võimalikku päritolu, keemilist koostist ning fraktsioonilist jaotust ning hinnata võimalike saasteallikate osakaalu. Käesolev töö täiendab Tallinna välisõhus leviva tolmuasaaste vähendamise tegevuskava.

2. MÕISTED JA LÜHENDID

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.

Saastetase saasteaine kogus välisõhu ruumalaühikus 293 Kelvini juures või sadestis maapinna ühele ruutmeetrile kindla ajavahemiku jooksul.

SPV saasteaine lubatav kogus välisõhu ruumalaühikus.

SPV₂₄ saastetaseme ööpäevakeskmise piirväärtus.

SPV₁ saastetaseme tunnikeskmine piirväärtus.

SPV₈ saastetaseme kaheksa tunni libisev keskmine piirväärtus.

SPV_a saastetaseme aastakeskmise piirväärtus.

Sihtväärtus saasteaine kogus välisõhu ruumalaühikus, milleni tuleb jõuda kas kindlaksmääratud aja jooksul või võimalikult kiiresti ja mille eesmärk on parendada välisõhu kvaliteeti ja vältida kahjulikku mõju inimese tervisele.

Lämmastikoksiididest (NO_x) on olulisemad lämmastikoksiid ja lämmastikdioksiid. Lämmastikoksiidid tekivad lämmastiku ja õhuhapniku reageerimisel kõrgel temperatuuril. Peamised inimtekkelised allikad on energiatootmine ja liiklus.

Vääveldioksiid (SO₂) on terava lõhnaga värvitu gaas, mis tekib väävlit sisaldavate kütuste põlemisel. Peamisteks SO₂ allikateks linnades on tahkekütusel töötavad küttekolded ja katlamajad, samuti laevaliiklus.

Osoon (O₃) on keemiliselt aktiivne gaas, mis tekib troposfääris fotokeemilistel reaktsioonidel nõ sekundaarse saasteainena. Eeldusaineteks osooni tekkel on teiste hulgas lämmastikoksiidid ja süsivesinikud. Kuna linnaõhus esineb palju osooniga reageerivaid (lagundavaid) keemilisi ühendeid ja sadenemine tehispindadele on aktiivsem, siis on osooni kontsentratsioonid kõrgemad linna lähiümbruses ja taustaaladel võrreldes kesklinnaga.

Süsinikoksiid (CO) on värvitu, lõhnatu gaas, mis tekib süsinikühendite (kütuste) mittetäielikul põlemisel. Linnaõhu suurimaks CO allikaks on transport ja olmekütmine.

Alifaatsed süsivesinikud kuuluvad lenduvate orgaaniliste ühendite hulka (LOÜ). LOÜ inimtekkelised allikad on süsinikuühendite (sh kütuste) mittetäielik põlemine,

naftatöötlemine, kütusemahutite (ka sõidukite kütusepaakide) täitmine, värvide ja lakkide tootmine ja kasutamine, alkoholi tootmine, põllumajandus.

PAH ehk polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud on orgaanilised ühendid, mis sisaldavad üksteisega liitunud benseenituumasid. On looduslikult esinevad ained, mis tekivad süsinikku sisaldavate ühendite mittetäielikul põlemisel.

Benso(a)püreen (BaP) on tuntuim polütsükliliste aromaatsete süsivesinike (PAH) hulka kuuluv keemiline ühend. Atmosfääri emiteeritud PAH-ide üldkogusest moodustab benso(a)püreen ligikaudu 5%. Tugeva kantserogeense toimega.

Osakesed (PM – particulate matter) on õhus suspendeerunud aerosooli osakesed, mis on tekkinud keemilise reaktsiooni või füüsikalise protsessi käigus. Sõltuvalt tekkeprotsessist ja päritolust võivad osakesed sisaldada väga erinevaid keemilisi ühendeid. Seega on osakeste keemilise koostise põhjal võimalik hinnata nende päritolu. Atmosfäärsed osakesed jagunevad primaarseteks osakesteks ja sekundaarseteks osakesteks. Primaarsed osakesed pärinevad otseselt tekkeprotsessist, näiteks teekatte kulumine, diiselmootorite tahmaosakesed jne. Sekundaarsed osakesed tekivad atmosfääris mitmesuguste keemiliste ja füüsikaliste protsesside tulemusena. Aerosooliosakesed võivad olla nii tahked, vedelad kui ka nende segud ning nende suurus varieerub nanomeetritest kuni kümnete mikromeetriteni. Sõltuvalt osakeste aerodünaamilisest diameetrist jaotatakse neid peenteks osakesteks (alla 10 µm) ja eriti peenteks osakesteks (alla 2,5 µm) ning ultrapeenteks osakesteks (alla 0,1 µm).

Peened osakesed (PM₁₀) on osakesed, mis läbivad 10 µm aerodünaamilise diameetriga mõõduselektiivse ava 50 protsendil juhtudest (peened osakesed läbimõõduga alla 10 µm). Sellesse fraktsiooni kuulub suurem osa antropogeensest osakestesaastest (nt põlemisprotsesside tagajärjel tekkiv lendtuhk, tahm, pinnase ja teekatte erosioonil tekkivad osakesed).

Eriti peened osakesed (PM_{2.5}) on 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 osakestesaastest (nt põlemisprotsesside tagajärjel tekkiv lendtuhk, tahm, atmosfääris fotokeemiliste reaktsioonide tulemusena gaasilistest eeldusainetest tekkivad sekundaarsed osakesed).

Osakesed (TSP - total suspended particulates või PM – particulate matter) - kõik gaasifaasis suspendeerunud aerosooliosakesed (lisaks PM₁₀ ja PM_{2.5} fraktsioonides toodud osakestele hõlmab PM fraktsioon ka suuremaid osakesi nagu pinnase

erosioonil tekkinud osakesi, bioaerosoole nagu õietolm, suuremaid tolmuosakesed jms).

Anioon – ühe või mitmeatomiline osake, millel on negatiivne laeng (Cl^- , SO_4^{2-}).

Katioon – ühe või mitmeatomiline osake, millel on positiivne laeng (Mg^{2+} , Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+).

Levoglukosaan – tselluloossete materjalide pürolüüsi käigus tekkiv monosahhariidne anhüdriid (vee eemaldamisel saadud ühend), mida sisaldub rohkesti koos lenduvate orgaaniliste ühenditega (LOÜ) puidu põlemisel tekkinud suitsu koostises. Määratakse osakestes kui puidu põletamise markerühendit.

3. PIIRVÄÄRTUSED

2008 aasta 11.juunil hakkas kehtima uus direktiiv välisõhu kvaliteedi ja Euroopa õhu puhtamaks muutmise kohta 2008/50/EÜ, milles olevad nõuded ja eesmärgid on 2005. aastast kehtima hakanud Euroopa Liidu õhukvaliteedi raamdirektiivi ja selle tütdirektiivide kaudu üle kantud ka Eesti seadusandlusesse. Vastavad saastetasemete piirväärtused on toodud keskkonnaministri 7. septembri 2004. aasta määruses nr 115 “Välisõhu saastatuse taseme piir-, sihtväärtused ja saastetaluvuse piirmäärad, saasteainete sisalduse häiretasemed ja kaugemad eesmärgid ning saasteainete sisaldusest teavitamise tase”. Kehtestatud normist suuremad saasteainete kontsentratsioonid mõjuvad ebasoodsalt inimese tervisele ja ökosüsteemidele.

Eestis kehtivad PM₁₀ ja PM_{2.5} sisaldusele välisõhus Euroopa Liidu ühtsed piirväärtused. TSP sisaldusele kehtivad siseriiklikud piirväärtused. 1999. aastal kehtestas Euroopa Parlament (EP) esimese tütdirektiiviga PM₁₀ piirväärtused, mis määrati algselt kaheastmelise süsteemina:

- aastani 2005: 24-h keskmisena 50 µg/m³ lubades 35 piiriületavat episoodi aastas ning aasta keskmiseks kontsentratsiooniks 40µg/m³
- aastani 2010: 24-h keskmisena 50 µg/m³ lubades 7 piiriületavat episoodi aastas ning aasta keskmiseks kontsentratsiooniks 20µg/m³.

Lisaks pandi paika ka nõuded TSP seirele piirkondades, kus on kõrge PM₁₀ tase. Hiljem kaheastmelise süsteemi teise astme nõudest loobuti, kuna liikmesriigid ei suutnud tagada ka esimest taset. Eestis seadusandlusesse võeti rangemad piirväärtused siiski üle ja alates 01.01.2010 kehtivad Eestis vastavalt keskkonnaministri määrusele nr 115 rangemad piirväärtused PM₁₀ sisaldusele välisõhus (**Tõrge! Ei leia viiteallikat.**). Õhukvaliteedi raamdirektiiv ja kolm esimest tütdirektiivi koondati 2007 a. lõpus üheks raamdirektiiviks 2008/50/EC. Uue Õhukvaliteedi raamdirektiiviga kehtestati allolevas tabelis toodud piirtasemed PM_{2.5} jaoks. Lisaks on tabelis toodud kehtivad piirväärtused PM₁₀ ja TSP jaoks.

Alljärgnevas tabelis on toodud käesoleva töö raames mõõdetud saastekomponentidele kehtestatud piir- ja sihtväärtused (Tabel 1).

Tabel 1

Välisõhu saastetaseme piirväärtused ja sihtväärtused

Saasteaine	Keskmistamisaeg	SPV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Lubatud ületamiste aastas	arv
NO₂	SPV ₁	200	18	
	SPV _a	40		
SO₂	SPV ₁	350	24	
	SPV ₂₄	125	3	
PM₁₀ Kuni 01.01.2010	SPV ₂₄	50	35	
	SPV _a	40		
PM₁₀ Alates 01.01.2010	SPV ₂₄	50	7	
	SPV _a	20		
PM_{2,5}	SPV ₁	25		
TSP	SPV ₁	500		
	SPV ₂₄	150		
O₃	SPV ₈	120	25	
CO	SPV ₈	10 mg/m ³		
NMHC	SPV ₁	5 mgC/m ³		
	SPV ₂₄	2 mgC/m ³	18	
As (PM ₁₀ fraktsioon)	SPV _a	6 ng/m ³		
Cd (PM ₁₀ fraktsioon)	SPV _a	5 ng/m ³		
Ni (PM ₁₀ fraktsioon)	SPV _a	20 ng/m ³		
Cr	SPV ₁	2		
	SPV ₂₄	1	18	
Cu	SPV ₁	20		
	SPV ₂₄	2	18	
Pb	SPV _a	0,5		
Zn	SPV ₁	200		
	SPV ₂₄	50	18	
V	SPV ₁	10		
	SPV ₂₄	2	18	
B(a)p	SPV _a	1 ng/m ³		

4. MÕÕTESEADMED JA METOODIKA

Saastetasemete määramiseks välisõhu koostises kasutati täisautomaatsete õhuanalüsaatoritega varustatud liikuvat õhulaborit MOBAIR. Analüsaatorid registreerivad saasteainete kontsentratsioone iga viie minuti järel, mõõtmistulemused salvestatakse seirejaama andmebaasi ½ tunni keskmistena ja edastatakse automaatselt Eesti Keskkonnauuringute Keskuse serverisse.

Tabel 2 Liikuvas õhulaboris kasutatavad mõõteseadmed

Mõõdetavad parameetrid	Sagedus	Kasutatav seade	Väljalaske aasta
Vääveldioksiid (SO ₂)	Pidev mõõtmine	HORIBA APSA – 360 UV-fluorestsents	2000
Lämmastikioksiidid (NO _x)	Pidev mõõtmine	HORIBA APNA – 360 kemoluminestsents	2000
Vesiniksulfiid (H ₂ S)	Pidev mõõtmine	ultraviolet-fluorestsents HORIBA APSA – 360 ACE	2005
Peentolm (PM ₁₀ , PM _{2,5})	Pidev mõõtmine	HFH 62-I-R β-kiirguse absorptsioon	2000
Süsinikmonooksiid (CO)	Pidev mõõtmine	HORIBA APMA – 360 Infrapunase kiirguse absorptsioon	2000
Osoon (O ₃)	Pidev mõõtmine	HORIBA APOA – 360 UV-fotomeetria	2000
Peentolm (PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₁)	Pidev mõõtmine	Grimm Dust Monitor Model 180	2005
Alifaatsed süsivesinikud	Pidev mõõtmine	HORIBA APHA – 360 leekionisatsioon	2000
Tuule suund ja kiirus, õhuniiskus, temperatuur	Pidev mõõtmine	Thies Clima meteoroloogiline mõõtejaam 10 m mastiga	2000

Paralleelselt beetakiirguse absorptsiooni meetodile mõõdeti tolmu fraktsioonilise koostise määramiseks (PM_1 , $PM_{2,5}$ ja PM_{10}) tolmu sisaldust ka lisaseadmega Grimm Dust Monitor Model 180, mille tehnoloogia põhineb laserkiirguse hajumisel.

Lisaks automaatanalüsaatoritele määrati tolmu sisaldust gravimeetriliselt, kogudes tolmuproovi spetsiaalsetele filtritele, millelt määrati tolmu sisaldus vastavalt standardile EVS-EN 12341:2001 *Air quality – determination of the PM_{10} fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods*. Peente osakeste (PM_{10}) ja osakeste (TSP) mõõtmine gravimeetrilisel meetodil põhineb tolmuosakeste kogumisel filtrile konstantse voolukiirusega täpselt mõõdetud õhuhulgast fikseeritud perioodi jooksul (tavaliselt 24 tundi). Filter kaalutakse enne ja peale proovivõttu standardsetel tingimustel. Kaalutiste vahe ja filtrit läbinud õhuhulga põhjal arvutatakse osakeste sisaldus kuupmeetris õhus.

Gaaskromatograaf mass-spektromeetriga määrati kogutud peente osakeste proovides summaarsete polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike (PAH) ja benzo(a)pireeni sisaldust vastavalt standardile ISO 12884 *ambient air – determination of total (gas and particle-phase) polycyclic aromatic hydrocarbons – Collection on sorbent-backed filters with gas chromatographic/mass spectrometric analyses*. Filtrid, kuhu on kogutud peente osakeste proov ekstraheeritakse tsükloheksaaniga. Ekstrakt aurutatakse kokku rotaatoraurutil ja puhastatakse silikageelikolonnis, kontsentreeritakse ja analüüsitakse gaaskromatograaf-massspektromeetriga. Saadud tulemuse ning filtrit läbinud õhuhulga põhjal arvutatakse summaarne PAH ja benzo(a)pireeni kontsentratsioon kuupmeetris õhus.

Raskmetallide sisaldust määrati AAS grafiitahju meetodil vastavalt standardile EVS-EN 14902:2005 *Ambient air quality – Standard method for measurement of Pb, Cd, As and Ni in the PM_{10} fraction of suspended particulate matter*. Filtrilt, kuhu on kogutud peente osakeste proov, võetakse konstantse suurusega tükk, mis mineraliseeritakse. Uuritavate metallide määramine proovist põhineb vabade aatomite võimele absorbeerida kiirgust, mille võrdlemisel tuntud kalibreerimislahuse neeldumisvõimega saadakse kätte erinevate raskmetallide sisaldus proovis. Saadud

tulemuse ning filtrit läbinud õhuhulga põhjal arvutatakse raskmetallide kontsentratsioon kuupmeetris õhus.

Anioonide (kloriid ja sulfaat) ja katioonide (Mg, Na, Ca, K, NH_4) sisaldust tolmuproovides analüüsi vastavalt standardtööjuhendile. Ioonid leostati destilleeritud veega ning nende sisaldus määrati kasutades ioonvahetus – vedelikkromatograafiat.

Levoglukosaani sisaldust tolmuproovidest määrati vastavalt standardtööjuhendile STJ Õ124. Ühendi määramine põhineb selle ekstraheerimisel õhufiltritelt metanooliga. Saadud ekstrakt kontsentreeritakse rotatsioonaurutis, seejärel puhastatakse ja derivatiseeritakse N-metüül-N-trimetüülsilüültrifluorootsetamiidiga. Silüeeritud derivaat analüüsitakse gaaskromatograafiliselt kasutades massdetektorit.

Üldsüsiniku sisaldust tolmuproovides määrati SunLabs OC/EC termo-optilise analüsaatoriga.

5. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Osakesed on termin, millega tähistatakse kõiki õhus suspendeerunud osakesi (mõiste hõlmab kõiki osakeste fraktsioone), mida iseloomustatakse üldjuhul massikontsentratsiooni kaudu mikrogrammide või milligrammides kuupmeetri õhu kohta. Välisõhus aerosoolidena esinevate osakeste suurus varieerub nanomeetritest kuni kümnete mikromeetriteni. Osakesed võivad olla tahked, vedelad või nende segud. Sõltuvalt tekkeprotsessist ja päritolust võivad osakesed sisaldada väga erinevaid keemilisi ühendeid. Seega on osakeste keemilise koostise põhjal võimalik hinnata nende võimalikku päritolu. Atmosfäärsed osakesed jagunevad primaarseteks osakesteks ja sekundaarseteks osakesteks. Primaarsed osakesed pärinevad otseselt tekkeprotsessist, näiteks teekatte kulumine, diiselmootorite tahmaosakesed jne. Sekundaarsed osakesed tekivad atmosfääris mitmesuguste keemiliste ja füüsikaliste protsesside tulemusena erinevatest gaasilistest lähteainetest.

Sõltuvalt osakeste aerodünaamilisest diameetrist jaotatakse osakesed peenteks osakesteks ehk PM_{10} (aerodünaamiline diameeter alla 10 μm) ja eriti peenteks osakesteks ehk $PM_{2.5}$ (aerodünaamiline diameeter alla 2,5 μm). Lisaks loetakse ülipeenteks osakesteks osakesi aerodünaamilise diameetriga alla 1 μm ja ultrapeenteks osakesteks osakesi aerodünaamilise diameetriga alla 0,1 μm . Vastavat klassifikatsiooni ei ole küll üheselt kehtestatud, kuid antud töö kontekstis kasutatakse eelpoolnimetatud jaotust.

Norman jt täheldasid Stockholmi kesklinnas naastrehvide kasutamise ja kõrgeenenud PM_{10} tasemete vahel tugevat korrelatsiooni. Selline korrelatsioon esines vaid kuiva tänavakatte korral. Samas uuringus hinnati erinevate meetmete mõju naastrehvidest tingitud osakeste episoodide leevendamiseks ja leiti, et tänavate intensiivne kõrgsurvepesu vähendas PM_{10} tasemeid vaid kuni 6% ja tänavate pühkimise mõju oli marginaalne. Samal ajal vähendas tänavate kastmine CMA (kaltsium-magneesiumatsetaadi 25% vesilahus) lahusega ööpäevakeskmiseid PM_{10} tasemeid kuni 35% (Norman 2006). Hosiokangas jt leidsid, et tänavatel pärinevad osakesed moodustavad PM_{10} kontsentratsioonist ligikaudu 46% (Hosiokangas 1999). Hussein jt mõõtsid osakeste tasemeid eri tüüpi rehvidega sõitvate autode järel ning leiti, et

võrreldes lamellidega on naastrehvidega sõitva auto järel osakeste massikontsentratsioon 2,0-6,4 korda kõrgem. Võrreldes suverehvidega on tasemed koguni 4,4-17,3 korda kõrgemad. Samuti leiti uuringus, et naastrehvide tekitatud osakeste emissioonide sõltuvus kiirusest oli oluliselt suurem kui lamellrehvide või suverehvide korral. Lisaks täheldati selget seost naastrehvide põhjustatud osakeste emissiooni ja teekatte kõvaduse vahel, mida pehmem oli teekattes kasutatud kivimaterjal, seda suuremad oli emissioonid. Teekatte kulumisest tekkivad osakesed olid suurusvahemikus 3-5 μm (Hussein 2008). Jaapanis keelustati alates 1997 aastast täielikult naastrehvide kasutamine just õhusaaste probleemidest tingituna. Siiski on nüüdseks leitud, et kokkuvõttes on see keeld läinud ühiskonnale rohkem maksma kui sellest saadav kasu (Asano 2002). Naastrehvidest loobumine tingib suurema kulu teehooldusele ja jäätõrjele. Jäätõrjeks kasutatav soolalahus võib mõjuda omakorda negatiivselt keskkonnale (Hääl 2008).

Karppinen jt leidsid, et Helsingis on ligikaudu 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{PM}_{2.5}$ fraktsioonist piirkondlik taustakontsentratsioon. Kohalike saasteallikate osa piirkondlikus taustajaamas oli alla 10% (Karppinen 2004). Aarnio jt uuringus leiti, et 2002 a. Helsingis esinenud üheksast PM_{10} episoodist (kõikides seirejaamades kõrgenenud PM_{10} tasemed) olid vaid kolm puhtalt kohaliku päritoluga (Aarnio 2008). Ka Rootsis on piirkondlikud taustakontsentratsioonid Forsbergi jt hinnangul tingitud peamiselt kaugkandest (Forsberg 2005).

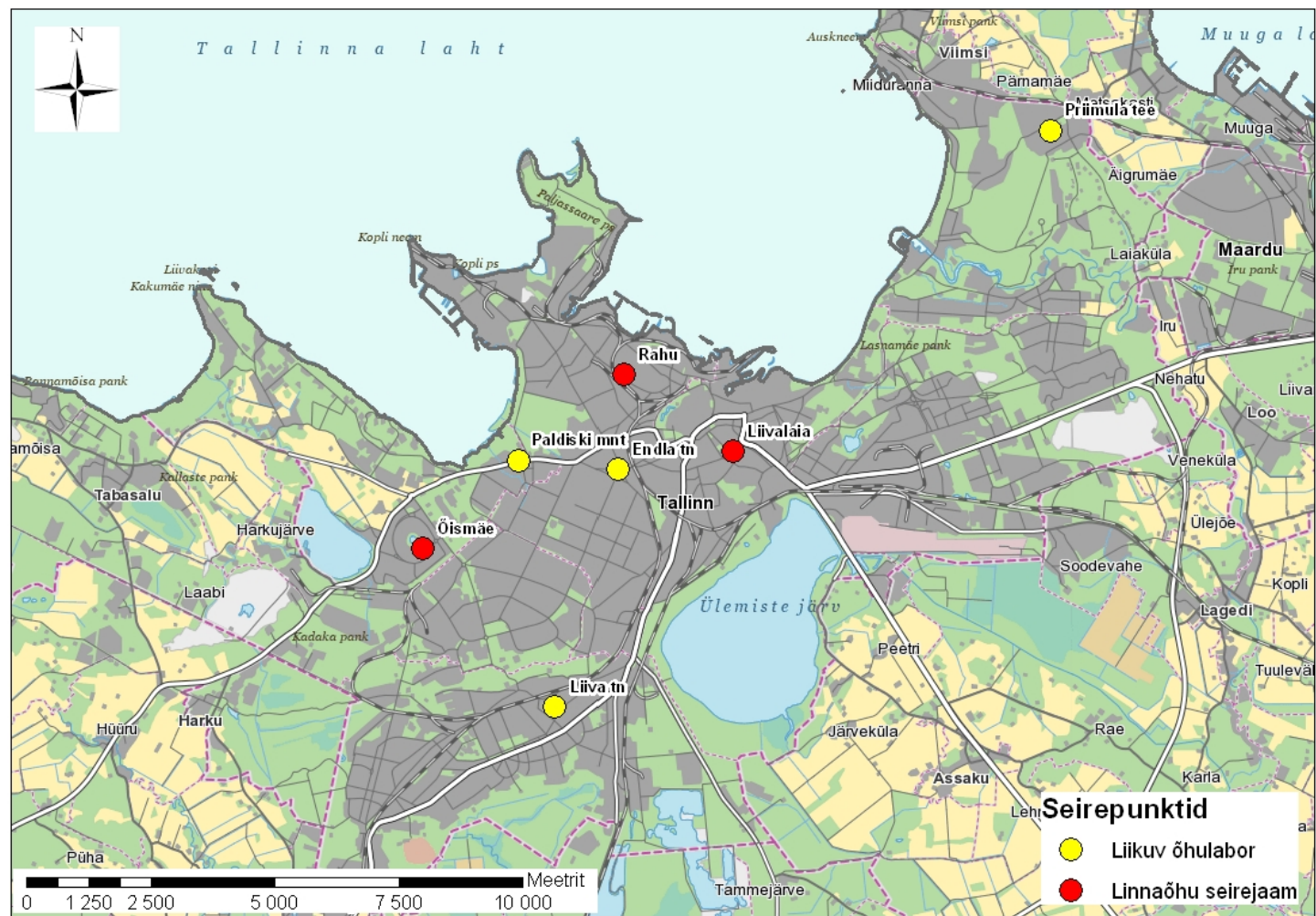
6. MÕÕTMISTULEMUSED

Käesoleva töö raames teostati ajavahemikus 17.06.2009 – 10.05.2010 Tallinnas viies erinevas mõõtepunktis mõõtebussiga MOB AIR välisõhu kvaliteedi mõõtmisi. Õhu koostises määrati SO₂, NO₂, alifaatsete süsivesinike, tolmu erinevate fraktsioonide (PM₁, PM_{2,5}; PM₁₀), CO ja O₃ sisaldust ning kliimaatiliste tingimuste iseloomustamiseks meteoroloogilisi parameetreid.

Lisaks automaatanalüsaatoritele määrati mõõtepunktidest vastavalt lepingule kas osakeste või peente osakeste sisaldust gravimeetriliselt, kogudes tolmu spetsiaalsetele filtritele, millelt määrati hiljem laboris raskmetallide (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, V), polütsükliiliste aromaatssete süsivesinike (PAH), benso(a)püreeni (BaP), üldsüsiniku, levoglukosaani ning anioonide (kloriid ja sulfaat) ja katioonide (Mg, Na, Ca,) sisaldus.

Ajavahemikus 17.06.2009 – 16.07.2009 paiknes mõõtelabor aadressil Endla tn 52, 16.07.2009 – 14.08.2009 Paldiski mnt. 80, ajavahemikus 10.11.2009 – 04.12.2009 Priimula tee 39, 09.04.2010 – 10.05.2010 aadressil Endla tn 52 ning 30.03 – 10.05.2010 Liiva tn 37. Mõõtepunktide asukohad on toodud alloleval joonisel 1.

Kuna esimene ja viimane mõõtepäev on õhulabori teisaldamisega seotud ajakaost tingituna poolikud, on mõõtmistulemuste ööpäevaste kontsentratsioonide arvutamisel kasutatud täispäevade andmeid. Alljärgnevalt leiavad kajastust mõõdetud saastetasemete tunnikeskmised ning ööpäevakeskmised kontsentratsioonid välisõhus.



Joonis 1 Mõõtepunktide asukohad

6.1. Mõõtepunkt nr 1 – Endla tn 52

Mõõtepunkt koordinaatidega X6588014 ja Y540837 asus ajavahemikus 17.06.2009 – 16.07.2009 Tallinnas Kristiine linnaosas Endla tn 52, Statoil OÜ territooriumil suure koormusega liiklussõlme läheduses (Joonis 2). Ööpäevaringselt mõõdeti automaatsete õhuanalüsaatoritega välisõhu koostises tolmu fraktsioonide PM_{10} , $PM_{2,5}$, PM_1 , vesiniksulfiidi, lämmastikdioksiidi, vääveldioksiidi ja alifaatsete süsivesinike sisaldust ning meteoroloogilisi parameetreid. Lisaks määrati osakeste sisaldust gravimeetriselt.



Joonis 2 Mõõtepunkti asukoht

6.1.1. Meteoroloogilised tingimused

Meteoroloogilised parameetrid nagu õhutemperatuur, tuule suund ja kiirus määravad ära saasteainete tekke ning püsimise ning levimise õhus. Tuulise ilmaga on saasteainete kontsentratsioonid reeglina madalamad, mis on tingitud parematest hajumistingimustest. Mida tugevam on tuul, seda rohkem on õhus turbulentseid keeriseid ning seda kiiremini hajub õhusaaste. Oluline saaste hajumist soodustav tegur on päikesekiirgus, mis tekitab maapinna soojendamise kaudu tõusvaid õhuvoole. Seega tekivad kohalikud õhusaaste probleemid peamiselt nõrga tuule korral ja tõusvate õhuvoolude puudumisel. Tuule kiirust alla 0,5 m/s loetakse tuulevaikuseks, mistõttu pole tuule suund määratav. Välisõhu kaitse seaduse tähenduses halvendavad sellised olud hajumistingimusi, soodustades saasteainete kogunemist õhku.

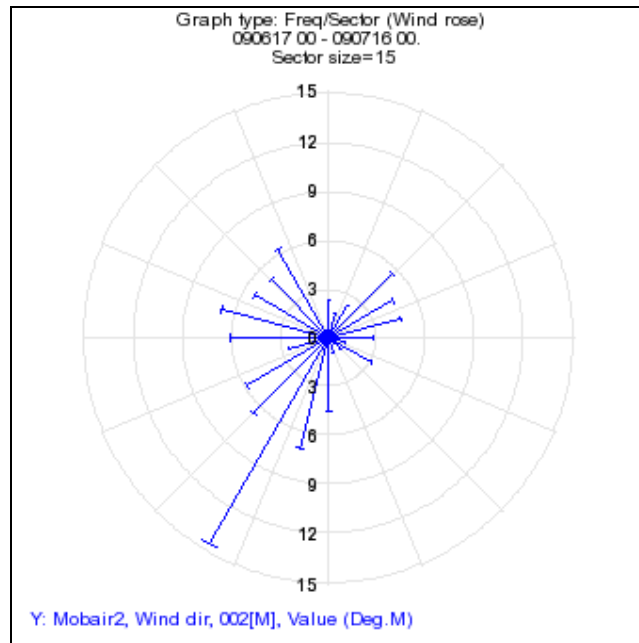
Mõõteperioodi keskmine välisõhu temperatuur oli 14,6°C, valdavalt puhusid edelakaarte tuuled keskmise kiirusega 1,6 m/s. Suhteline õhuniiskus mõõteperioodil oli 69,5 % (Tabel 3, Tabel 4, Joonis 3).

Tabel 3 Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil

Meteoroloogiline parameeter	Keskmine	Maksimum
Tuule kiirus, m/s	1,6	5,1
Välisõhu temperatuur, °C	14,6	22,6
Suhteline õhuniiskus, %	69,5	91,9

Tabel 4 Tuulte esinemissagedus, %

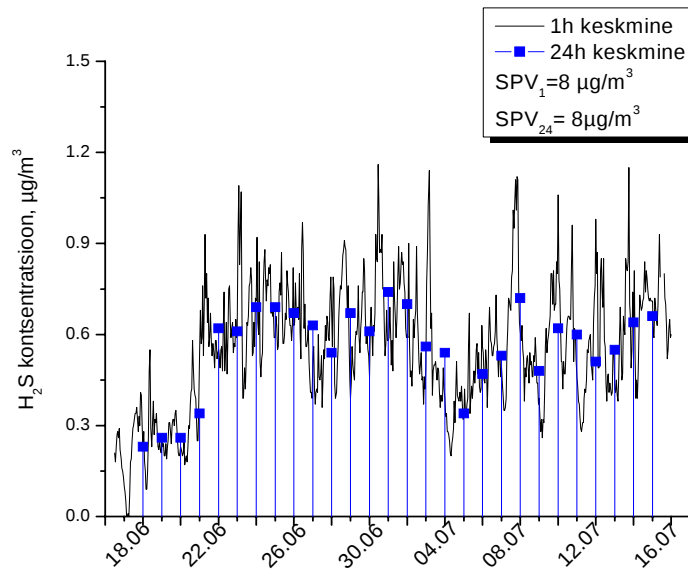
Tuule suund (kraadi)		Esinemissagedus %
Põhi (N)	337.5-22.5 °	4,2
Kirre (NE)	22.5-67.5 °	12,2
Ida (E)	67.5-112.5 °	8,2
Kagu (SE)	112.5-157.5 °	4,2
Lõuna (S)	157.5-202.5 °	12,5
Edel (SW)	202.5-247.5 °	26,8
Lääs (W)	247.5-292.5 °	15,2
Loe (NW)	292.5-337.5 °	16,5



Joonis 3 Tuulteroo, Endla tn 52

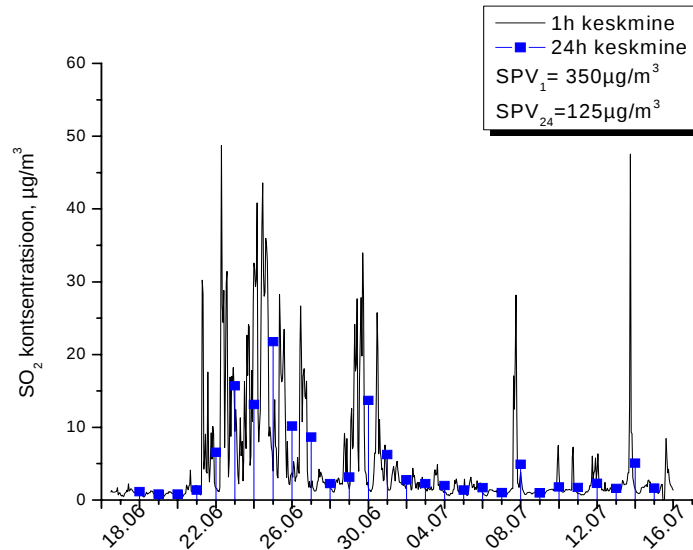
6.1.2. Saastetasemed Endla tn 52

Vesiniksulfiidile (H_2S) kehtib 1h ja 24h keskmine piirväärtus $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Saasteaine maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 01.07 hommikul kell 10:00 - $1,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, puhus idatuul kiirusega $1,3 \text{ m/s}$, keskmine välisõhu temperatuur oli 21°C . Maksimaalne ööpäevakeskmine H_2S kontsentratsioon mõõdeti samuti 01.07 – $0,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi keskmine väävelvesiniku sisaldus oli $0,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Saasteaine sisaldus välisõhu koostises jäi terve mõõteperioodi vältel kehtestatud tunnikeskmisest ja ööpäevakeskmisest piirväärtusest ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oluliselt madalamaks (Joonis 4) .



Joonis 4 H_2S 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52

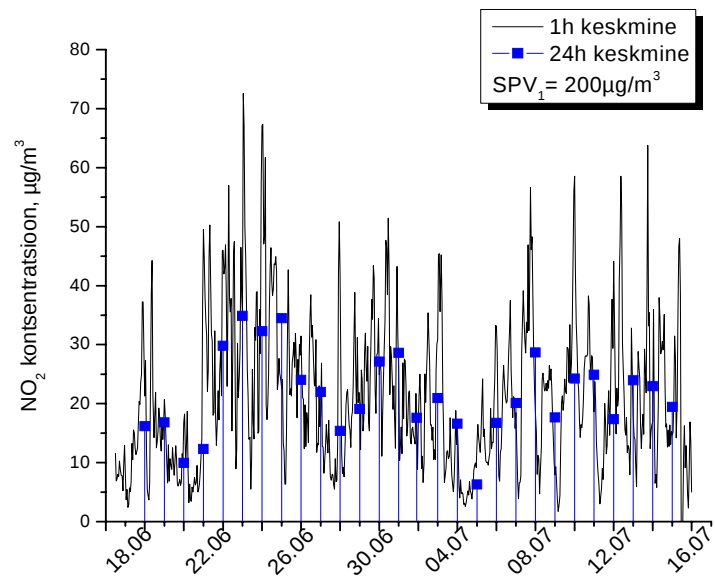
Väeveldioksiidile (SO_2) kehtib tunnikeskmine piirväärtus $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja ööpäevakeskmise piirväärtus $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mida kalendriaasta jooksul on lubatud ületada vastavalt 24 ja 3 korda. Saasteaine maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 23.06 varahommikul kell 06:00 – $48,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$, puhus idatuul kiirusega $1,1 \text{ m/s}$, keskmine välisõhu temperatuur oli $14,2^\circ\text{C}$. Maksimaalne ööpäevakeskmise SO_2 sisaldus mõõdeti mõned päevad hiljem, 25.06 – $21,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi keskmine väeveldioksiidi sisaldus oli $4,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ühtegi piirväärtust ületavat väeveldioksiidi sisaldust välisõhus mõõteperioodil ei registreeritud (Joonis 5).



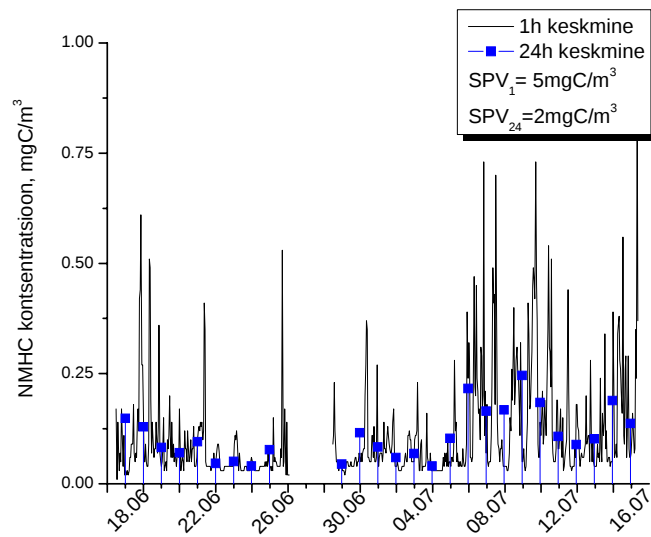
Joonis 5 SO₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52

Lämmastikdioksiidile (NO₂) kehtib tunnikeskmine piirväärtus 200 µg/m³, mida kalendriaasta jooksul on lubatud ületada 18. korral ning aastakeskmise piirväärtus 40 µg/m³. Saasteaine maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 24.juuni öösel - 72,59 µg/m³, kuna tuule kiirus jäi <0,5 m/s, ei ole tuule suund määratav, keskmine välisõhu temperatuur oli 11,4°C. Kõrgeim ööpäevakeskmise NO₂ sisaldus mõõdeti päev varem – 34,9 µg/m³. Mõõteperioodi keskmine lämmastikdioksiidi sisaldus oli 21,01 µg/m³. Ühtegi piirväärtust ületavat kontsentratsiooni mõõteperioodi jooksul ei registreeritud (Joonis 6).

Alifaatsetele süsivesinikele (NMHC) kehtib tunnikeskmine piirväärtus 5mgC/m³ ja ööpäeva keskmine piirväärtus 2 mgC/m³. Mõõteperioodi maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti viimase mõõtepäeva hommikul 16.07 – 0,91 mgC/m³, puhus lõuna tuul kiirusega 1,6 m/s, keskmine välisõhu temperatuur oli 19°C. Maksimaalne ööpäevakeskmise kontsentratsioon mõõdeti 10.07 – 0,25 mgC/m³. Mõõteperioodi keskmine alifaatsete süsivesinike sisaldus välisõhu koostises oli 0,11 mgC/m³ (Joonis 7).



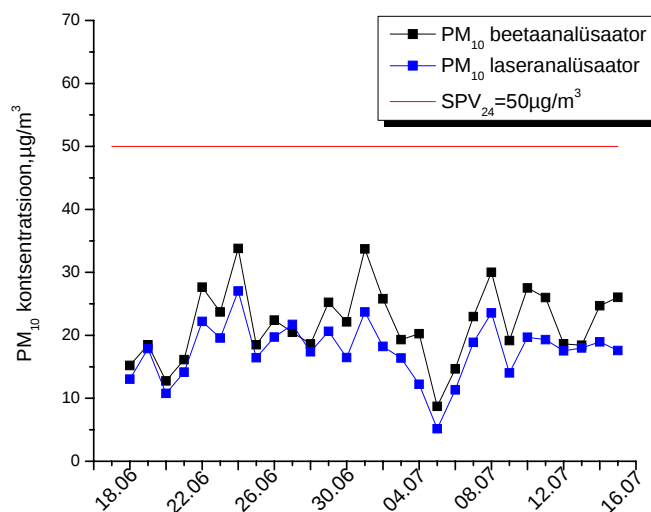
Joonis 6 NO₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52



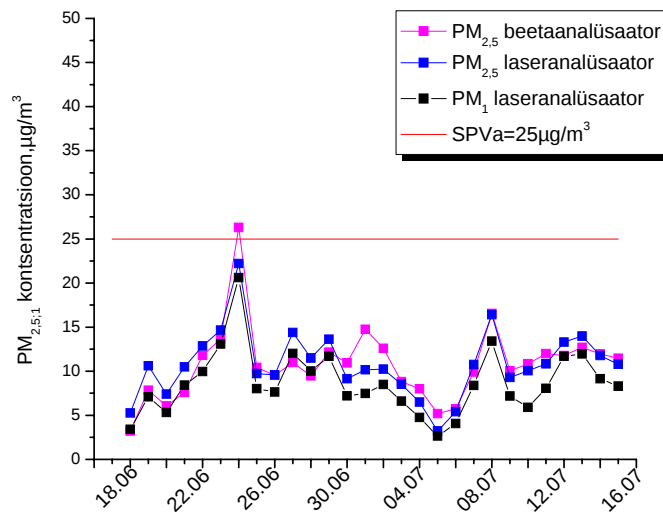
Joonis 7 NMHC 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52

Osakeste erinevate fraktsioonide mõõtmiseks kasutati lisaks analüsaatorile, mis põhineb beetakiirguse absorptsiooni meetodil, ka lisaseadet, mille tehnoloogia baseerub valguse vertikaalsel hajumisel pooljuhist laseri abil. Mõlema seadme poolt registreeritud PM_{10} ööpäevakeskmised kontsentratsioonid jäid mõõteperioodi vältel kehtivast piirväärtusest $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ madalamaks, vastavalt $33,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $21,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Perioodi keskmine peente osakeste sisaldus beetakiirguse absorptsioonil mõõdetuna oli $22,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ning valguse hajumise meetodi puhul $17,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 8).

Eriti peentele osakestele ($PM_{2,5}$) ametlikku piirväärtust ei ole kehtestatud, küll aga kehtib aastakeskmine sihtväärtus $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksimaalne ööpäevakeskmine kontsentratsioon registreeriti mõlema seadme puhul 24.06 vastavalt $26,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $22,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi keskmine $PM_{2,5}$ sisaldus oli vastavalt $10,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $10,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 9). Kõrgenenud tasemed just 24 juunil viitavad traditsiooniliste jaanilõkete mõjule kuna eriti peened osakesed pärinevad enamjaolt põlemisprotsessidest.

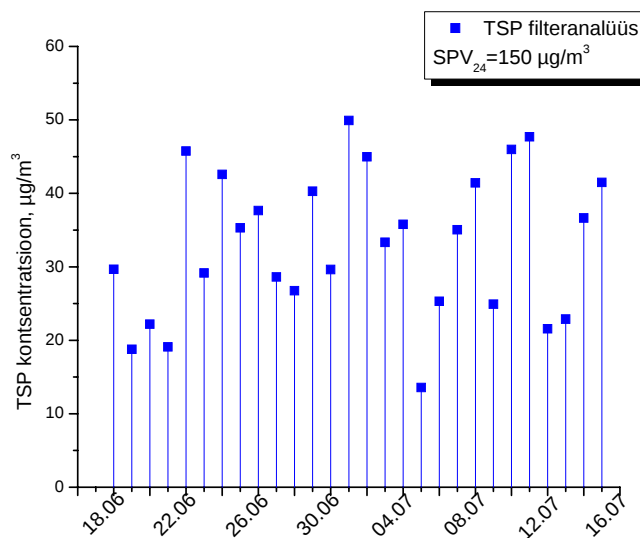


Joonis 8 PM_{10} 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52



Joonis 9 $PM_{2,5}$ ja PM_1 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52

Lisaks mõõdeti ööpäevakeskmist TSP sisaldust välisõhu koostises gravimeetriliselt, kogudes osakeseproove spetsiaalsetele filtritele. Osakestele kehtib nii tunnikeskmine piirväärtus $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja ööpäevakeskmise piirväärtus $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kuna üks filter oli kogujas 24h, lähtutakse ka mõõtmistulemuste kajastamisel ööpäevasest piirväärtusest. Maksimaalne ööpäevakeskmise osakeste sisaldus gravimeetrilisel meetodil mõõdeti 01.07 – $49,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mis jäi kehtivast piirväärtusest ligi kolm korda madalamaks.

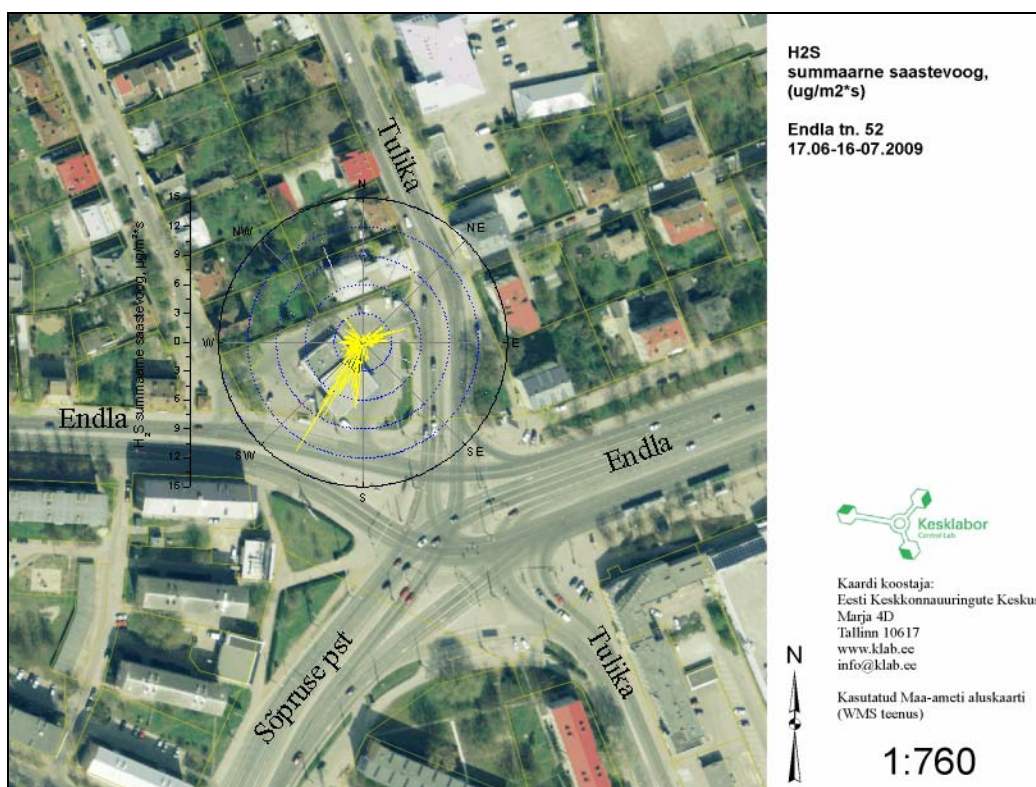


Joonis 10 TSP 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52

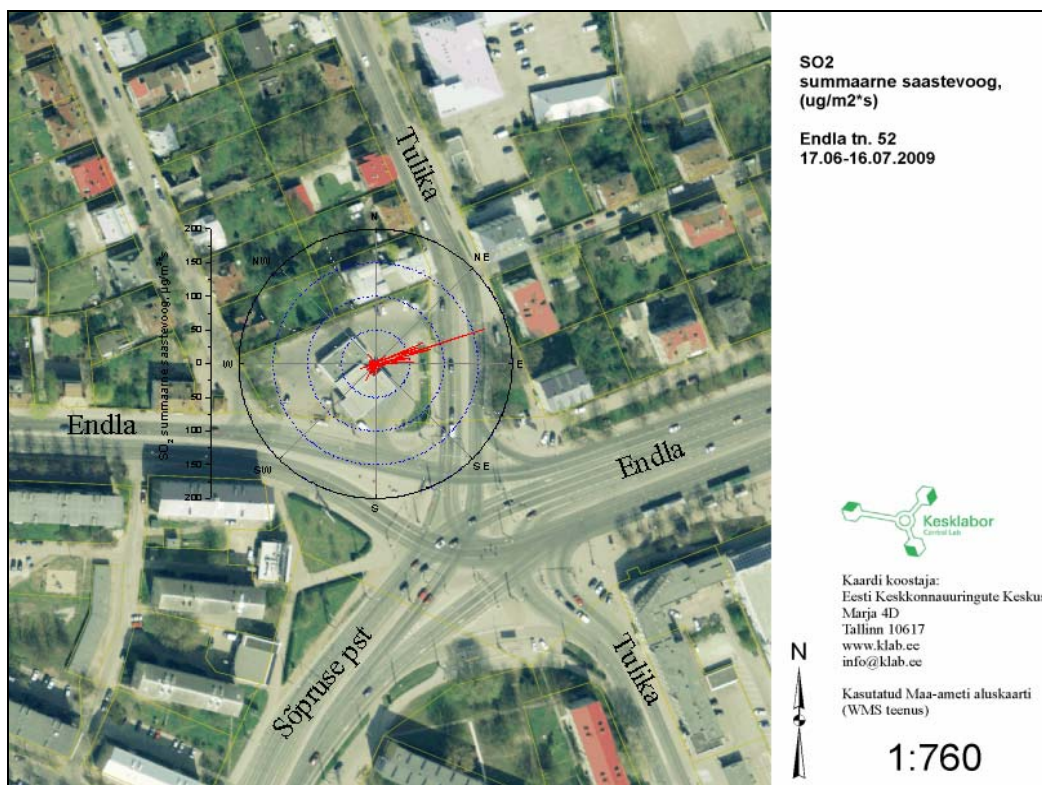
6.1.3. Summaarsed saastevood mõõtepunktis

Summaarse saastevoo pärinemiseks ning võimalike saasteallikate tuvastamiseks on kasutatud summeeritud saastevoogu, mis annab infot, kust pärineb koguseliselt suurem osa õhulaboris mõõdetud saastest. Summeeritud saastevoo arvutamise aluseks on tuule kiiruse ja tunnikeskiste kontsentratsioonide korrutis (saastevoog), mis on summeeritud tuule suundade järgi.

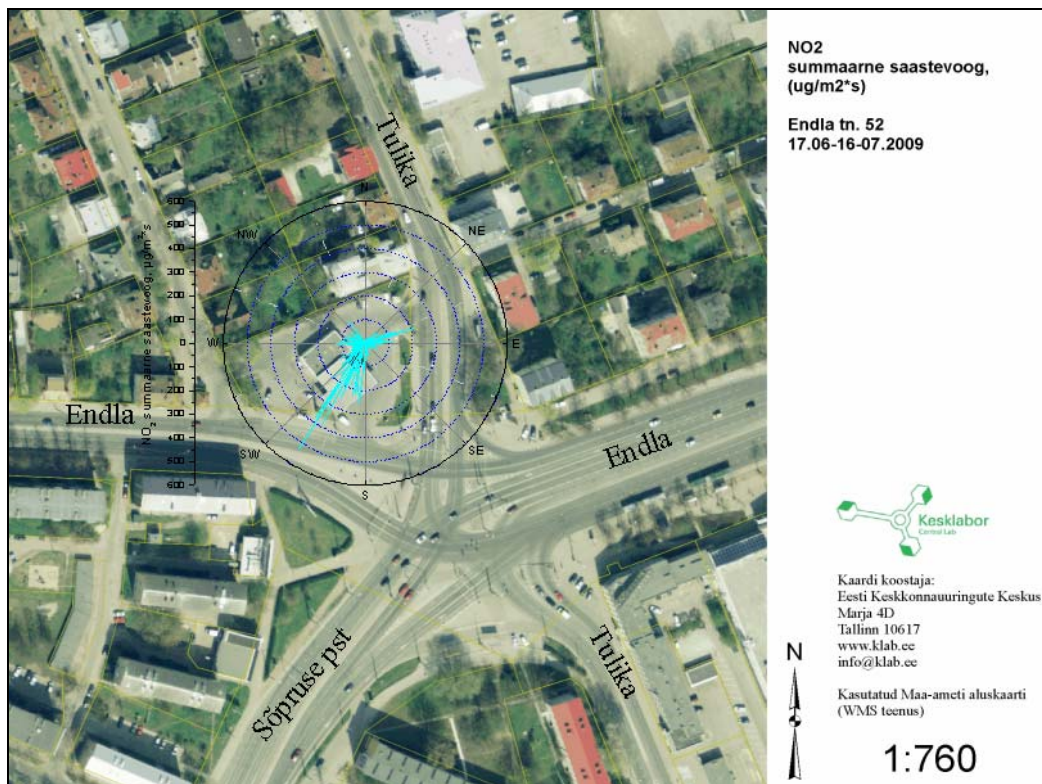
Nagu alljärgnevatelt saastevoo joonistelt selgub, pärineb mõõtepunktini kandunud saaste otseselt liiklustegevusest, enamik saasteainete puhul on valdav saaste pärinemise suund, milleks on enamasti edel, vaid SO₂ puhul on summaarselt enim saastet mõõtebussini kandunud idakaarest. Kuna mõõtepunkti läheduses asuv liiklussõlm on tiheda liiklusintensiivsusega teede ristumispaik, esineb seal nii hommikustel kui ka õhtustel tipptundidel liiklusseisakuid, mis otseselt välisõhu kvaliteedile mõju avaldavad.



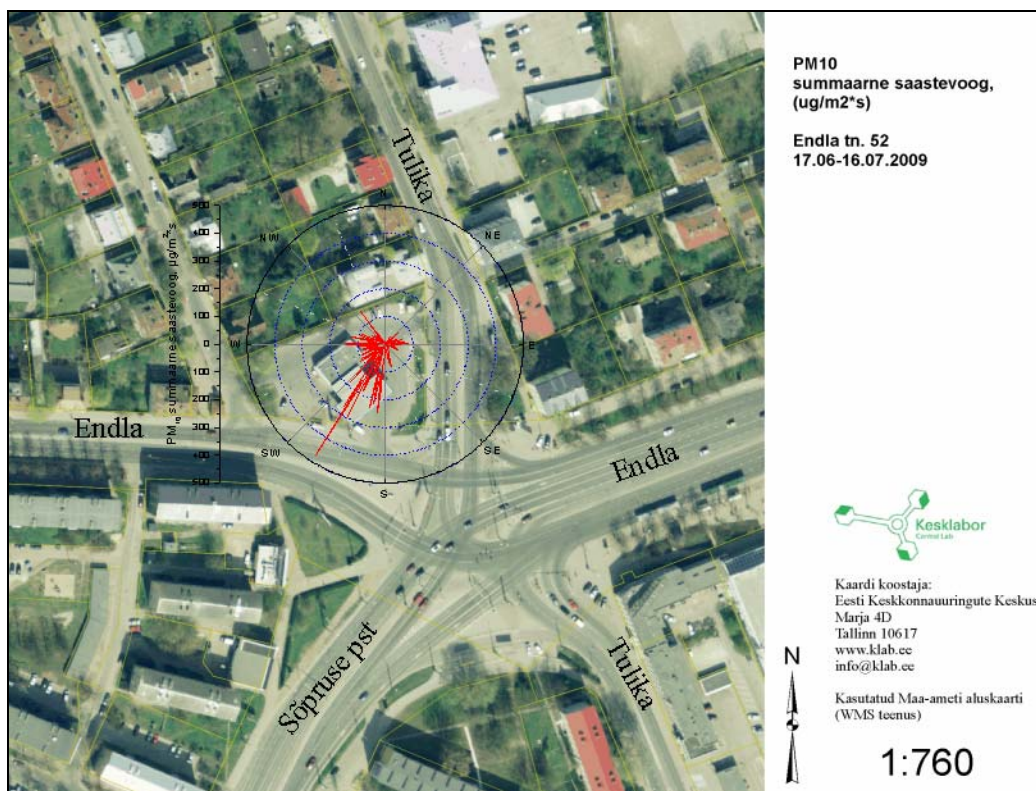
Joonis 11 H₂S summaarne saastevoog, Endla tn 52



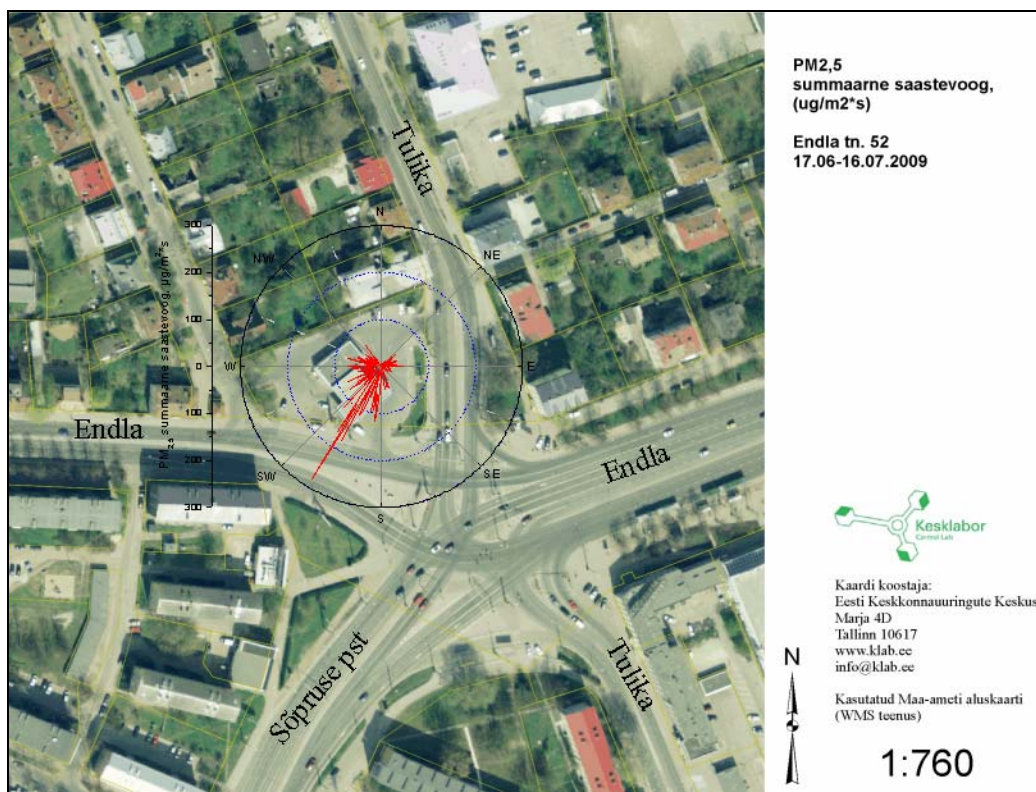
Joonis 12 SO₂ summaarne saastevoog, Endla tn 52



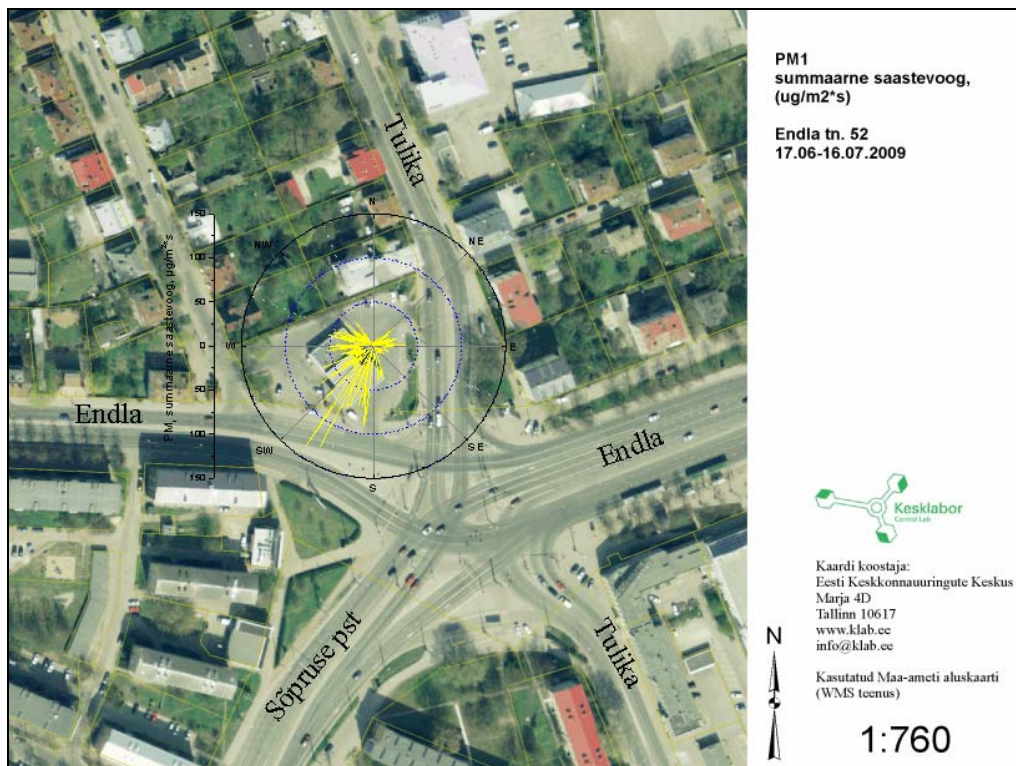
Joonis 13 NO₂ summaarne saastevoog, Endla tn 52



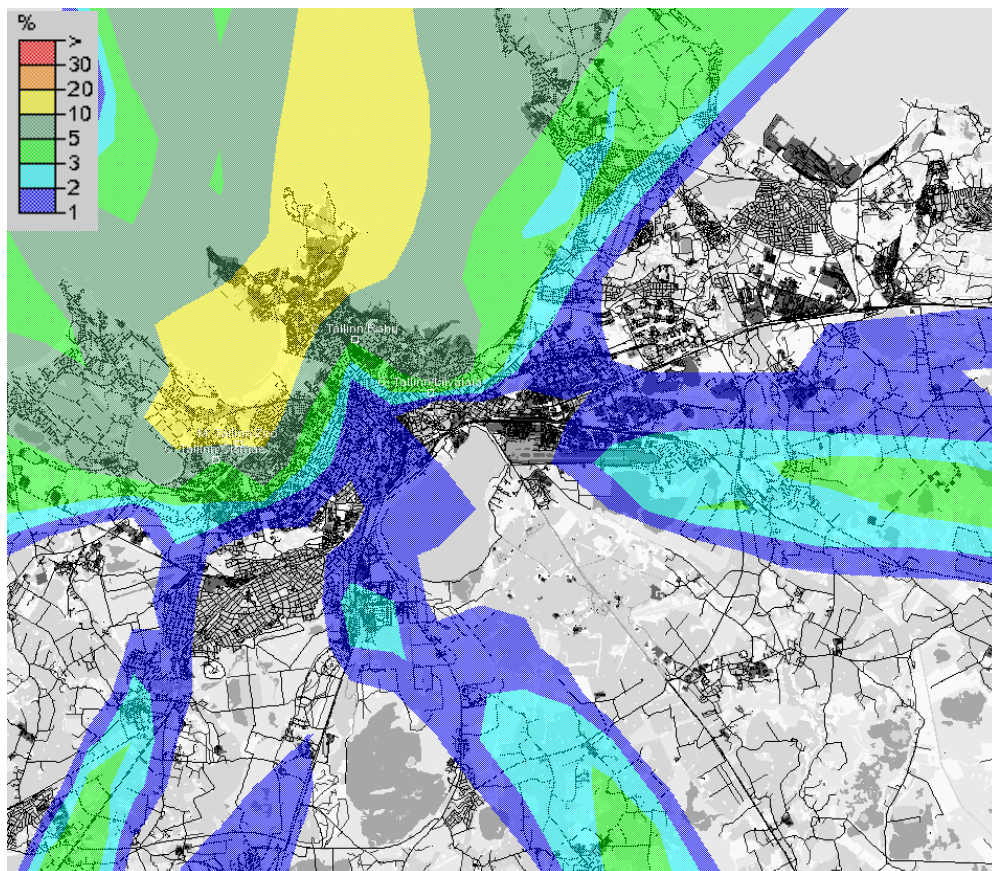
Joonis 14 PM_{10} summaarne saastevoog, Endla tn 52



Joonis 15 $\text{PM}_{2,5}$ summaarne saastevoog, Endla tn 52



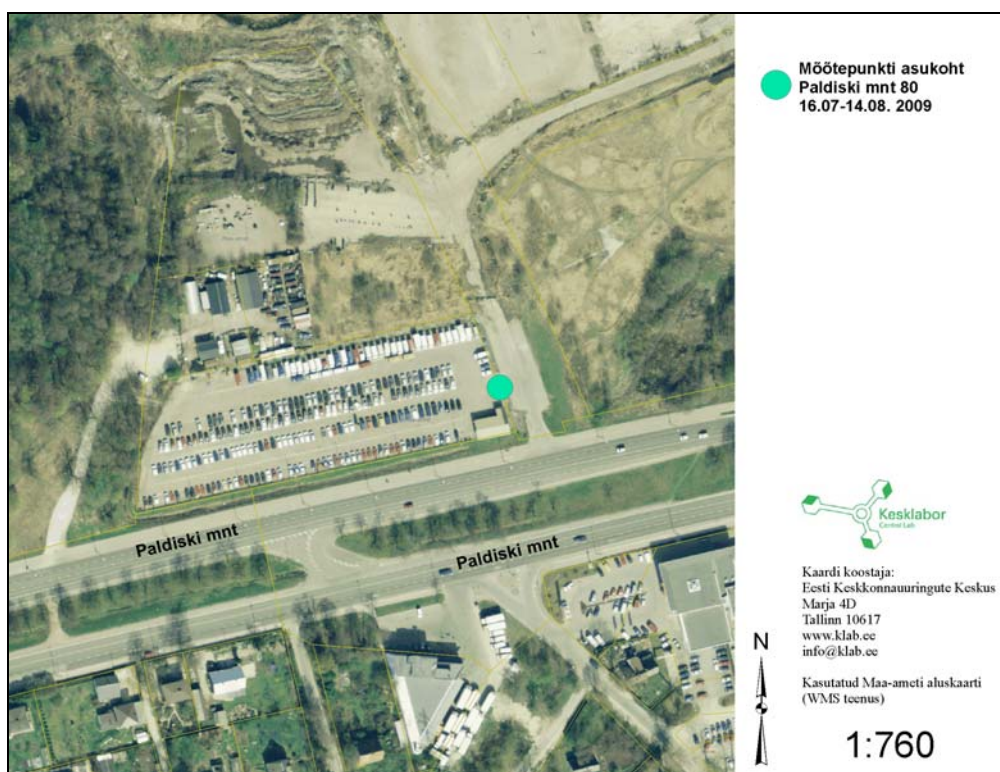
Joonis 16 PM₁ summaarne saastevoog, Endla tn 52



Joonis 17 PM₁₀ päritolu tõenäosus riiklike seirejaamade põhjal

6.2. Mõõtepunkt nr 2 – Paldiski mnt 80

Mõõtepunkt koordinaatidega X6588187 ja Y538838 asus ajavahemikus 16.07.2009 – 14.08.2009 Tallinnas Haabersti linnaosas Paldiski mnt 80, Saksa Auto OÜ territooriumil (Joonis 18). Ööpäevaringselt mõõdeti automaatanalüsaatoritega välisõhu koostises tolmu fraktsioonide (PM_{10} , $PM_{2,5}$, PM_1), vesiniksulfiidi, lämmastikdioksiidi, vääveldioksiidi ja alifaatsete süsivesinike sisaldust ning meteoroloogilisi parameetreid. Lisaks määrati osakeste sisaldust gravimeetriselt.



Joonis 18 Mõõtepunkti asukoht

6.2.1. Meteoroloogilised tingimused

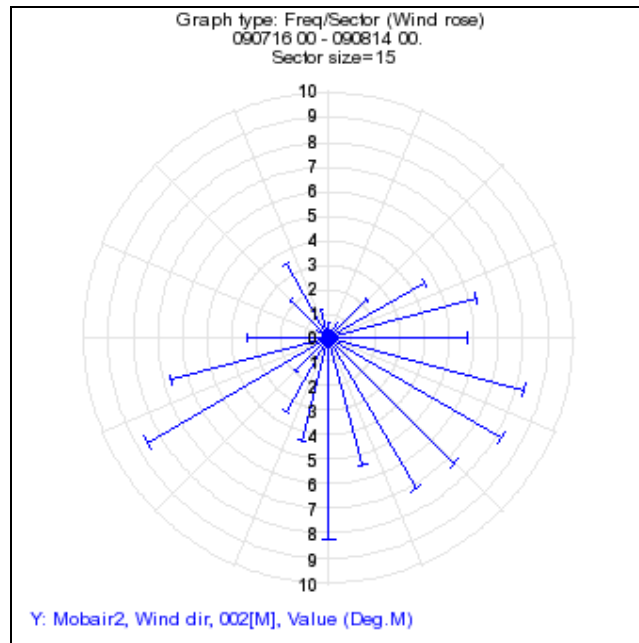
Mõõteperioodi keskmine välisõhu temperatuur oli 17,8°C, valdavalt puhusid kagu ja ida tuuled, keskmise kiirusega 2,0 m/s. Suhteline õhuniiskus mõõteperioodil oli 75,7 % (Tabel 5, Tabel 6, Joonis 19).

Tabel 5 Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil

Meteoroloogiline parameeter	Keskmine	Maksimum
Tuule kiirus, m/s	2,0	5,8
Välisõhu temperatuur, °C	17,8	27,2
Suhteline õhuniiskus, %	75,7	93,0

Tabel 6 Tuulte esinemissagedus, %

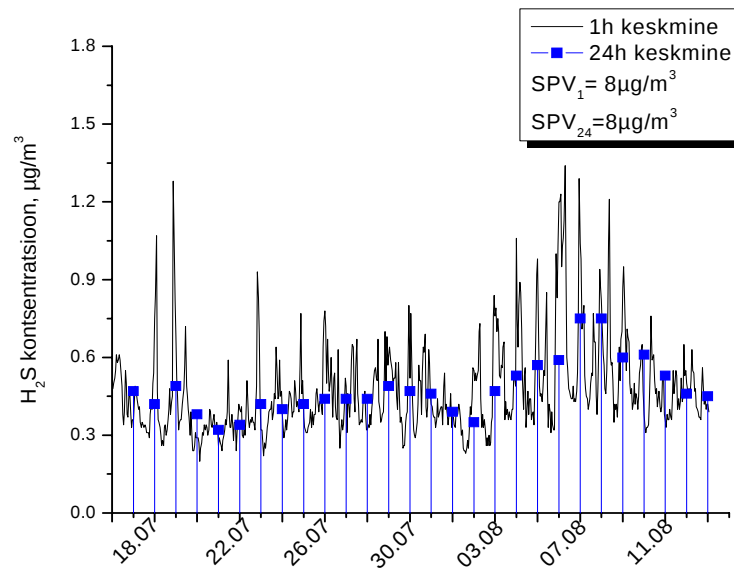
Tuule suund (kraadi)		Esinemissagedus %
Põhi (N)	337.5-22.5 °	2,0
Kirre (NE)	22.5-67.5 °	7,4
Ida (E)	67.5-112.5 °	20,1
Kagu (SE)	112.5-157.5 °	22,4
Lõuna (S)	157.5-202.5 °	17,9
Edel (SW)	202.5-247.5 °	13,9
Lääs (W)	247.5-292.5 °	10,2
Loe (NW)	292.5-337.5 °	6,2



Joonis 19 Tuulteroos, Paldiski mnt 80

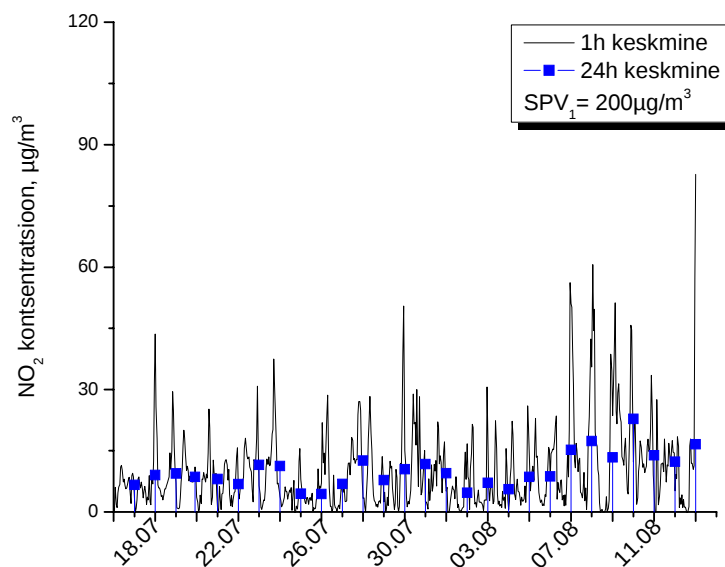
6.2.2. Saastetasemed Paldiski mnt 80

Vesiniksulfiidile (H_2S) kehtib 1h ja 24h keskmine piirväärtus $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Saasteaine maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 8. juuli varahommikul kell 06:00 - $1,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, puhus edelatuul kiirusega $0,7 \text{ m/s}$, keskmine välisõhu temperatuur oli $15,3^\circ\text{C}$. Maksimaalne ööpäevakeskmine H_2S sisladus mõõdeti samuti 08.07 – $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi keskmine väävelvesiniku sisaldus oli $0,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Saasteaine sisaldus välisõhu koostises jäi mõõteperioodi vältel kehtestatud piirväärtustest oluliselt madalamaks (Joonis 20).



Joonis 20 H_2S 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80

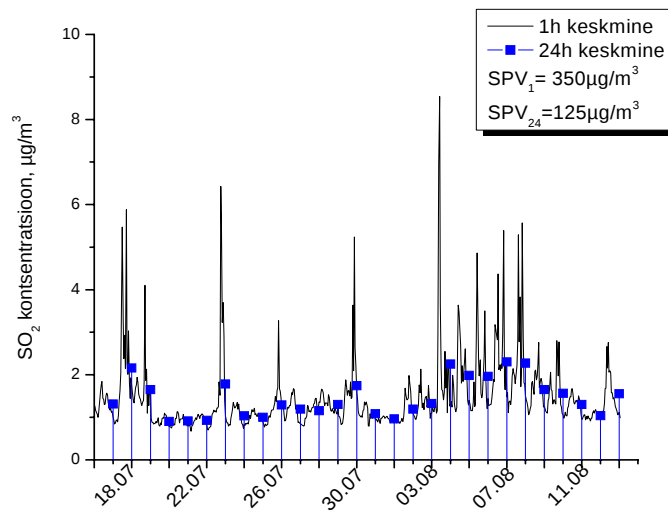
Lämmastikdioksiidile (NO_2) kehtib tunnikeskmine piirväärtus $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mida kalendriaasta jooksul on lubatud ületada 18 korda ning aastakeskmine piirväärtus $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Saasteaine maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti mõõteperioodi viimasel päeval – $82,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, puhus kagutuul kiirusega $1,3 \text{ m/s}$, keskmine välisõhu temperatuur oli $14,1^\circ\text{C}$. Maksimaalne ööpäeva keskmine NO_2 sisaldus registreeriti 10. augustil – $22,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi keskmine lämmastikdioksiidi sisaldus oli $9,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Saasteaine sisaldus välisõhus jäi mõõteperioodi vältel vastavast tunnikeskmisest piirväärtusest madalamaks (Joonis 21).



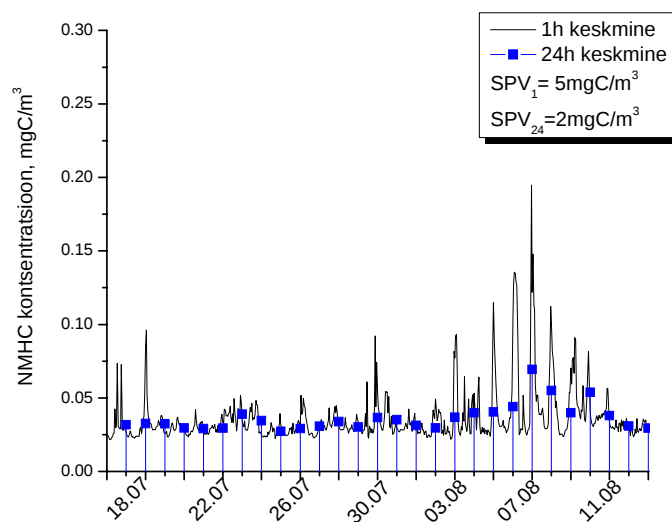
Joonis 21 NO₂ 1h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80

Vääveldioksiidile (SO₂) kehtib tunnikeskmine piirväärtus 350 µg/m³ ja ööpäevakeskmine piirväärtus 125 µg/m³, mida kalendriaasta jooksul on lubatud ületada vastavalt 24 ja 3 korda. Saasteaine maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 4. augusti hommikul – 8,54 µg/m³, puhus loodetuul kiirusega 2,6 m/s, keskmine välisõhu temperatuur oli 19°C. Maksimaalne ööpäeva keskmine SO₂ sisaldus mõõdeti 7. augustil – 2,3 µg/m³. Mõõteperioodi keskmine vääveldioksiidi sisaldus oli 1,46 µg/m³. Saasteaine sisaldus välisõhus jäi mõõteperioodi vältel kehtestatud tunnikeskmisest ja ööpäevakeskmisest piirväärtustest madalamaks (Joonis 22).

Alifaatsete süsivesinikele (NMHC) kehtib tunnikeskmine piirväärtus 5mgC/m³ ja ööpäevakeskmine piirväärtus 2mgC/m³. Maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 7. augusti õhtul – 0,19 mgC/m³, puhus nõrk kirde tuul kiirusega 0,6 m/s, keskmine välisõhu temperatuur oli 17°C. Maksimaalne ööpäevakeskmine kontsentratsioon mõõdeti samuti 07.08 – 0,07 mgC/m³. Keskmine alifaatsete süsivesinike sisaldus mõõteperioodil oli 0,04 mgC/m³, ühtegi piirväärtust ületavat kontsentratsiooni mõõtmiste ajal ei registreeritud (Joonis 23).



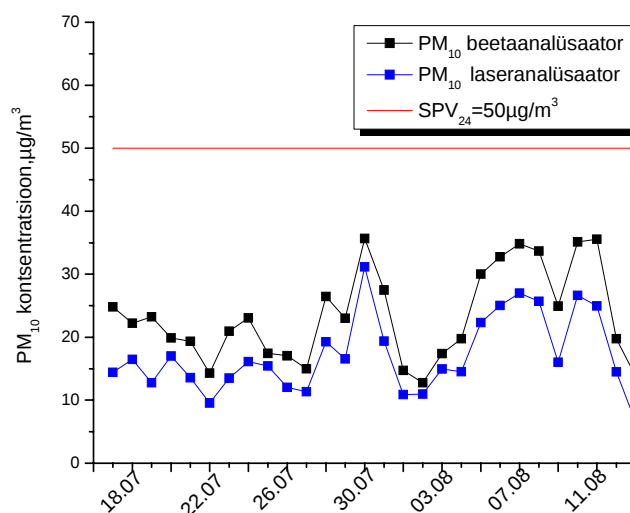
Joonis 22 SO₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80



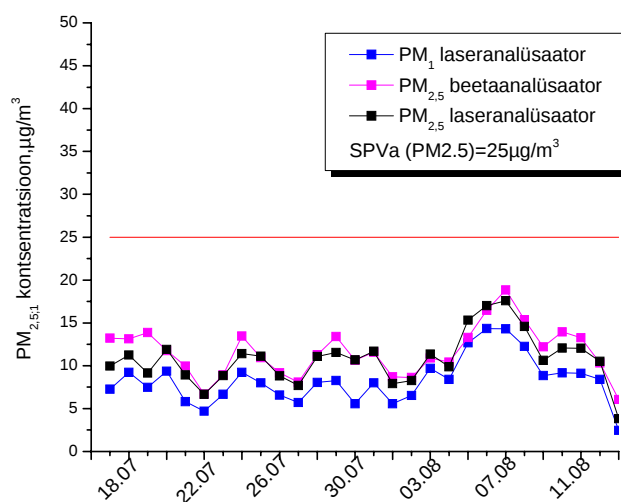
Joonis 23 NMHC 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80

Osakeste erinevate fraktsioonide mõõtmiseks kasutati lisaks analüsaatorile, mis põhineb beetakiirguse absorptsiooni meetodil, ka lisaseadet, mille tehnoloogia baseerub valguse vertikaalsel hajumisel pooljuhist laseri abil. Mõlema seadme poolt registreeritud PM₁₀ ööpäevakeskmised kontsentratsioonid jäid mõõteperioodi vältel kehtivast piirväärtusest 50 µg/m³ madalamaks, vastavalt 35,65 µg/m³ ja 31,17 µg/m³. Perioodi keskmine peente osakeste sisaldus beetakiirguse absorptsioonil mõõdetuna oli 23,36 µg/m³ ning valguse hajumise meetodi puhul 17,1 µg/m³.

Eriti peentele osakestele ($PM_{2,5}$) ametlikku piirväärtust ei ole kehtestatud, küll aga kehtib aastakeskmine sihtväärtus $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksimaalne ööpäevakeskmine kontsentratsioon registreeriti mõlema seadme puhul 07.08 vastavalt 18,8 ja $17,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi keskmine $PM_{2,5}$ sisaldus oli vastavalt $11,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $10,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



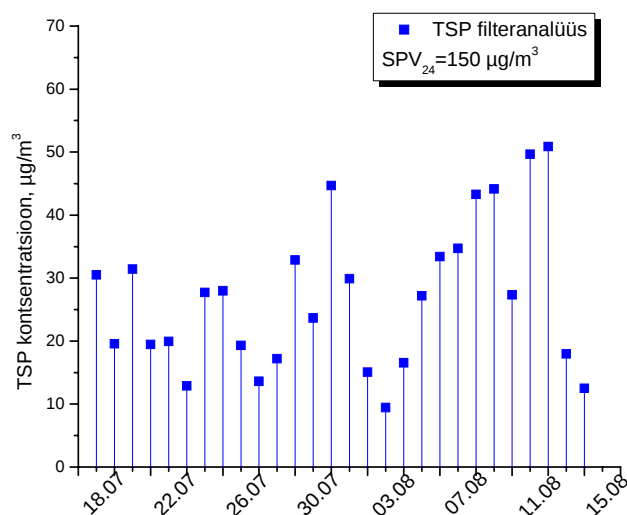
Joonis 24 PM_{10} 24h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80



Joonis 25 $PM_{2,5}$ ja PM_1 24h keskmised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80

Lisaks mõõdeti ööpäevakeskmist osakeste sisaldust välisõhu koostises gravimeetriselt, kogudes tolmuproove spetsiaalsetele filtritele. Üldtolmule kehtib nii tunnikeskmine piirväärtus $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kui ööpäevakeskmine piirväärtus $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kuna üks filter oli kogujas 24h, lähtutakse ka mõõtmistulemuste kajastamisel

ööpäevasest piirväärtusest. Mõõteperioodi jooksul koguti 28 osakeste proovi, milledest 14. puhul määrati lisaks raskmetallide, katioonide ja anioonide, polütsükliliste aromaatsete süsivesinike (PAH), benso(a)püreeni (BaP) ja levoglukosaani sisaldus. Maksimaalne ööpäevakeskmine osakeste sisaldus gravimeetrilisel meetodil mõõdeti $11,08 - 50,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jäädes kehtivast piirväärtusest oluliselt madalamaks.



Joonis 26 TSP 24h keskised kontsentratsioonid, Paldiski mnt 80

Raskmetallidest on ööpäevakeskmine piirnorm kehtestatud ainult vanaadiumile, tsingile, vasele ja kroomile, vastavalt $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, millest kõrgemaid kontsentratsioone mõõteperioodil ei mõõdetud. Arseeni, nikli, plii ja kaadmiumi sisaldust välisõhus limiteerib aastakeskmine piirnorm, nimetatud ühendite perioodikeskmised kontsentratsioonid olid maksimaalselt lubatud aastakeskmisest madalamad. Maksimaalsed kaadmiumi, vase ja plii kontsentratsioonid määrati mõõteperioodi keskel 23. juuli filtrilt, milleks olid $1,1 \text{ ng}/\text{m}^3$, $142,8 \text{ ng}/\text{m}^3$ ja $5,5 \text{ ng}/\text{m}^3$. Puhus nõrk kirdetuul, kusjuures mõõtepunktist kirdes mingeid märgatavaid saasteallikaid ei asunud. Kroomi maksimaalne sisaldus mõõdeti perioodi esimesel päeval $1,7 \text{ ng}/\text{m}^3$ ja vanaadiumi maksimaalne kontsentratsioon perioodi lõpus $3,1 \text{ ng}/\text{m}^3$. Mõlemal päeval puhus lõunakaartetuul, keskmiselt 2-3 m/s, mis viitab saasteainete pärinemisele liiklusest (Tabel 7, Joonis 27).

Maksimaalne süsiniku sisaldus määrati 24. juulil $13,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kogu perioodi vältel jäid sisaldused 7 ja $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vahele. Perioodi keskmine süsinikusisaldus oli $9,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$

(Joonis 29). Levoglukosaani kontsentratsioonid osakestes olid madalad, olles väiksemad kui $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 29).

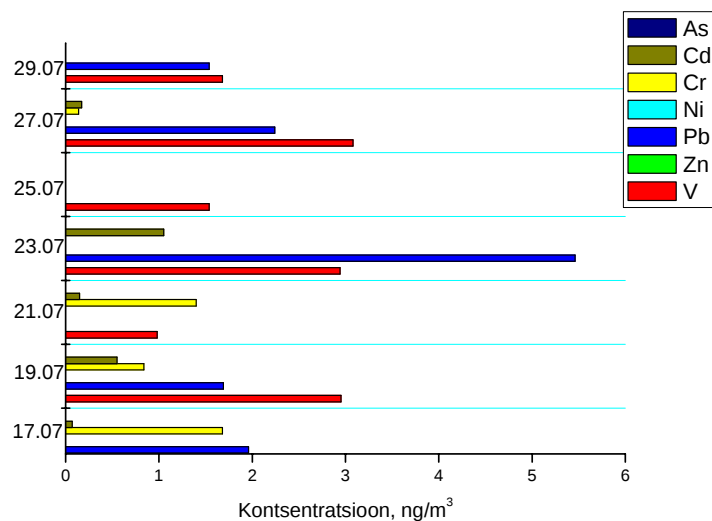
Kui benso(a)püreeni sisaldus tolmus vähenes alates 18. juulist stabiilselt, olles 18. juulil $0,07 \text{ ng}/\text{m}^3$ ja 26. juulil $0,02 \text{ ng}/\text{m}^3$, siis polüaromaatsete süsivesinike kontsentratsioon summaarselt kõikus rohkem, olles maksimaalne 19. juulil $1,2 \text{ ng}/\text{m}^3$ ja minimaalne 17. juulil $0,42 \text{ ng}/\text{m}^3$ (Joonis 28).

Kaltsiumi sisaldus tolmus oli kõrgeim 28. juulil, vastavalt $0,17 \text{ ng}/\text{m}^3$, magneesiumi ja ammooniumi sisaldus 18. juulil, vastavalt $0,008 \text{ ng}/\text{m}^3$ ja $0,01 \text{ ng}/\text{m}^3$, naatriumi sisaldus 30. juulil $0,13 \text{ ng}/\text{m}^3$. Anioonidest mõõdeti kõrgeim kloriidi kontsentratsioon $0,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 22. juulil ja sulfaadi kõrgeim kontsentratsioon $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 18. juulil, kusjuures sel päeval puhus läänekaartetuul keskmise kiirusega $1,3 \text{ m/s}$, puhudes parkimisplatsi poolt (Tabel 8).

Tabel 7 Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m^3

Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m^3								
Kuupäev	As	Cd	Cr	Cu	Ni*	Pb	Zn*	V
17.07.2009	*	0.07	1.68			1.96		2.66
19.07.2009	*	0.55	0.84			1.69		2.95
21.07.2009	*	0.15	1.40			*		0.98
23.07.2009	*	1.05	*	142.78		5.46		2.94
25.07.2009	*	*	*	130.51		*		1.54
27.07.2009	*	0.17	0.14	36.36		2.24		3.08
29.07.2009	2.23	0.001	*	121.44		1.54		1.68
Keskmine	2,2	0,33	1,0	107,8	*	2,6	*	2,3

- alla määramispiir

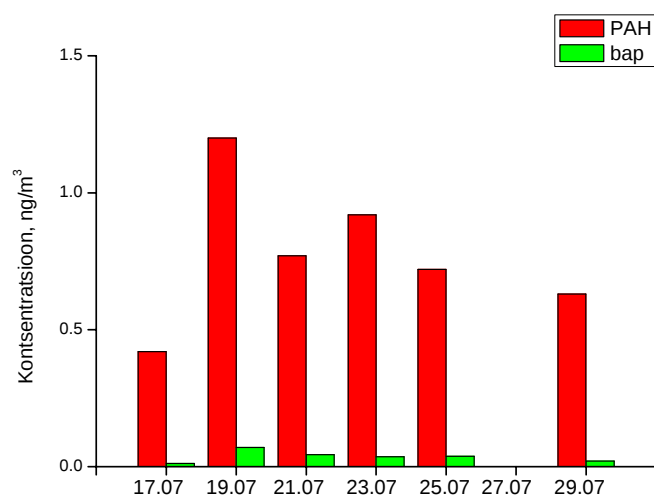


Joonis 27 Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m³

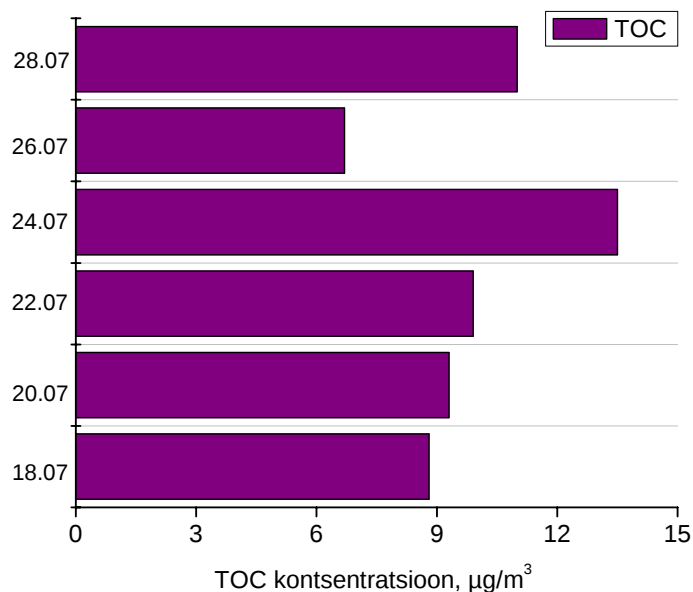
Tabel 8 Ioonide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m³

Ioonide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m ³						
Kuupäev	Na	Ca	Mg	Cl*	SO ₄ *	NH ₄
18.07.2009	0,09	0,06	0,008	0.07	4.23	0,01
20.07.2009	0,09	0,05	0,003	0.07	2.99	0,0004
22.07.2009	0,09	0,05	0,006	0.44	2.12	0,0004
24.07.2009	0,08	0,07	0,005	0.34	2.66	0,0007
26.07.2009	0,11	0,04	0,004	0.30	3.28	0,003
28.07.2009	0,11	0,17	0,007	0.12	3.88	0,006
30.07.2009	0,13	0,13	0,007	0.37	3.26	0,0005
Keskmine	0,1	0,008	0,006	0,22	3,2	0,003

* ug/m³



Joonis 28 PAH ja BaP sisaldus, ng/m³

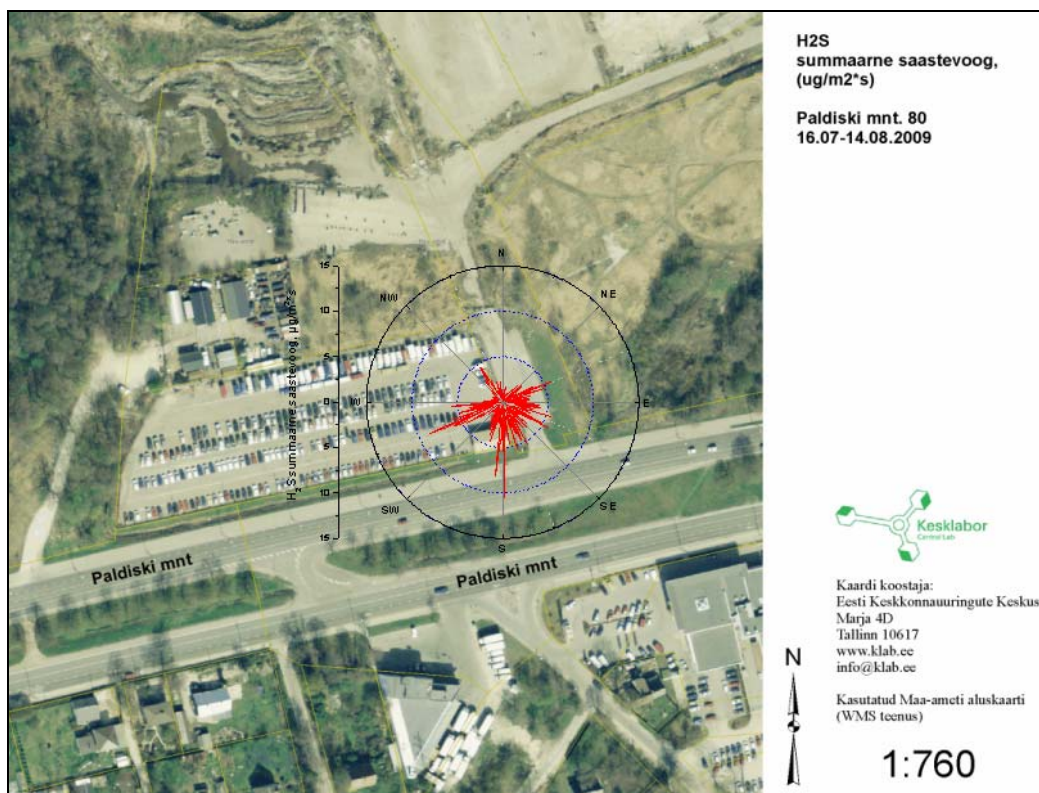


Joonis 29 TOC sisaldus TSP fraktsioonis

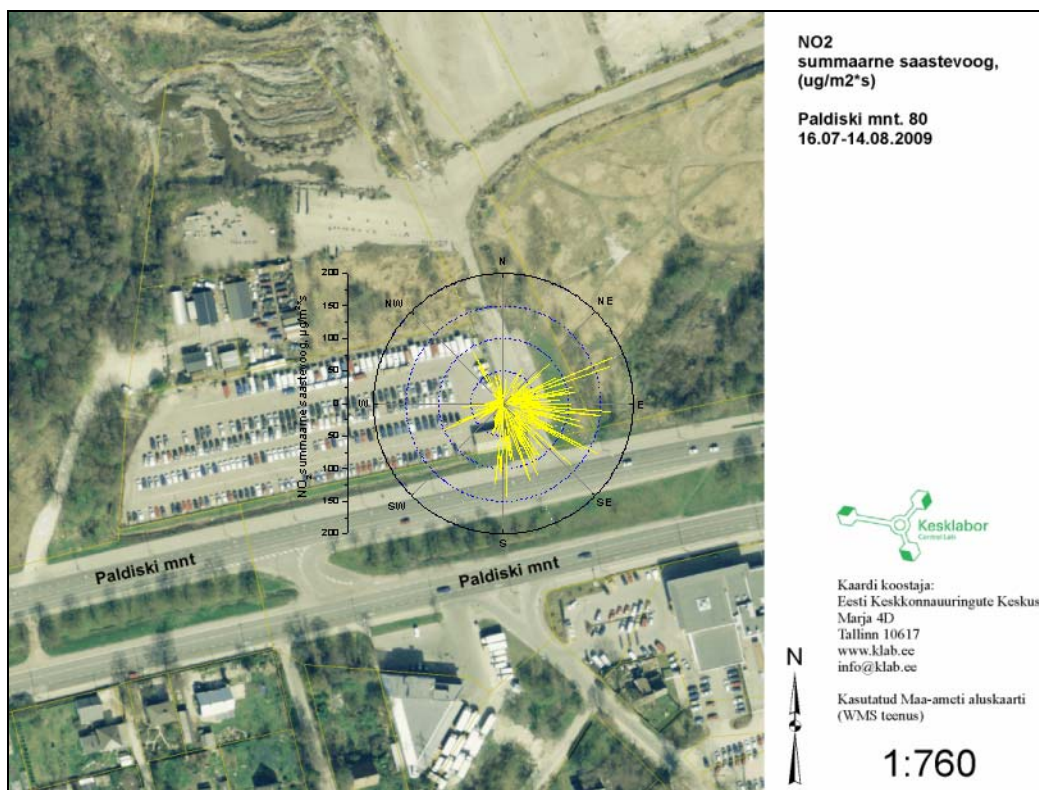
6.2.3. Summaarsed saastevood mõõtepunktis

Summaarse saastevoo pärinemiseks ning võimalike saasteallikate tuvastamiseks on kasutatud summeeritud saastevoogu, mis annab infot, kust pärineb koguseliselt suurem osa õhulaboris mõõdetud saastest. Summeeritud saastevoo arvutamise aluseks on tuule kiiruse ja tunnikeskiste kontsentratsioonide korrutis (saastevoog), mis on summeeritud tuule suundade järgi.

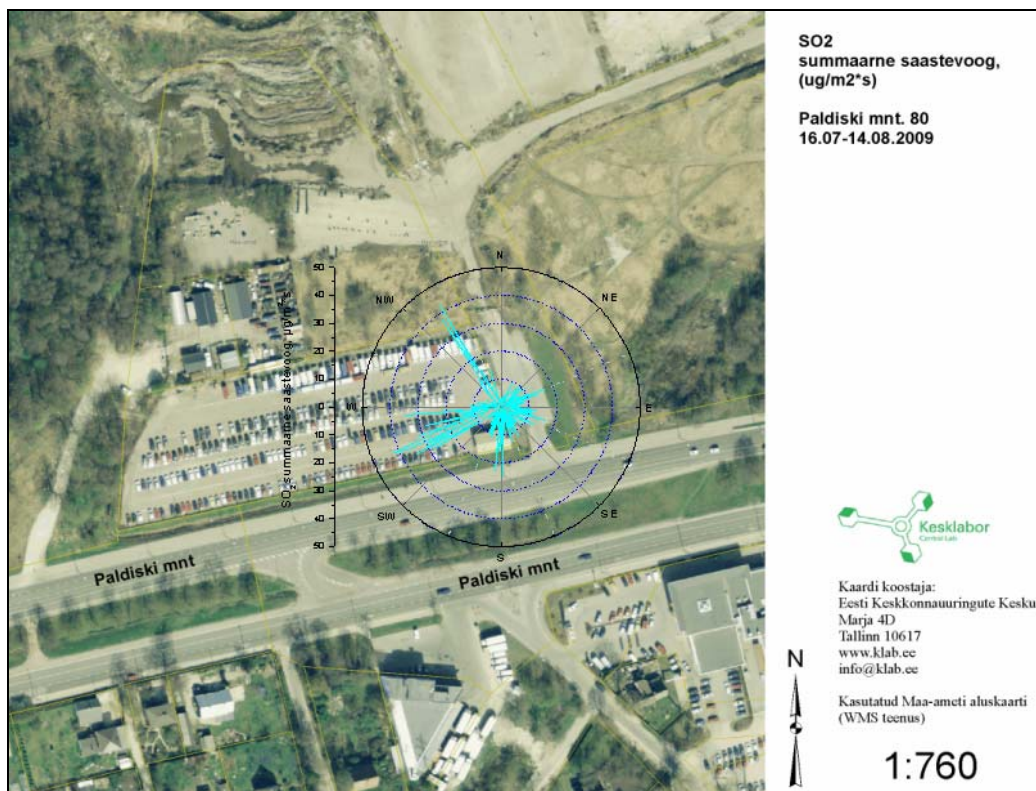
Nagu alljärgnevatelt joonistelt selgub, kajastavad saastevoo graafikud liiklussaaste mõju välisõhu kvaliteedile, näidates saasteainete kontsentratsioonide jõudmist mõõtebussini enamasti Paldiski maantee poolsest küljest. SO₂ puhul pärinesid kontsentratsioonid lisaks läänele ka loode suunast, NO₂ ja osakeste erinevate fraktsioonide kontsentratsioonid kandusid mõõtepunkti peamiselt mõõteperioodil valdavalt puhunud ida- ja kagutuultega.



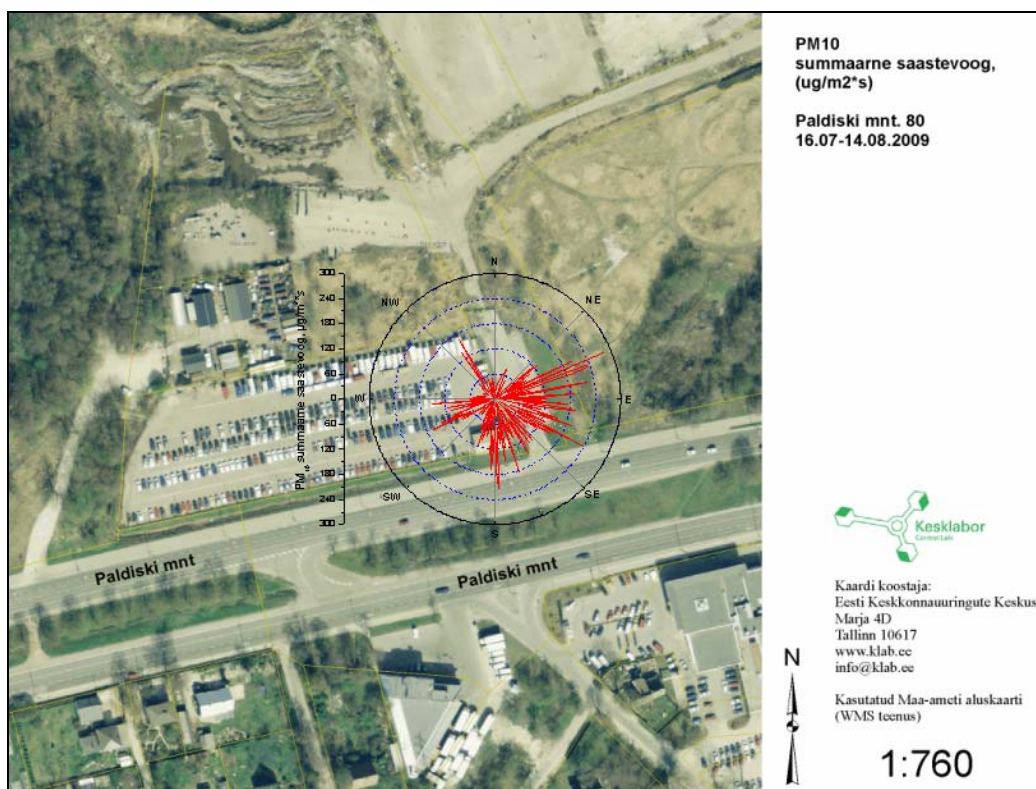
Joonis 30 H₂S summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80



Joonis 31 NO₂ summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80



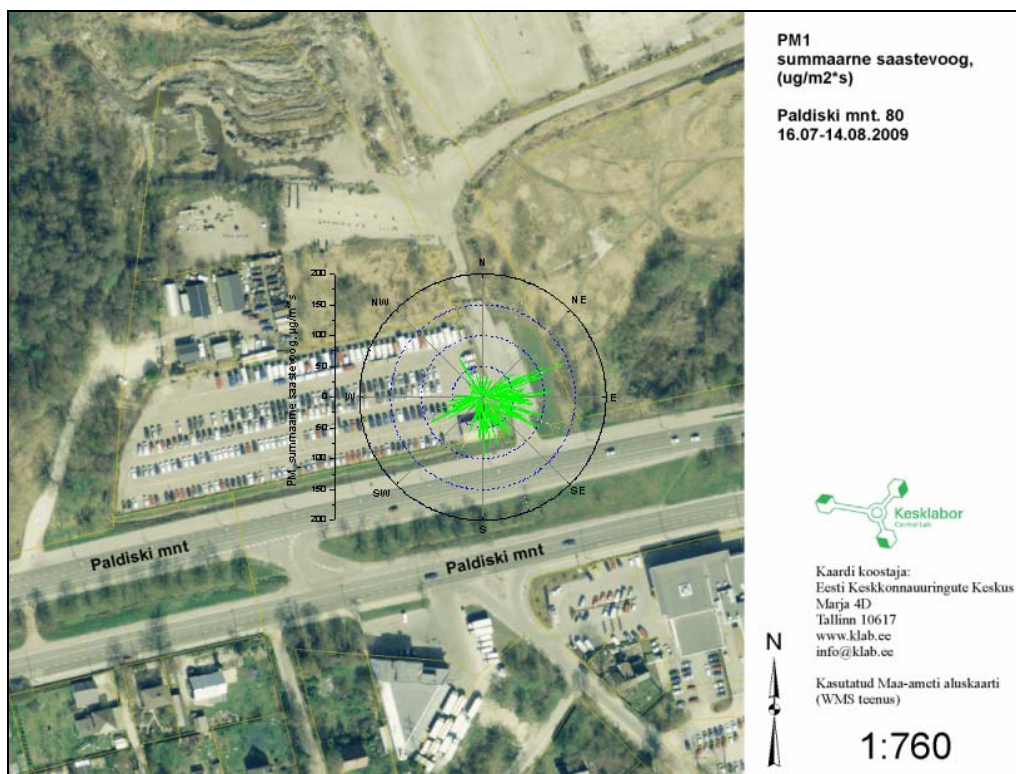
Joonis 32 SO₂ summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80



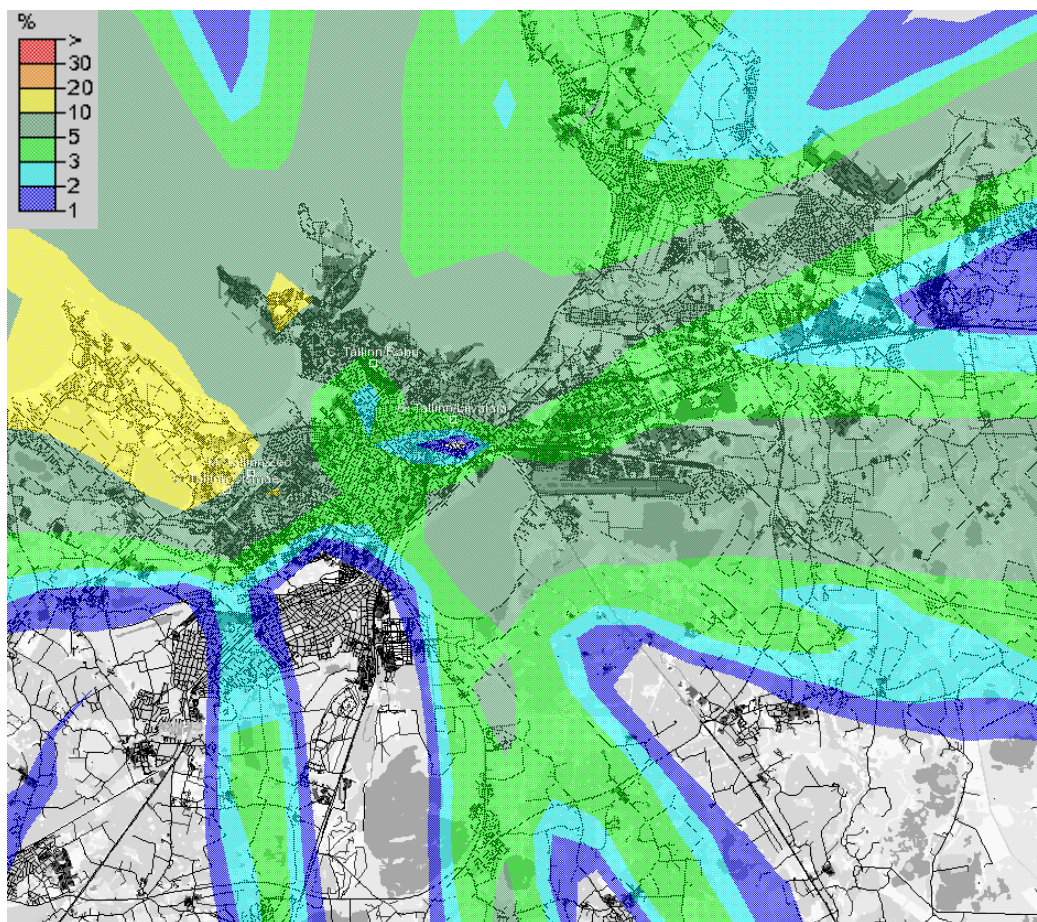
Joonis 33 PM₁₀ summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80



Joonis 34 PM_{2,5} summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80



Joonis 35 PM₁ summaarne saastevoog, Paldiski mnt 80



Joonis 36 PM₁₀ päritolu tõenäosus riiklike seirejaamade põhjal

6.3. Mõõtepunkt nr 3 - Priimula tee 39

Mõõtepunkt koordinaatidega X6594838 ja Y549568 asus ajavahemikus 10.11.2009 – 04.12.2009 Tallinnas Pirita linnaosas aadressil Priimula tee 39 (Joonis 37). Õöpäevaringselt mõõdeti automaatanalüsaatoritega välisõhu koostises osakeste fraktsioonide (PM_{10} , $PM_{2,5}$, PM_1), vesiniksulfiidi, lämmastikdioksiidi, vääveldioksiidi ja alifaatsete süsivesinike sisaldust ning meteoroloogilisi parameetreid. Lisaks määrati peente osakeste (PM_{10}) sisaldust gravimeetriliselt.



Joonis 37 Mõõtepunkti asukoht

6.3.1. Meteoroloogilised tingimused

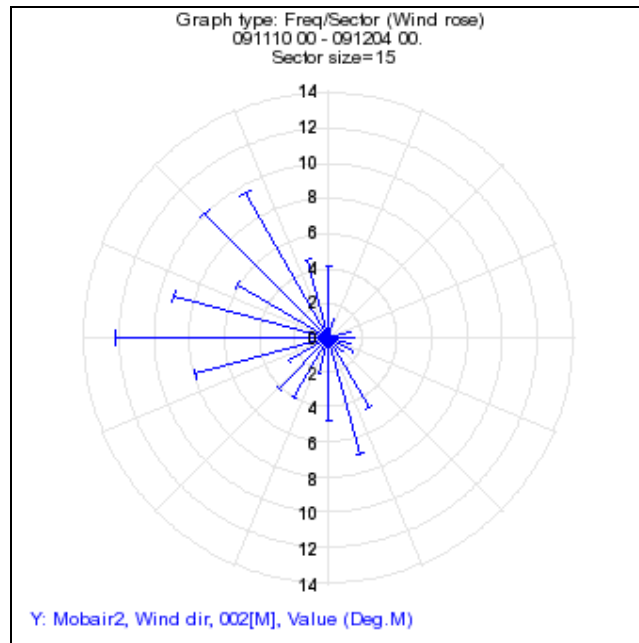
Mõõteperioodi keskmine välisõhu temperatuur oli 4,6 °C, valdavalt puhusid lääne- ja loodetuuled keskmise kiirusega 2,0 m/s. Suhteline õhuniiskus mõõteperioodil oli 88% (Tabel 9, Tabel 10, Joonis 38).

Tabel 9 Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil

Meteoroloogiline parameeter	Keskmine	Maksimum
Tuule kiirus, m/s	2,0	5,5
Välisõhu temperatuur, °C	4,6	9,34
Suhteline õhuniiskus, %	88,0	94,6

Tabel 10 Tuulte esinemissagedus, %

Tuule suund (kraadi)		Esinemissagedus %
Põhi (N)	337.5-22.5 °	9,7
Kirre (NE)	22.5-67.5 °	0,4
Ida (E)	67.5-112.5 °	3,9
Kagu (SE)	112.5-157.5 °	7,2
Lõuna (S)	157.5-202.5 °	13,7
Edel (SW)	202.5-247.5 °	10,5
Lääs (W)	247.5-292.5 °	29,2
Loe (NW)	292.5-337.5 °	25,5

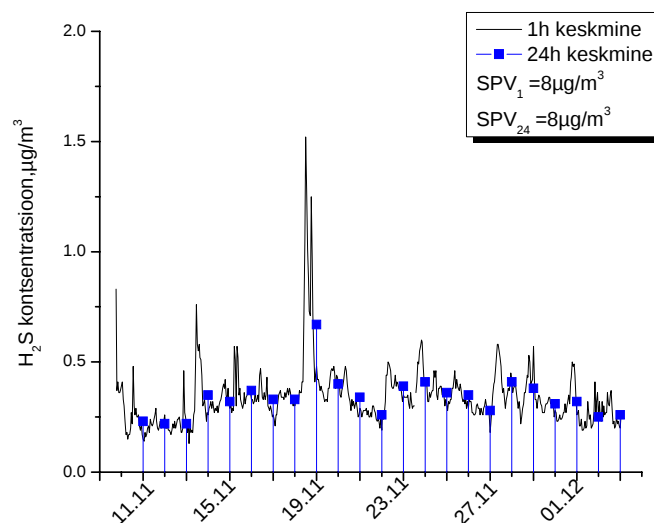


Joonis 38 Tuulteroos, Priimula tee 39

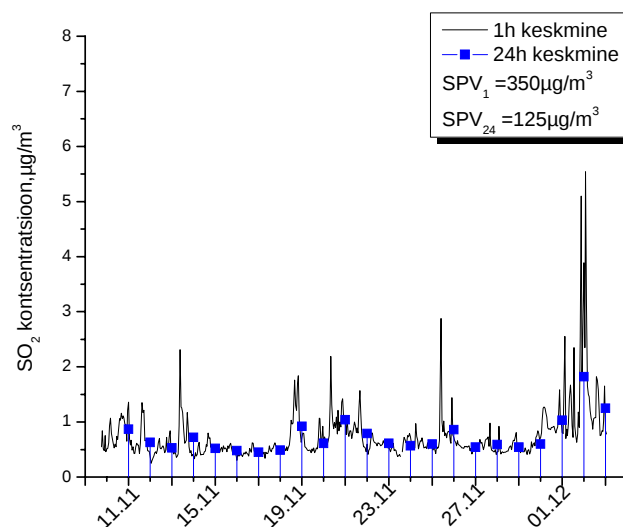
6.3.2. Saastetasemed Priimula tn 39

Vesiniksulfiidile (H_2S) kehtib 1h ja 24h keskmine piirväärtus $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Saasteaine maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 19.11 kell 11:00 – $1,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$, puhus nõrk lõunatuul kiirusega $0,6 \text{ m/s}$, keskmine välisõhu temperatuur oli $5,6^\circ\text{C}$. Maksimaale ööpäevakeskmine sisaldus mõõdeti samuti 19.11 – $0,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi keskmine väävelvesiniku sisaldus oli $0,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Väävelvesiniku saastetasemed välisõhu koostises jäid mõõteperioodi vältel vastavatest piirväärtustest madalamaks (Joonis 39).

Vääveldioksiidile (SO_2) kehtib tunnikeskmine piirväärtus $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja ööpäevakeskmine piirväärtus $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mida kalendriaasta jooksul on lubatud ületada vastavalt 24 ja 3 korda. Saasteaine maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 3.detsembri öösel – $5,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, puhus lõunatuul kiirusega $2,5 \text{ m/s}$, keskmine välisõhu temperatuur oli $4,4^\circ\text{C}$. Kõrgeim ööpäevakeskmine sisaldus registreeriti päev varem – $1,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi keskmine vääveldioksiidi sisaldus oli $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõtmiste ajal ei registreeritud välisõhu koostises vääveldioksiidile kehtestatud piirväärtustest kõrgemaid sisaldusi (Joonis 40).



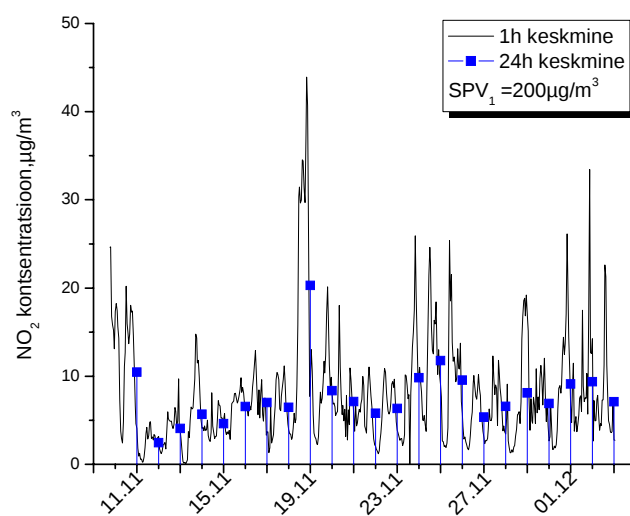
Joonis 39 H₂S 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39



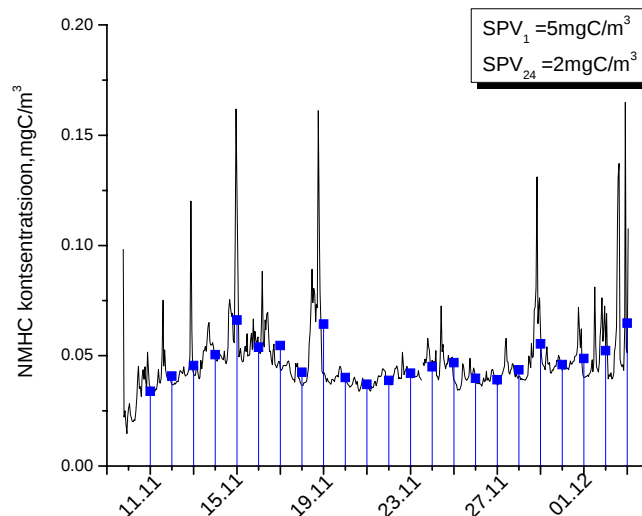
Joonis 40 SO₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39

Lämmastikdioksiidile (NO₂) kehtib tunnikeskmine piirväärtus 200 µg/m³, mida kalendriaasta jooksul on lubatud ületada 18. korral ning aastakeskmise piirväärtus 40 µg/m³. Saasteaine maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 19.11 õhtupoolikul kell 18:00 – 43,91 µg/m³, puhus loodetuul kiirusega 1 m/s, keskmine välisõhu temperatuur oli 5,3 °C. Maksimaalne ööpäevakeskmise sisaldus mõõdeti samuti 19.11 – 20,3 µg/m³. Mõõteperioodi keskmine lämmastikdioksiidi sisaldus oli 8,04 µg/m³. NO₂ saastetasemed välisõhus jäid mõõteperioodi vältel vastavast tunnikeskmisest piirväärtusest madalamaks (Joonis 41).

Alifaatsetele süsivesinikele (NMHC) kehtib tunnikeskmine piirväärtus 5 mgC/m^3 ja ööpäevakeskmise piirväärtus 2 mgC/m^3 . Maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 3. detsembri õhtul – $0,16 \text{ mgC/m}^3$, puhus lõuna tuul kiirusega $3,5 \text{ m/s}$, keskmine välisõhu temperatuur oli $3,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Kõrgeim ööpäevakeskmise kontsentratsioon mõõdeti 15.11 – $0,07 \text{ mgC/m}^3$. Keskmine alifaatsete süsivesinike sisaldus mõõteperioodil oli $0,05 \text{ mgC/m}^3$, ühtegi piirväärtust ületavat kontsentratsiooni mõõtmiste ajal ei registreeritud (Joonis 42).



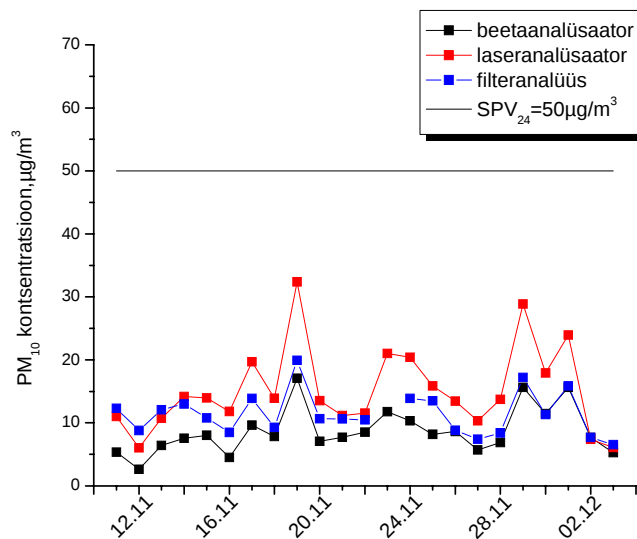
Joonis 41 NO_2 1h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39



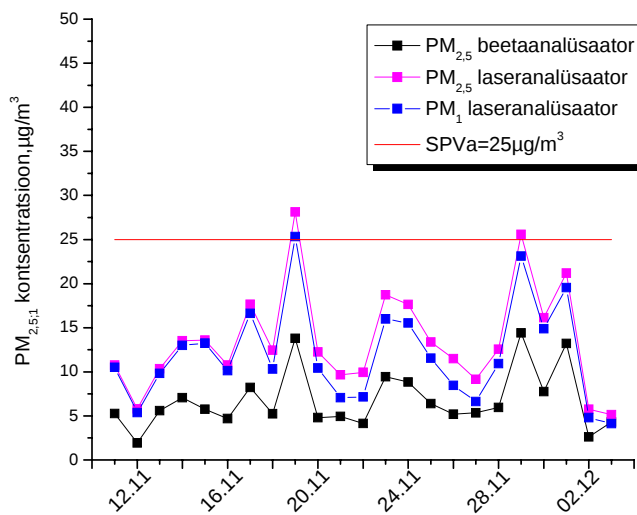
Joonis 42 NMHC 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39

Osakeste erinevate fraktsioonide mõõtmiseks kasutati lisaks beetakiirguse absorptsiooni meetodile ka laserkiirguse hajumisel põhinevat meetodit. Mõlema seadme poolt registreeritud PM_{10} maksimaalsed ööpäevakeskmised kontsentratsioonid jäid mõõteperioodi vältel kehtivast piirväärtusest $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ madalamaks. Perioodi keskmine peente osakeste sisaldus beetakiirguse absorptsiooni meetodil mõõdetuna oli $8,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ning laseranalüsaatori puhul $15,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 43).

Eriti peentele osakestele ($PM_{2,5}$) ametlikku piirväärtust ei ole kehtestatud, küll aga kehtib aastakeskmise sihtväärtus $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Saasteaine maksimaalne ööpäevakeskmise kontsentratsioon beetaanalüsaatori puhul mõõdeti 29.11 – $14,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ning lisaseadme puhul 19.11 – $28,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi keskmised $PM_{2,5}$ sisaldused olid vastavalt $6,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $13,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 44).

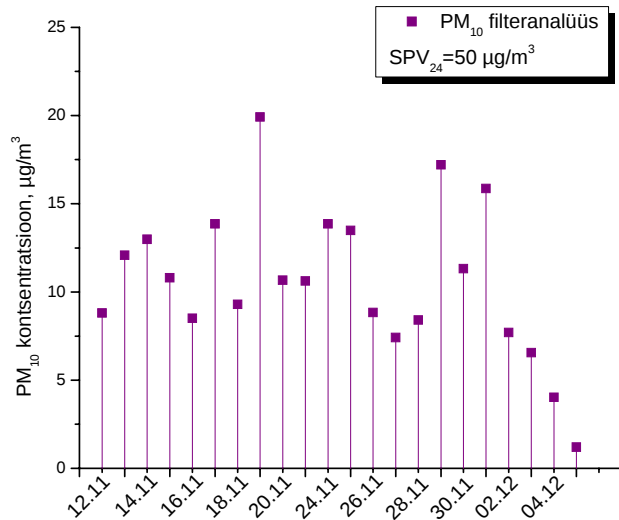


Joonis 43 PM_{10} 24h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39



Joonis 44 $PM_{2,5}$ ja PM_1 24h keskmised kontsentratsioonid, Priimula tee 39

Lisaks automaatanalüsaatoritele mõõdeti peente osakeste ööpäevakeskmist sisaldust ka gravimeetriliselt, kogudes tolmuproove spetsiaalsetele filtritele. Mõõteperioodi jooksul koguti 25 peente osakeste proovi, milledest 14. puhul määrati filtritelt raskmetallide, kationide ja anioonide, polütsükiliste aromaatsede süsivesinike (PAH), benso(a)püreeni (BaP) ja levoglukosaani sisaldus. Maksimaalne ööpäevakeskmise PM_{10} sisaldus gravimeetrilisel meetodil mõõdeti 19.11 – 19,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



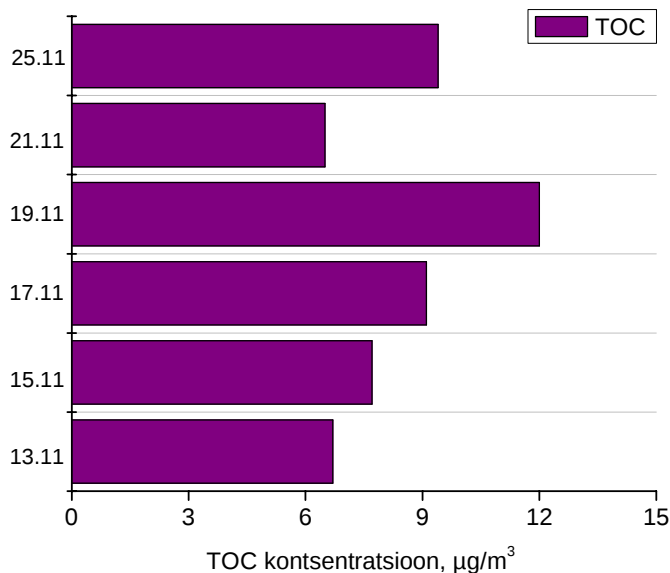
Joonis 45 PM₁₀ 24h keskmised kontsentratsioonid

Ajavahemikus 12.11-27.11.2009 määrati peente osakeste fraktsioonist 7. päeval raskmetallide sisaldus. Kõrgeimad vase, plii, tsingi ja vanaadiumi sisaldused tolmus mõõdeti mõõteperioodi viimasel päeval 26. novembril, vastavad kontsentratsioonid olid 307,7 ng/m³, 6,2 ng/m³, 20, 8 ng/m³ ja 2,2 ng/m³. Arseeni ja kaadmiumi kontsentratsioonid jäid kogu mõõteperioodi vältel suhteliselt stabiilseks, maksimumid mõõdeti arseenil 14. novembril 1,8 ng/m³ ja kaadmiumil 20. novembril 0,17 ng/m³. Nikli ja kroomi sisaldus tolmus jäi seadme määramispiirist madalamaks. Mingisugust seost saasteainete kontsentratsioonide ja nädalapäevade vahel ei täheldata. 26. novembril puhus tuul läänekaartest keskmiselt 2,7 m/s, mistõttu on tõenäoline, et saasteained on mõõtepunkti kandunud pigem kaugemalt. Kuna tegemist oli eramajade piirkonnaga, kus liikluse osakaal saaste tekkimisel on väiksem kui suurte liiklussõlmede vahetus läheduses, ning arvestades asjaolu, et novembris algab ka kütteperiood, siis on tõenäoline saaste pärinemine just kohtküttest kui saasteallikast (Tabel 11, Joonis 47).

Puidu põletamisel eralduvateks saasteaineteks on ka süsinik ja levoglukosaan, mõlema saasteaine maksimumid mõõdeti 19. novembril, vastavalt 12 µg/m³ ja 1,7 µg/m³, kusjuures sel päeval jäi tuule kiirus kõigest 0,5 m/s piirimaile, mis näitab mõõtepunktile lähedal asuvate allikate tähtsust. Kui süsiniku sisaldus kogu mõõteperioodi vältel kõikus vahemikus 6-12 µg/m³, siis levoglukosaani tasemed jäid ülejäänud mõõtepäevadel madalamaks kui 0,07 µg/m³ (Joonis 46).

Polüaromaatsete süsivesinike sisaldus tolmus oli kõrgeim sarnaselt raskmetallidega mõõteperioodi lõpus 24. ja 26. novembril, vastavalt 7,5 ng/m³ ja 7,1 ng/m³, eraldi määratud benso(a)püreeni kontsentratsioon tolmus oli kõrgeim 16. novembril 0,91 ng/m³. Keskmine PAH ja BaP sisaldus mõõteperioodil oli vastavalt 5,5 ng/m³ ja 0,56 ng/m³ (Joonis 48).

Katioonidest kaltsiumi, naatriumi ja magneesiumi sisaldus tolmus oli maksimaalne 27. novembril, milleks oli vastavalt 0,11 ng/m³, 0,21 ng/m³ ja 0,004 ng/m³, sel päeval puhus läänekaartetuul keskmise kiirusega 2,5 m/s. Ammooniumi keskmine sisaldus mõõteperioodil oli 0,02 ng/m³, maksimum mõõdeti paar päeva varem, kui teiste katioonide sisaldused, 25. novembril 0,007 ng/m³. Sulfaadi kontsentratsioon tolmus oli kõrgeim 17. novembril 1,7 µg/m³, mõõteperioodi keskmine oli 1,1 µg/m³. Kloriidi sisaldus tolmus oli mõõteperioodil keskmiselt 0,26 µg/m³, maksimum oli 0,71 µg/m³ 27. novembril (Tabel 12).

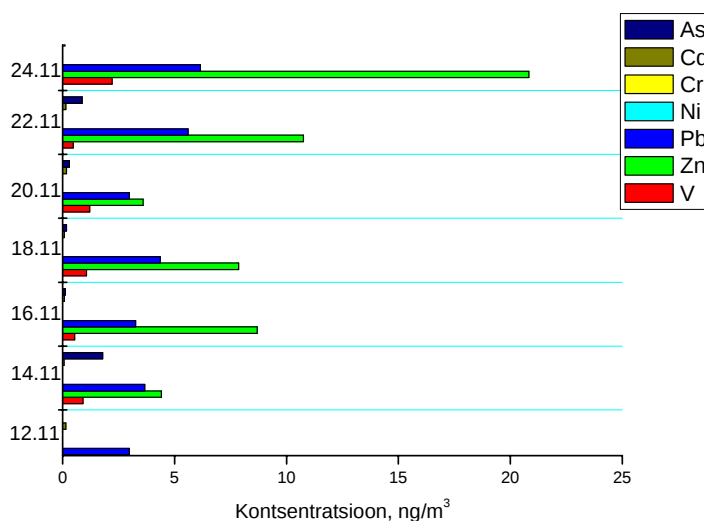


Joonis 46 TOC sisaldus PM₁₀ fraktsioonis

Tabel 11 Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil PM10 fraktsioonis, ng/m³

Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil PM10 fraktsioonis, ng/m ³								
Kuupäev	As	Cd	Cr*	Cu	Ni*	Pb	Zn	V
12.11.2009		0.14				2.98		0.87
14.11.2009	1.79	0.06		149.10		3.67	4.41	0.90
16.11.2009	0.12	0.08		124.28		3.26	8.69	0.54
18.11.2009	0.17	0.08		245.66		4.36	7.86	1.06
20.11.2009	0.30	0.17		287.03		2.98	3.59	1.20
24.11.2009	0.87	0.14		161.52		5.60	10.76	0.47
26.11.2009	0.50	0.10		307.72		6.15	20.83	2.21
Keskmine	0,63	0,10	*	212,6	*	4,3	9,4	1,1

• alla määramispiiri

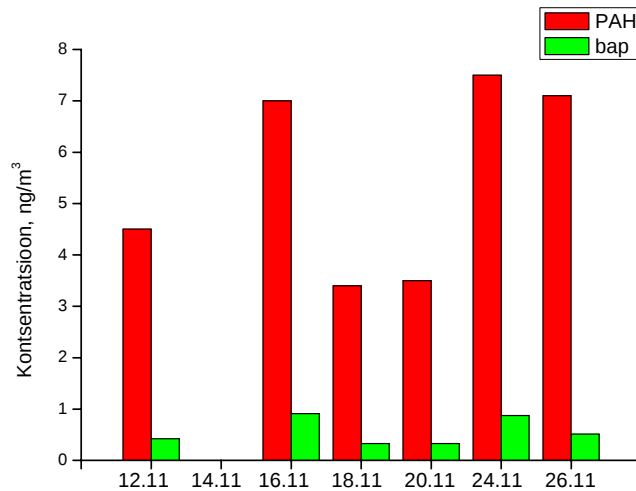


Joonis 47 Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil PM10 fraktsioonis, ng/m³

Tabel 12 Ioonide sisaldus mõõteperioodil PM10 fraktsioonis, ng/m³

Ioonide sisaldus mõõteperioodil PM10 fraktsioonis, ng/m ³						
Kuupäev	Na	Ca	Mg	Cl*	SO ₄ *	NH ₄
13.11.2009	0,003	0,02	0,001	0.03	1.21	0,02
15.11.2009	0,001	0,007	0,001	0.16	0.94	0,02
17.11.2009	0,02	0,014	0,001	0.32	1.65	0,06
19.11.2009	0,001	0,013	0,003	0.04	1.18	0,02
21.11.2009	0,04	0,013	0,002	0.45	0.85	0,006
25.11.2009	0,02	0,02	0,001	0.32	0.65	0,007
27.11.2009	0,21	0,11	0,004	0.71	0.87	0,006
Keskmine	0,04	0,03	0,002	0,26	1,1	0,02

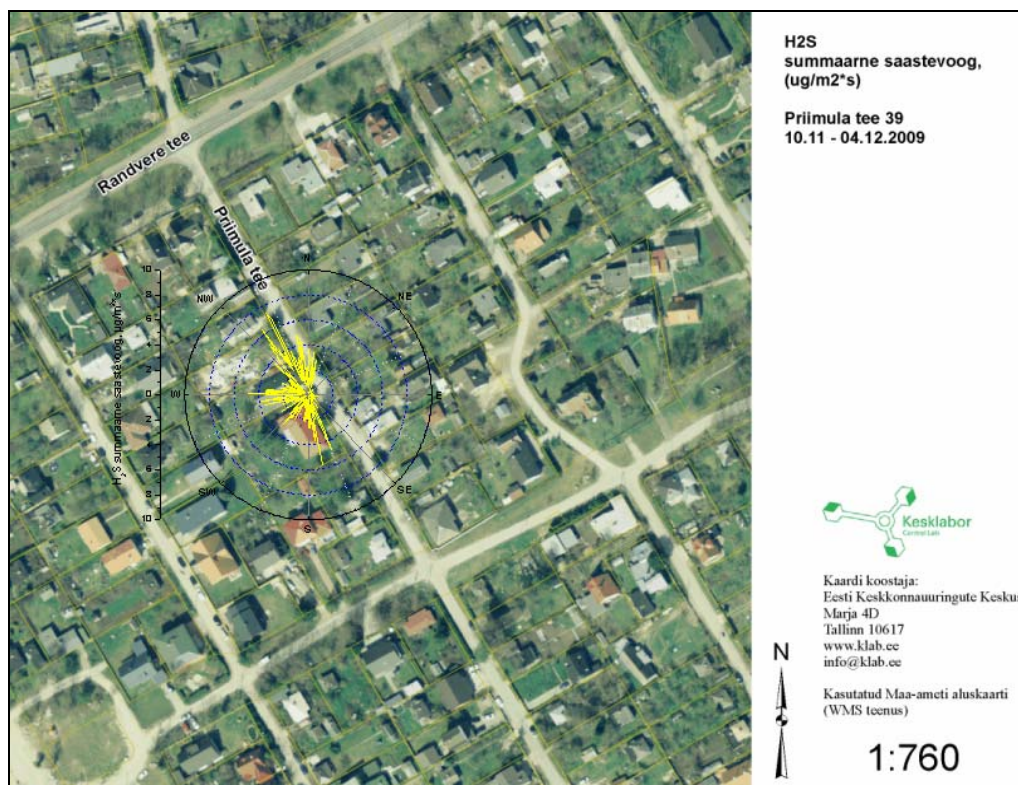
* ug/m³



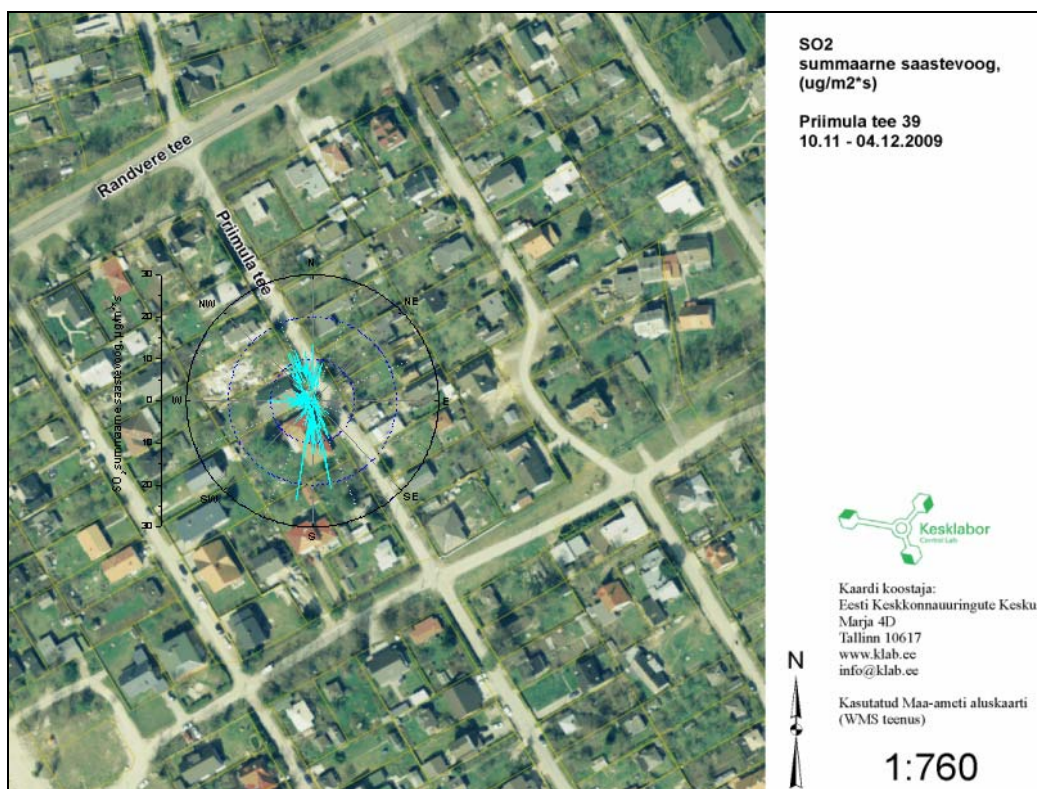
Joonis 48 PAH ja BaP sisaldus, ng/m³

6.3.3. Summaarsed saastevood mõõtepunktis

Summaarse saastevoogu pärinemiseks ning võimalike saasteallikate tuvastamiseks on kasutatud summeeritud saastevoogu, mis annab infot, kust pärineb koguseliselt suurem osa õhulaboris mõõdetud saastest. Summeeritud saastevoogu arvutamise aluseks on tuule kiiruse ja tunnikeskiste kontsentratsioonide korrutis (saastevoog), mis on summeeritud tuule suundade järgi. Alljärgnevatelt summaarse saastevoogu graafikutelt nähtub, et kõigi saasteainete puhul on üheks valdavaks saaste pärinemise suunaks põhja-loode suund (Priimula ja Randvere tee), mis viitab transpordi otsesele mõjule, lisaks on graafikutelt selgesti näha ka saastevoogude kandumist mõõtepunktini lõuna ja lääne suunast, mis tõenäoliselt pärinevad pigem naabruses asuvate elamute olmekütmisest.



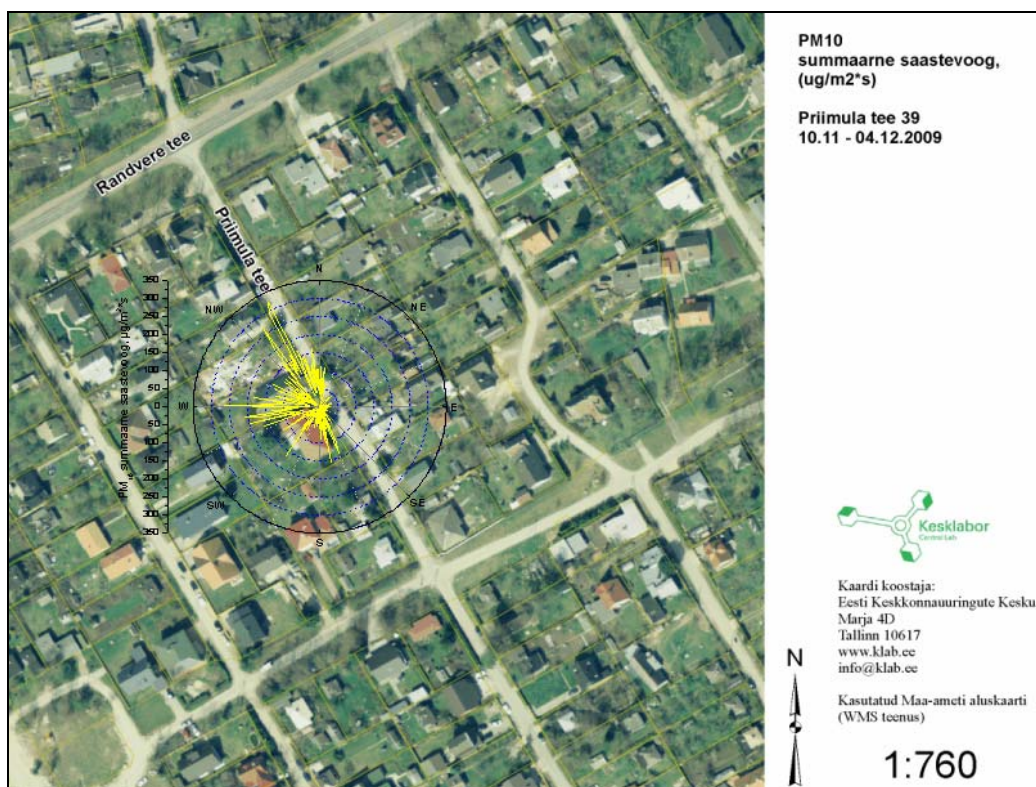
Joonis 49 H₂S summaarne saastevoog, Priimula tee 39



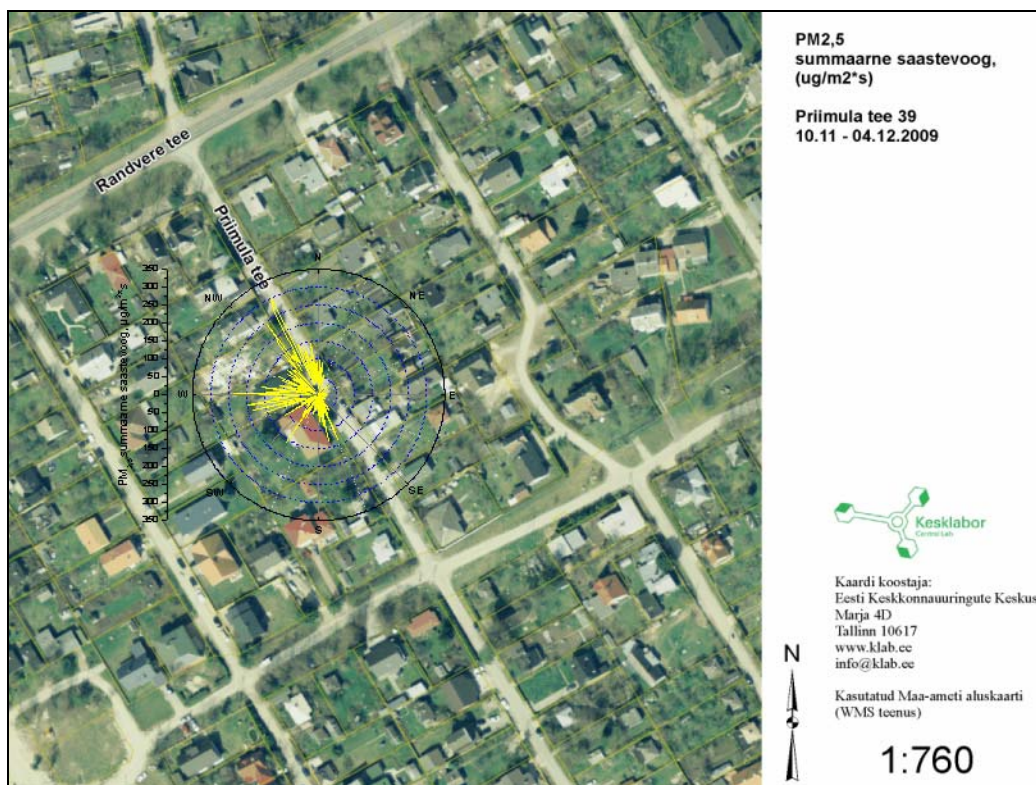
Joonis 50 SO₂ summaarne saastevoog, Priimula tee 39



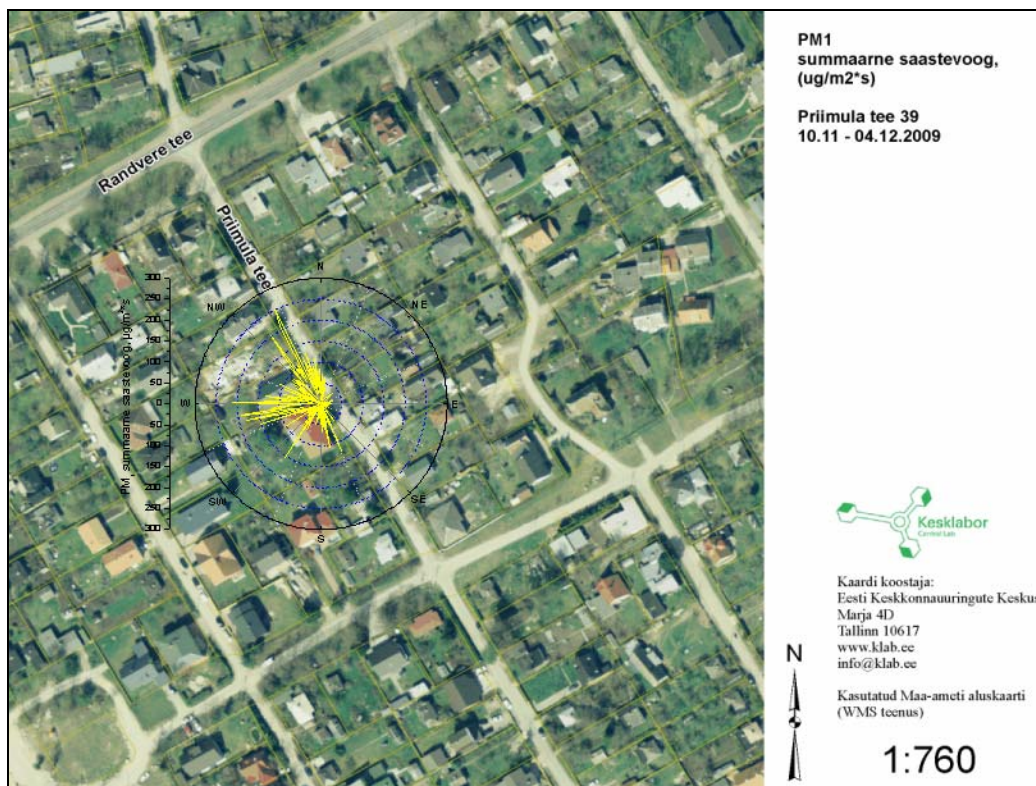
Joonis 51 NO₂ summaarne saastevoog, Priimula tee 39



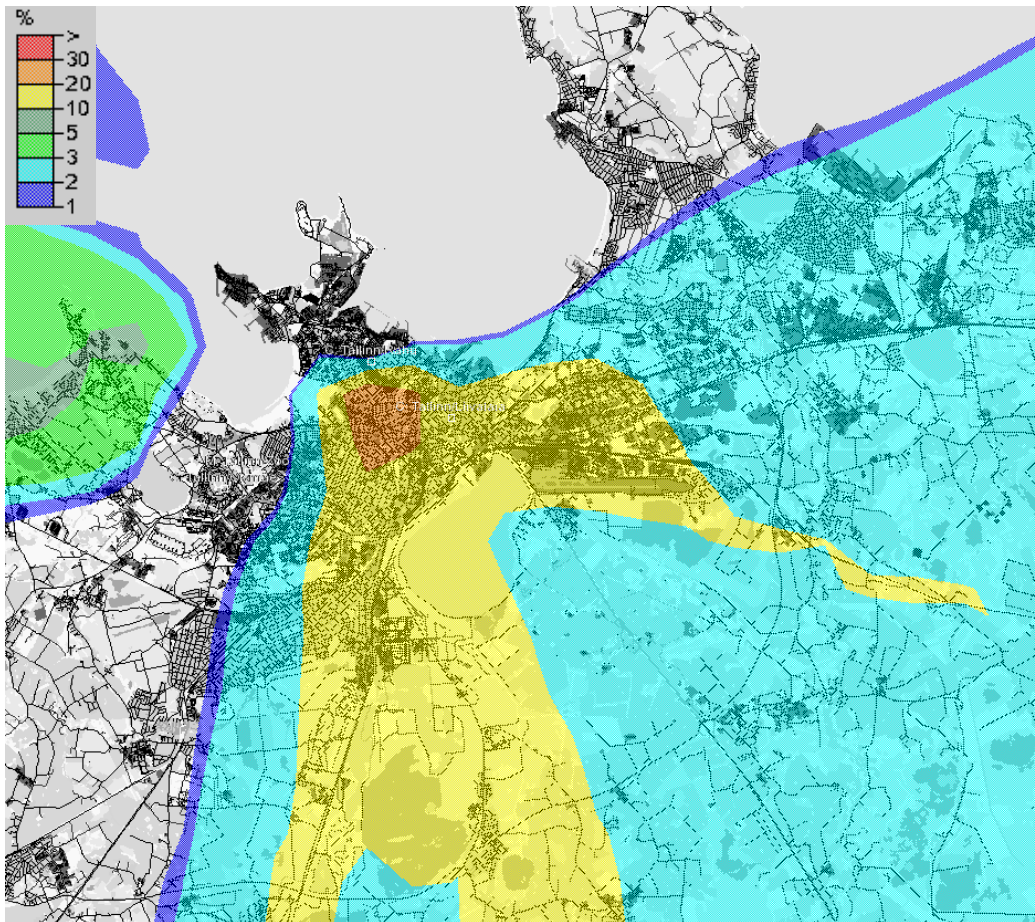
Joonis 52 PM₁₀ summaarne saastevoog, Priimula tee 39



Joonis 53 PM_{2,5} summaarne saastevoog, Priimula tee 39



Joonis 54 PM₁ summaarne saastevoog, Priimula tee 39

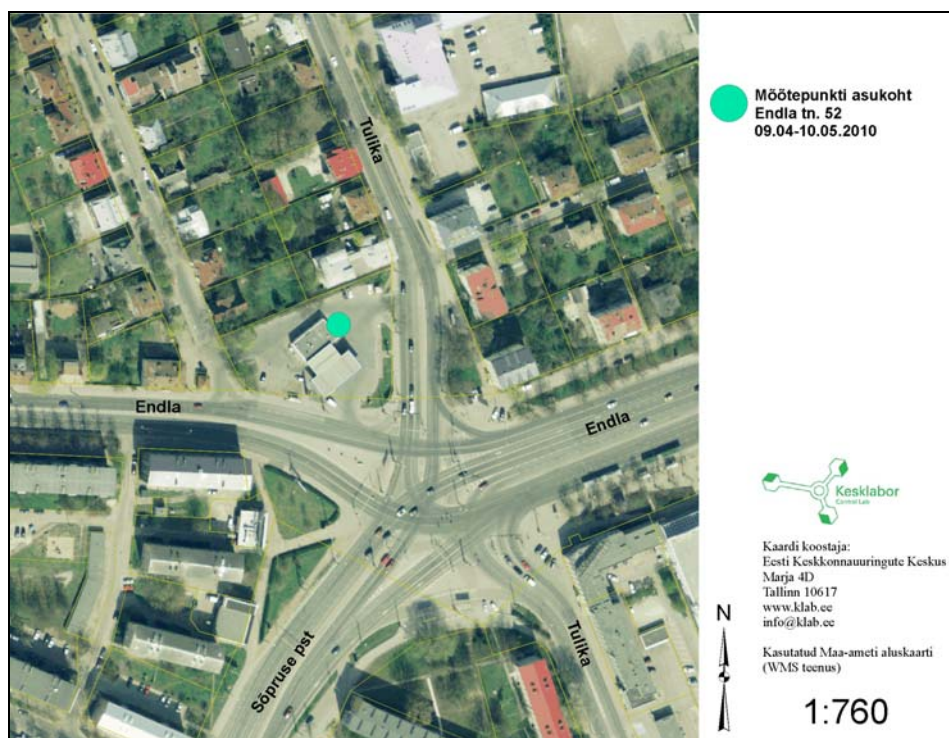


Joonis 55 PM_{10} päritolu tõenäosus riiklike seirejaamade põhjal

6.4. Mõõtepunkt nr 4 - Endla tn 52

Mõõtepunkt koordinaatidega X6588014 ja Y540837 asus ajavahemikus 09.04.2010 – 10.05.2010 Tallinnas Kristiine linnaosas Endla tn 52 Statoil OÜ territooriumil suure koormusega liiklussõlme vahetus läheduses (Joonis 56).

Ööpäevaringselt mõõdeti automaatanalüsaatoritega välisõhu koostises peente osakeste (PM_{10}), alifaatsete süsivesinike, metaani, lämmastikdioksiidi, vääveldioksiidi sisaldust ning meteoroloogilisi parameetreid. Lisaks määrati mõõtepunktis TSP ja PM_{10} ööpäevakeskmisi kontsentratsioone gravimeetriliselt kogudes tolmutproove spetsiaalsetele filtritele. Laboris määrati filtritelt nii TSP kui ka PM_{10} fraktsioonis raskmetallide (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, V), PM_{10} fraktsioonis PAH-ide (polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike), benso(a)püreeni (BaP) ja TOC (üldsüsiniku) sisaldus, lisaks teostati filtritelt levoglukosaani ning katioonide ja anioonide sisalduse mõõtmised.



Joonis 56 Mõõtepunkti asukoht

6.4.1. Meteoroloogilised tingimused

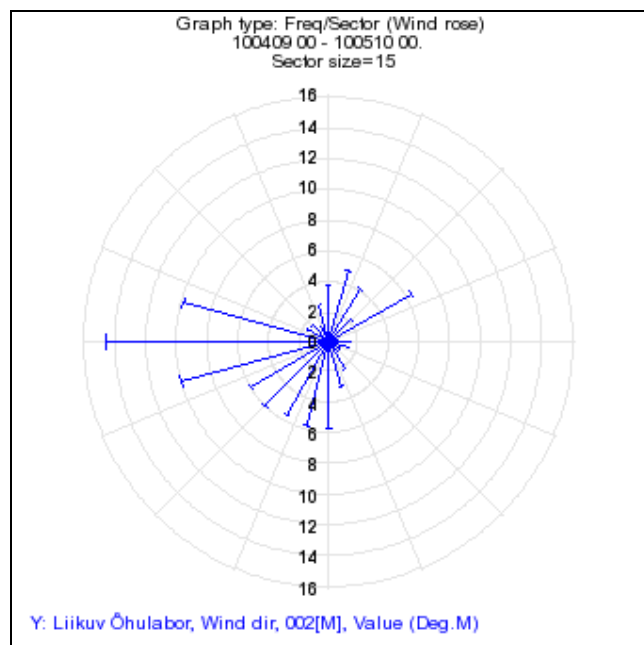
Mõõteperioodi keskmine välisõhu temperatuur oli 7,7 °C, valdavalt puhusid läänetuuled keskmise kiirusega 1,1 m/s. Suhteline õhuniiskus mõõteperioodil oli 70,4 % (Tabel 13, Tabel 14, Joonis 57).

Tabel 13 Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil

Meteoroloogiline parameeter	Keskmine	Maksimum
Tuule kiirus, m/s	1,1	3,6
Välisõhu temperatuur, °C	7,7	19,9
Suhteline õhuniiskus, %	70,4	97,9

Tabel 14 Tuulte esinemissagedus, %

Tuule suund (kraadi)		Esinemissagedus %
Põhi (N)	337.5-22.5 °	10,9
Kirre (NE)	22.5-67.5 °	12,2
Ida (E)	67.5-112.5 °	3,3
Kagu (SE)	112.5-157.5 °	3,7
Lõuna (S)	157.5-202.5 °	14,2
Edel (SW)	202.5-247.5 °	17,2
Lääs (W)	247.5-292.5 °	34,3
Loe (NW)	292.5-337.5 °	4,2



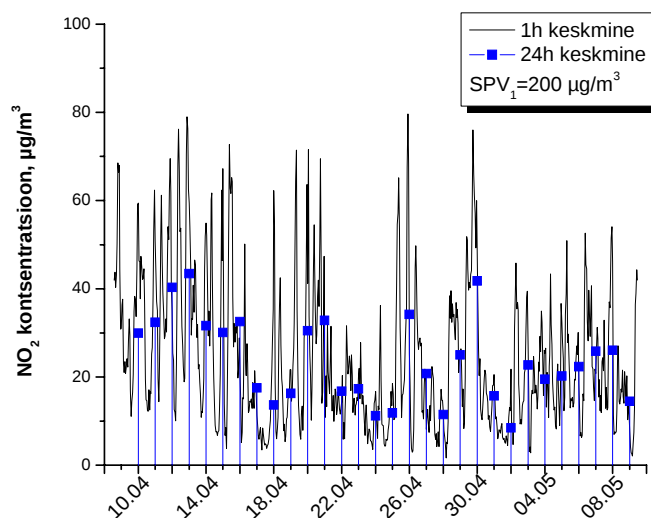
Joonis 57 Tuulterroos, Endla tn 52

6.4.2. Saastetasemed Endla tn 52

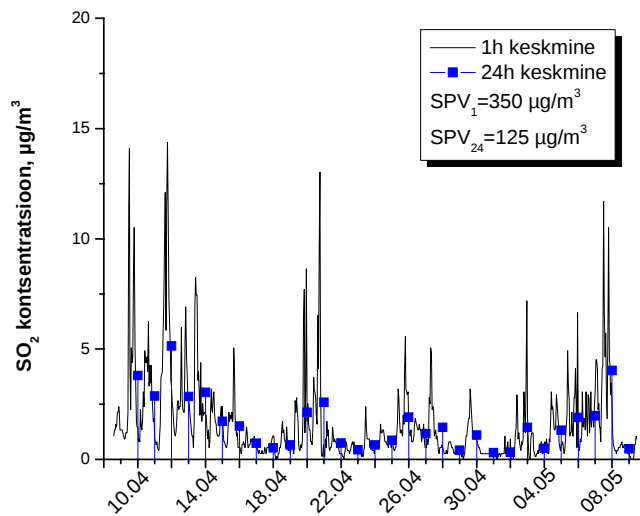
Lämmastikdioksiidile (NO₂) kehtib tunnikeskmine piirväärtus 200 µg/m³, mida kalendriaasta jooksul on lubatud ületada 18. korral ning aastakeskmine piirväärtus 40 µg/m³. Maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 26.04 – 79,65 µg/m³, kuna tuule kiirus jäi mõõtmishetkel väiksemaks kui 0,5 m/s, pole tuule suund määratav, keskmine välisõhu temperatuur oli 10,4 °C. Maksimaalne ööpäevakeskmine

NO₂ kontsentratsioon mõõdeti 13.04 - 43,4 µg/m³. Mõõteperioodi keskmine lämmastikdioksiidi sisaldus oli 24,21 µg/m³. Mõõtmiste ajal ei registreeritud välisõhu koostises ühtegi tunnikeskset piirväärtust ületavat kontsentratsiooni (Joonis 58).

Väaveldioksiidile (SO₂) kehtib tunnikeskmine piirväärtus 350 µg/m³ ja ööpäevakeskmine piirväärtus 125 µg/m³, mida kalendriaasta jooksul on lubatud ületada vastavalt 24 ja 3 korda. Maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon registreeriti 12.04 – 14,36 µg/m³, puhus kirdetuul kiirusega 1 m/s, keskmine välisõhu temperatuur oli 11,7°C. Kõrgeim ööpäevakeskmine kontsentratsioon registreeriti samuti 12.04 – 5,15 µg/m³. Mõõteperioodi keskmine väaveldioksiidi sisaldus oli 1,60 µg/m³. Ühtegi piirväärtust ületavat SO₂ kontsentratsiooni mõõtmiste ajal ei registreeritud (Joonis 59).

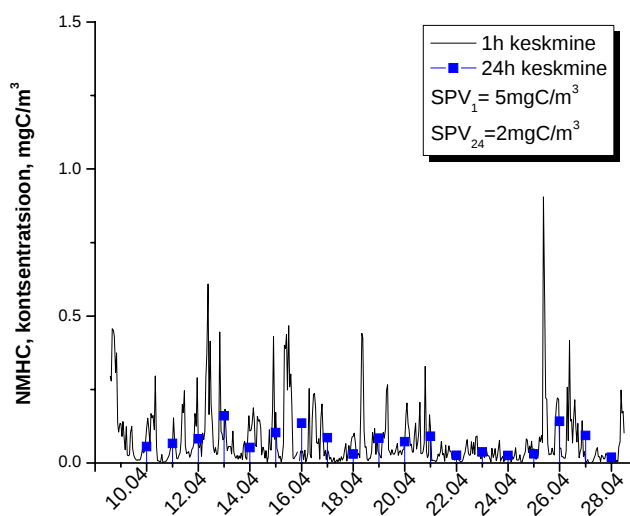


Joonis 58 NO₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52



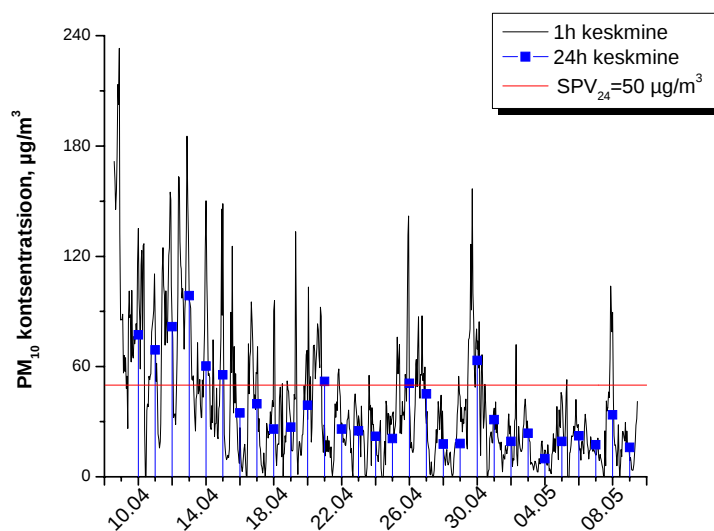
Joonis 59 SO₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52

Alifaatsetele süsivesinikele (NMHC) kehtib tunnikeskmine ja ööpäevakeskmine piirväärtus vastavalt 5 mgC/m³ ja 2 mgC/m³. Mõõteperioodi maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti 26.04 – 0,91 mgC/m³, puhus lõunatuul kiirusega 0,8 m/s, keskmine välisõhu temperatuur oli 9,7°C. Maksimaalne ööpäevakeskmine kontsentratsioon mõõdeti 13.04 – 0,16 mgC/m³. Perioodi keskmine alifaatsete süsivesinike sisaldus oli 0,08 mgC/m³. Mõõteperioodi jooksul ei registreeritud välisõhu koostises ühtegi piirväärtust ületavat alifaatsete süsivesinike kontsentratsiooni (Joonis 60).



Joonis 60 NMHC 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52

Peentele osakestele (PM₁₀) kehtib ööpäevakeskmise piirväärtus 50 µg/m³, mida aasta jooksul on lubatud ületada 7 korda ning aastakeskmise piirväärtus 20 µg/m³. Mõõteperioodi maksimaalne ööpäevakeskmise PM₁₀ kontsentratsioon registreeriti 31.04 – 98,61 µg/m³, kokku mõõdeti 9 piirväärtust ületavat peente osakeste kontsentratsiooni. Mõõteperioodi keskmine PM₁₀ sisaldus oli 39,65 µg/m³ (Joonis 61).



Joonis 61 PM₁₀ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52

Lisaks määrati mõõtepunktis TSP ja PM₁₀ ööpäevakeskmise kontsentratsioone gravimeetriliselt, kogudes tolmuproove spetsiaalsetele filtritele. Mõõteperioodi jooksul koguti mõõtepunktist 15 TSP proovi ja 12 PM₁₀ proovi (Joonis 62, Joonis 65). Laboris määrati filtritelt nii TSP kui ka PM₁₀ fraktsioonis raskmetallide (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, V), PM₁₀ fraktsioonis PAH-ide (polütsükliiliste aroomaatsete süsivesinike), benso(a)püreeni (BaP) ja TOC (üldsüsiniku) sisaldus, lisaks teostati filtritelt levoglukosaani ning katioonide ja anioonide analüüs.

Mõõteperioodi jooksul mõõdeti tolmuproovides üks ööpäevakeskmisest piirväärtusest kõrgem osakeste sisaldus (10.04) ning üks peente osakeste sisaldus (30.04). Raskmetallide analüüsist selgub, et 24h keskmisest piirväärtusest kõrgema osakeste sisalduse juures määrati samalt filtrilt perioodi maksimaalseid sisaldusi ka Cr, Ni, Pb, Zn ja V puhul. Kui analüüsida 10. aprilli meteoroloogilisi parameetreid, selgub et öötundidel puhus tuul kagust keskmiselt kiirusega 0,6 m/s ning pöördus

hommikutundidel kirdesse, puhudes kiirusega 0,9 m/s. Tõenäoliselt on kõrgenenud osakeste ja raskmetallide sisalduse kujunemist mõjutanud kirde tuulte valdavus ja liikluse intensiivistumine päeva teisel poolel.

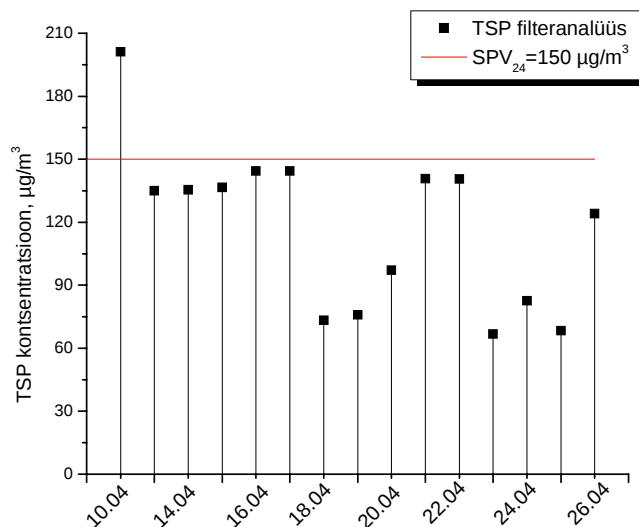
Süsinikusisaldust analüüsiti Endla tänava mõõtepunktis seitsmelt filtrilt. Süsinikusisaldus tolmufiltritel jäi vahemikku 10 – 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 64). Maksimaalne üldsüsiniku sisaldus mõõdeti 21. aprilli ööpäevakeskmiselt filtrilt – 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Raskmetallide ja ionide osas jäid sama mõõtepäeva filtri tulemused mõõteperioodi maksimaalsetest tulemustest madalamaks.

Ka ööpäevakeskmisest piirväärtusest kõrgema peente osakeste sisalduse puhul on ületuspäeval märgatav Cr, Ni, Pb, Zn ja V kõrgenenud sisaldused võrreldes ülejäänud mõõteperioodiga. Valdavalt puhusid 30. aprillil lõunatuuled kiirusega 1,2 m/s. Kui analüüsida antud päeva PM_{10} tunnikeskmiseid kontsentratsioone, on näha et PM_{10} sisaldused kõrgenesid ajavahemikus 12:00-17:00, järelikult on tõenäoline, et antud päeva välisõhu kvaliteedi kujunemist mõjutasid mõõtepunktini lõunatuultega kandunud saasteained. Sama mõõtepäeva peente osakeste filtrilt analüüsiti lisaks raskmetallide maksimaalsetele tasemetele ka katioonide ja anioonide kõrgemaid sisaldusi võrreldes ülejäänud mõõteperioodi tulemustega (Tabel 18).

Üldiselt on metallide sisaldused tolmuproovides kõrgemad mõõteperioodi esimesel poolel (10.04-26.04), kui koguti üldtolmuproove. Suurimad erinevused on märgatavad Cr, Ni, Pb, Zn ja V sisalduste osas, ülejäänud raskmetallide As, Cd ja Cu puhul jäid kontsentratsioonid mõõteperioodi jooksul nii osakeste kui ka peente osakeste fraktsioonis üsnagi samasse suurusjärku. Kuna Cr, Ni, Pb ja Zn pärinevad liikluskeskkonnas enamasti heitgaasidest, teekatte ning sõiduki ja selle osade kulumisest, ning arvestades, et mõõtepunkt asus intensiivse liiklusega ristmiku vahetus läheduses, kus saasteained jõudsid mõõtebussini valdavalt ristmikult või sellega ühenduses olevatelt teedelt, on tõenäoline, et mõõdetud välisõhu saastetasemed pärinevad sealse piirkonna transporttegevusest.

PAH-e ja benzo(a)püreeni määрати ajavahemikus 10.04-26.04.2010 TSP fraktsioonis ning 29.04-09.05.2010 PM_{10} fraktsioonis (Joonis 67). Maksimaalne mõõteperioodi PAH sisaldus TSP fraktsioonis määрати 24. aprilli tolmufiltrilt – 14,3 ng/m^3 ning

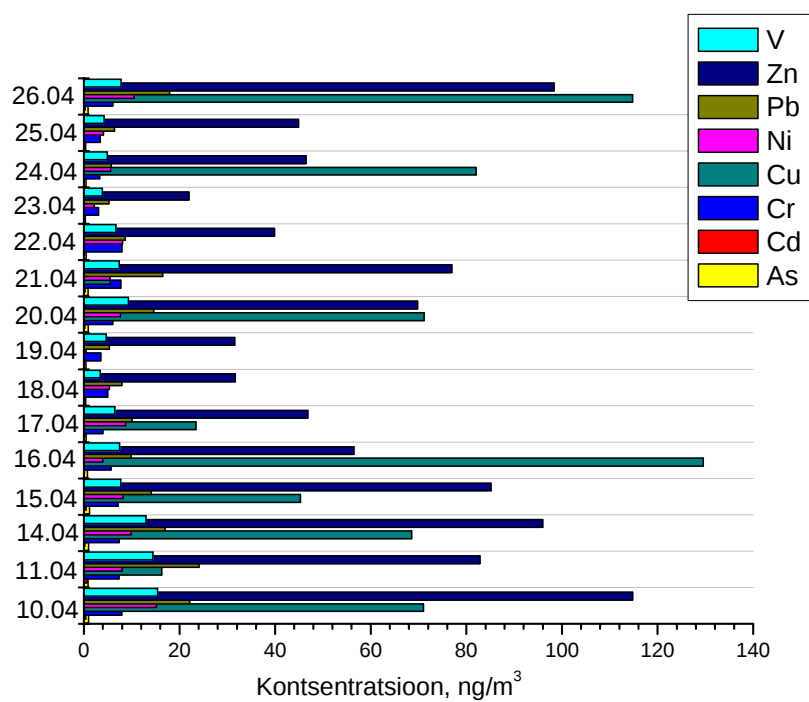
benso(a) püreei sisaldus 10. aprilli osakeste filtrilt – 1,1 ng/m³. Perioodi keskmine polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike sisaldus osakeste fraktsioonis oli 9,2 ng/m³ ning benso(a)püreei sisaldus 0,6 ng/m³. Peentolmu fraktsioonis mõõdeti maksimaalne PAH sisaldus 5. mai tolmufiltrilt – 5,1 ng/m³ ning benso(a)püreei sisaldus samuti 5. mail – 0,38 ng/m³. Perioodi keskmine PAH kontsentratsioon peente osakeste fraktsioonis oli 4,0 ng/m³ ja benso(a)püreei sisaldus 0,3 ng/m³.



Joonis 62 TSP 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52

Tabel 15 Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m³

Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m ³								
Kuupäev	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	V
10.04.2010	0.97	0.38	7.92	71.05	15.17	22.13	114.77	15.44
11.04.2010	0.87	0.69	7.33	16.30	8.01	24.04	82.85	14.40
14.04.2010	1.01	0.21	7.40	68.55	9.87	17.00	95.97	13.02
15.04.2010	1.18	0.43	7.14	45.30	8.24	14.14	85.12	7.69
16.04.2010	0.76	0.12	5.65	129.53	4.00	9.92	56.50	7.44
17.04.2010	0.47	0.19	4.00	23.43	8.68	10.06	46.86	6.48
18.04.2010	0.40	0.11	4.95		5.37	7.98	31.65	3.44
19.04.2010	0.45	0.12	3.57		0.41	5.35	31.55	4.66
20.04.2010	0.92	0.19	6.02	71.13	7.66	14.64	69.76	9.30
21.04.2010	0.89	0.25	7.70	5.50	5.50	16.49	76.95	7.42
22.04.2010	0.51	0.21	7.97		8.10	8.65	39.84	6.73
23.04.2010	0.34	0.14	3.02		2.19	5.21	21.94	3.84
24.04.2010	0.46	0.12	3.28	82.01	5.60	5.74	46.47	4.92
25.04.2010	0.39	0.20	3.40		4.08	6.40	44.93	4.22
26.04.2010	0.87	0.23	6.01	114.75	10.52	17.90	98.36	7.79
Keskmine	0,7	0,24	5,7	62,8	6,9	12,4	62,9	7,8

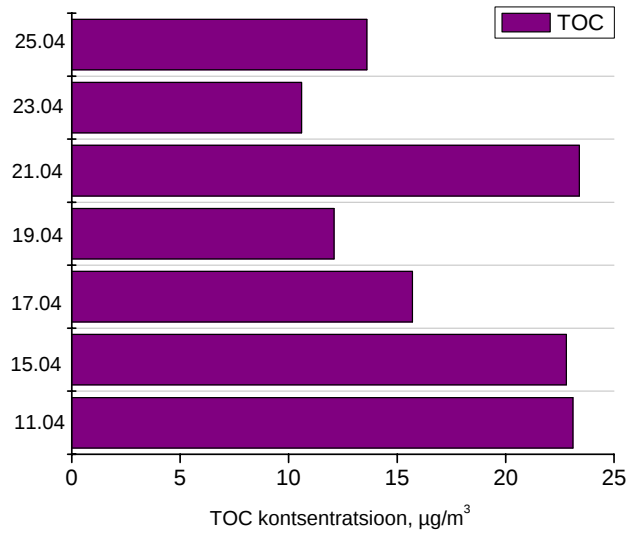


Joonis 63 Raskmetallide sisaldus TSP fraktsioonis, ng/m³

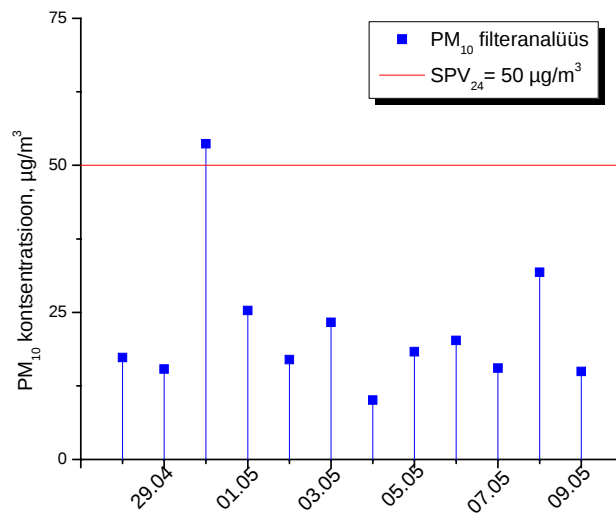
Tabel 16 Katioonide ja anioonide sisaldus mõõteperioodil

ioonide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ug/m ³						
Kuupäev	Na	Ca	Mg	Cl*	SO4*	NH4
11.04.2010	0.373	0.147	0.080	0.262	1.058	0.001
15.04.2010	0.332	0.097	0.018	0.205	0.328	0.001
17.04.2010	0.322	0.086	0.018	0.251	0.422	0.001
19.04.2010	0.331	0.094	0.021	0.392	0.392	0.001
21.04.2010	0.309	0.095	0.018	0.190	0.514	0.001
23.04.2010	0.286	0.093	0.017	0.104	0.741	0.001
25.04.2010	0.295	0.081	0.017	0.455	2.290	0.001
Keskmine	0,32	0,10	0,03	0,27	0,82	0,001

*µg/m³



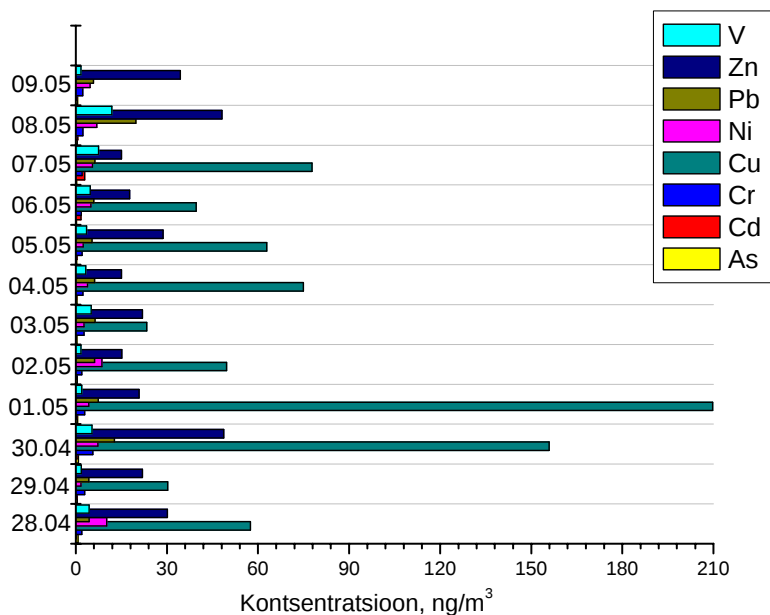
Joonis 64 TOC sisaldus TSP fraktsioonis



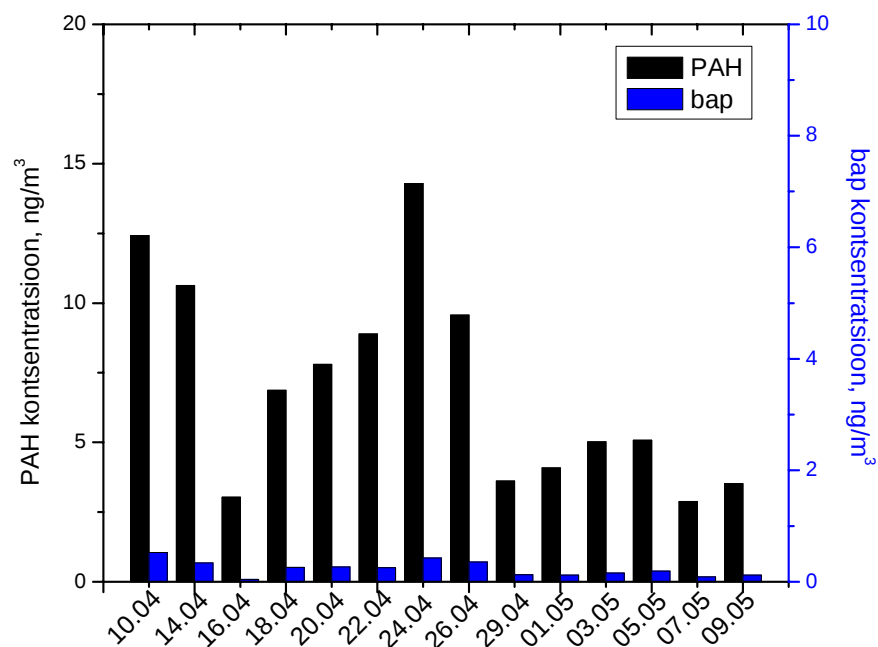
Joonis 65 PM₁₀ 24h keskmised kontsentratsioonid, Endla tn 52

Tabel 17 Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil PM10 fraktsioonis, ng/m³

Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil PM ₁₀ fraktsioonis, ng/m ³								
Kuupäev	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	V
28.04.2010	0.73	0.11	1.92	57.49	10.13	4.38	30.11	4.38
29.04.2010	0.43	0.19	2.88	30.19	1.65	4.25	21.96	1.78
30.04.2010	0.83	0.35	5.57	155.86	7.24	12.66	48.71	5.29
1.05.2010	0.54	0.14	2.92	209.69	4.30	7.36	20.83	1.94
2.05.2010	0.45	0.11	1.93	49.59	8.54	6.20	15.15	1.65
3.05.2010	0.34	0.12	2.74	23.32	2.74	6.31	21.94	5.07
4.05.2010	0.34	0.18	2.32	74.95	3.82	6.13	14.99	3.27
5.05.2010	0.31	0.33	2.05	62.92	2.46	5.33	28.72	3.56
6.05.2010	0.23	1.64	1.78	39.62	4.92	5.87	17.76	4.78
7.05.2010	0.27	2.87	2.05	77.77	5.46	6.28	15.01	7.50
8.05.2010	0.50	0.67	2.34		6.88	19.80	48.14	11.83
9.05.2010	0.54	0.21	2.20		4.68	5.78	34.43	1.65
Keskmine	0,46	0,58	2,6	78,1	5,2	7,5	26,5	4,4



Joonis 66 Raskmetallide sisaldus PM₁₀ fraktsioonis, ng/m³



Joonis 67 PAH ja BaP kontsentratsioon, ng/m³

Tabel 18 Katioonide ja anioonide sisaldus mõõteperioodil
ioonide sisaldus mõõteperioodil PM₁₀ fraktsioonis, ug/m³

Kuupäev	Na	Ca	Mg	Cl*	SO4*	NH4
28.04.2010	0.319	0.066	0.019	0.758	1.856	0.001
30.04.2010	0.417	0.108	0.028	0.708	4.645	0.027
2.05.2010	0.321	0.072	0.020	0.745	1.938	0.001
4.05.2010	0.307	0.056	0.016	0.290	1.849	0.001
6.05.2010	0.307	0.077	0.020	0.260	1.359	0.001
8.05.2010	0.378	0.093	0.023	0.722	4.734	0.001
Keskmine	0,34	0,08	0,02	0,58	2,7	0,005

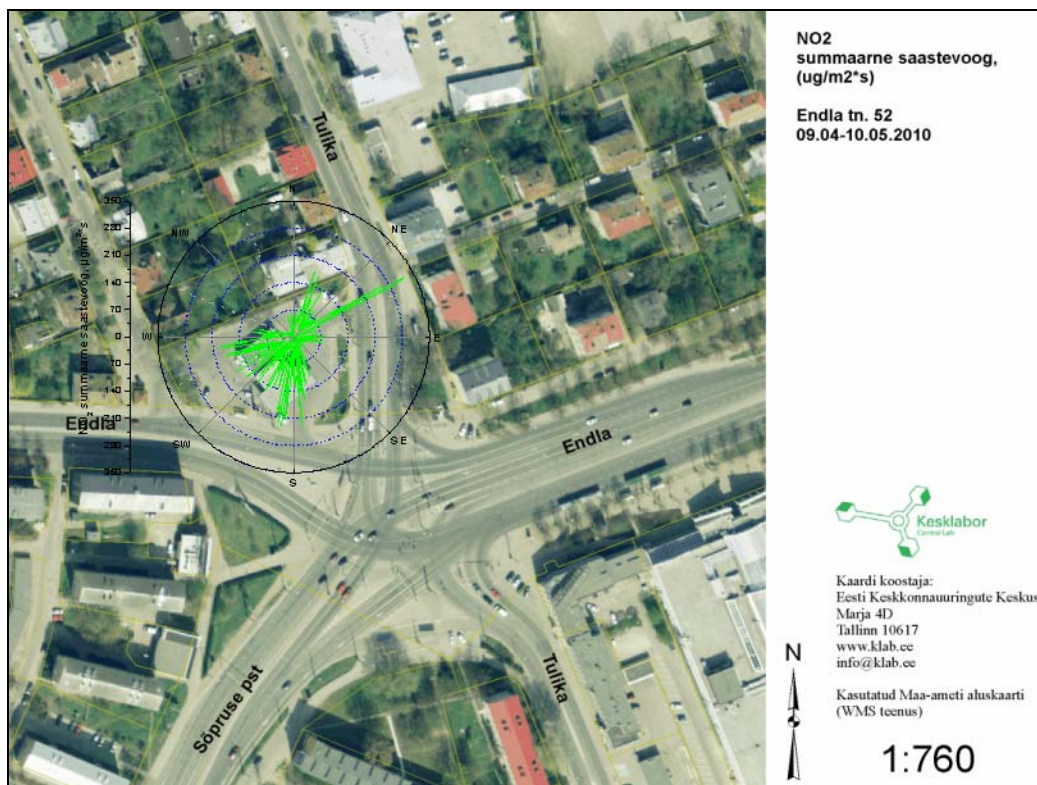
*µg/m³

6.4.3. Summaarsed saastevood mõõtepunktis

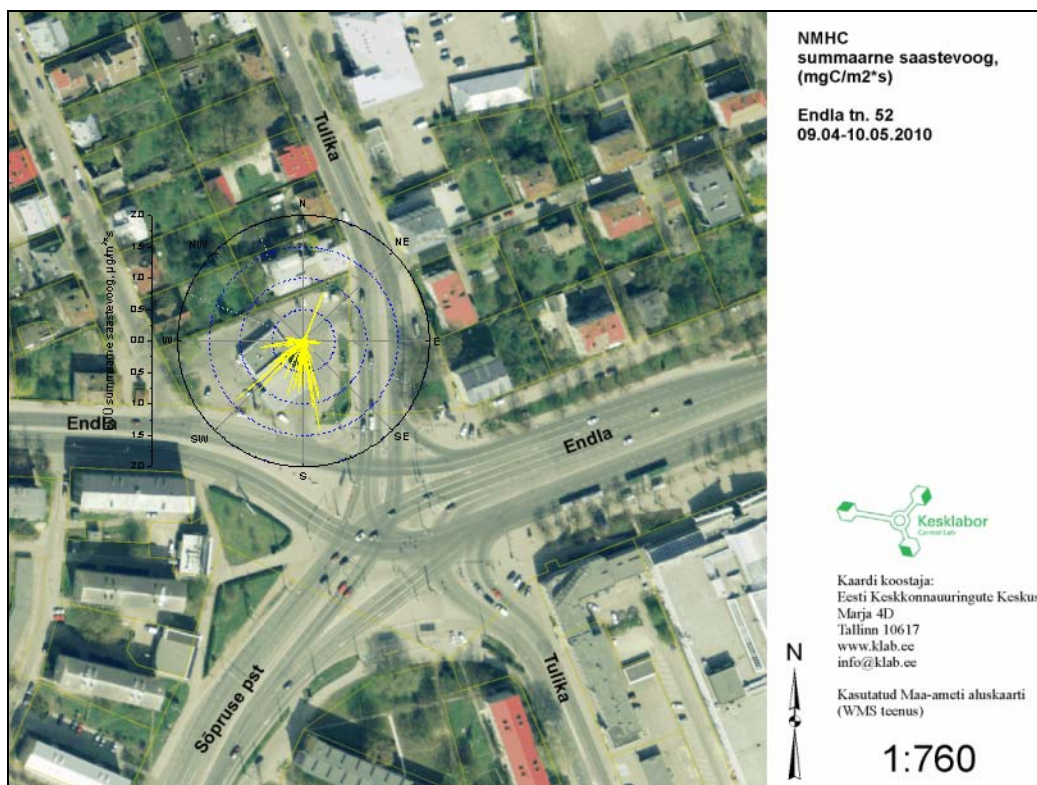
Summaarse saastevoo graafikutelt selgub, et mõõteperioodil kandus SO₂ puhul enim saastet mõõtepunktini kirde suunast. Ülejäänud saasteainete NO₂, NMHC ja PM₁₀ puhul on eristatav lisaks kirdele ka lõuna ja edelakaared, mis viitavad otseselt liikluse osakaalule saastetasemete kujunemisele antud piirkonnas.



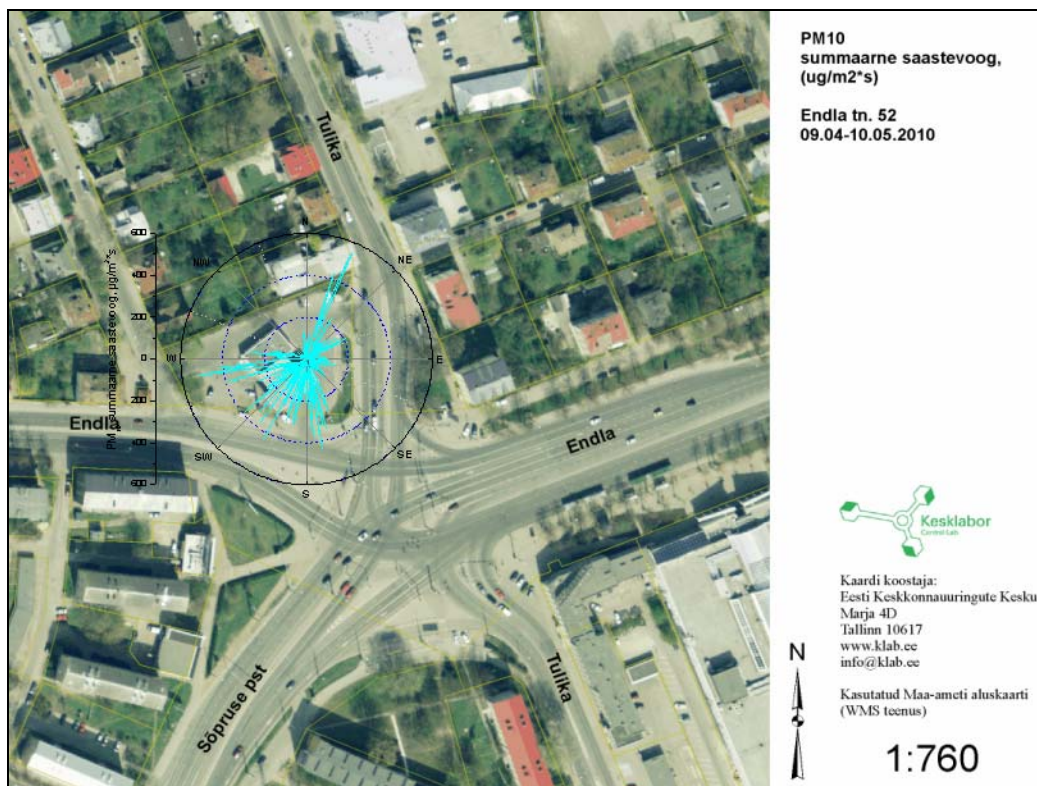
Joonis 68 SO₂ summaarne saastevoog, Endla tn 52



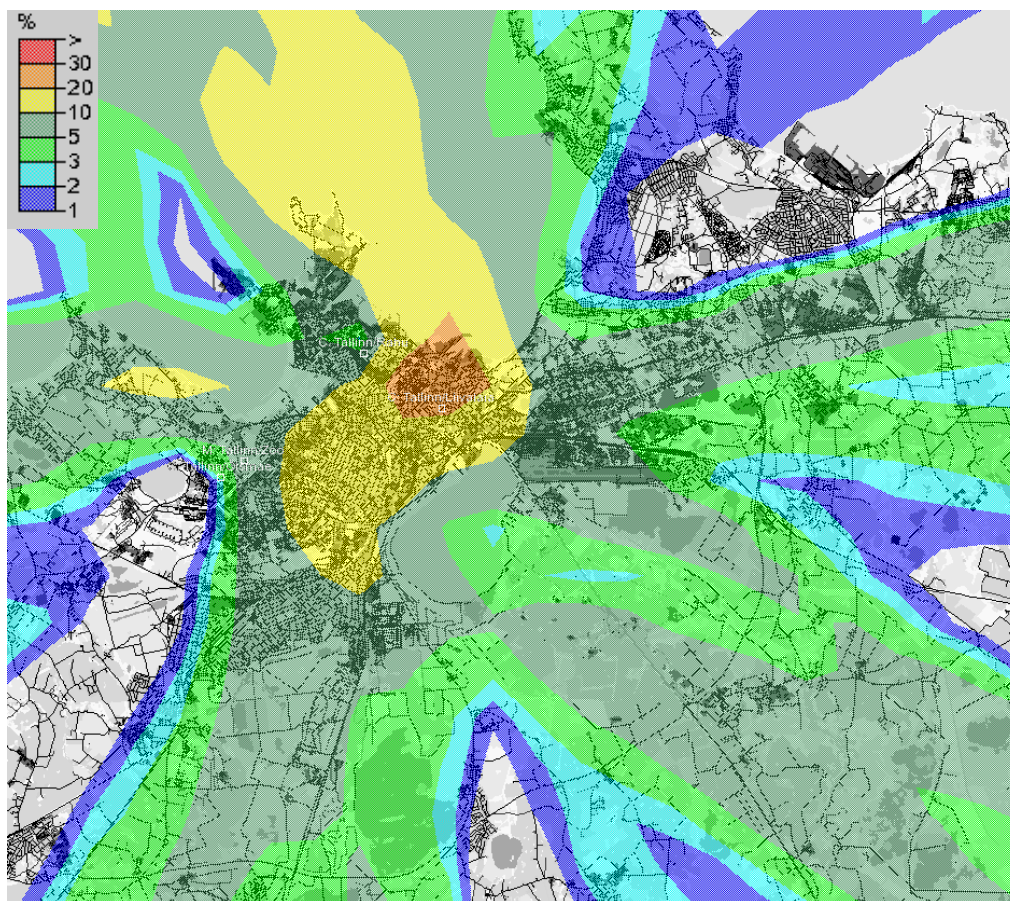
Joonis 69 NO₂ summaarne saastevoog, Endla tn 52



Joonis 70 NMHC summaarne saastevoog, Endla tn 52



Joonis 71 PM₁₀ summaarne saastevoog, Endla tn 52



Joonis 72 PM₁₀ päritolu tõenäosus riiklike seirejaamade põhjal

6.5. Mõõtepunkt nr 5 – Liiva tn 37

Mõõtepunkt koordinaatidega X6583224 ja Y539568 asus ajavahemikus 03.30.2010 – 10.05.2010 Tallinnas Nõmme linnaosa elamurajoonis Liiva tn 37 (Joonis 73). Mõõtepunktist linnulennult u 230m kaugusele jääb Pärnu maantee ning 280m kaugusele raudtee. Ööpäevaringselt mõõdeti automaatanalüsaatoritega välisõhu koostises tolmu fraktsioonide (PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁), alifaatsete süsivesinike, lämmastikdioksiidi, vääveldioksiidi, süsinikmonooksiidi ja osooni sisaldust ning meteoroloogilisi parameetreid. Lisaks määrati mõõtepunktis TSP ja PM₁₀ ööpäevakeskmisi kontsentratsioone gravimeetriliselt kogudes tolmutproove spetsiaalsetele filtritele. Laboris määrati filtritelt raskmetallide (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, V), PAH-ide (polütsükliiliste aromaatsete süsivesinike), benzo(a)püreeni (BaP), TOC (üldsüsiniku), levoglukosaani ning katioonide ja anioonide sisaldus.



Joonis 73 Mõõtepunkti asukoht

6.5.1. Meteoroloogilised tingimused

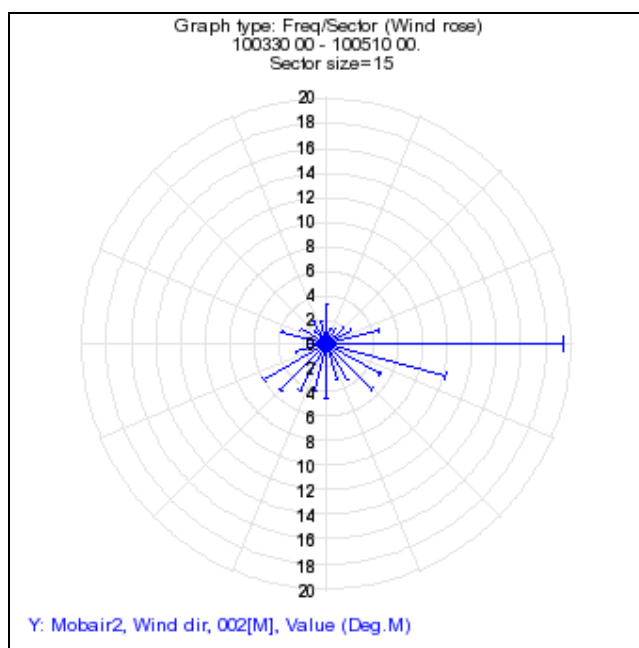
Mõõteperioodi keskmine välisõhu temperatuur oli 5,4 °C, valdavalt puhusid idatuuled keskmise kiirusega 0,7 m/s. Suhteline õhuniiskus mõõteperioodil oli 73,4 % (Tabel 19, Tabel 20, Joonis 74).

Tabel 19 Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil

Meteoroloogiline parameeter	Keskmine	Maksimum
Tuule kiirus, m/s	0,7	2,0
Välisõhu temperatuur, °C	5,4	18,0
Suhteline õhuniiskus, %	73,4	94,7

Tabel 20 Tuulte esinemissagedus, %

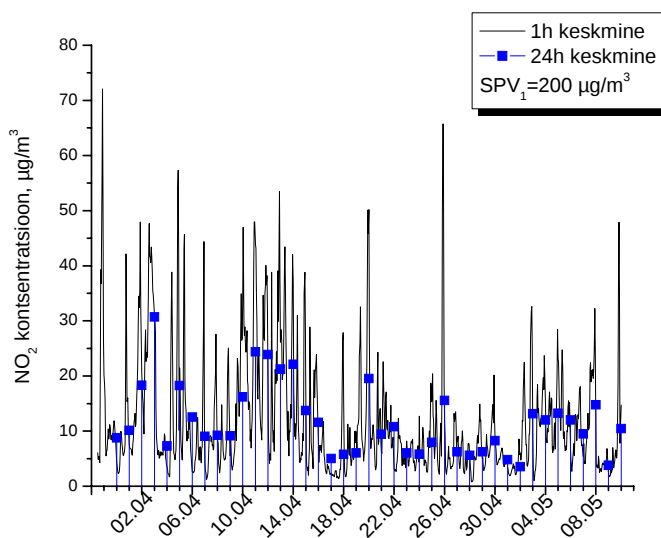
Tuule suund (kraadi)		Esinemissagedus %
Põhi (N)	337.5-22.5 °	6,3
Kirre (NE)	22.5-67.5 °	5,5
Ida (E)	67.5-112.5 °	33,6
Kagu (SE)	112.5-157.5 °	13,5
Lõuna (S)	157.5-202.5 °	11,4
Edel (SW)	202.5-247.5 °	15,6
Lääs (W)	247.5-292.5 °	8,0
Loe (NW)	292.5-337.5 °	6,0



Joonis 74 Tuulteroos, Liiva tn 37

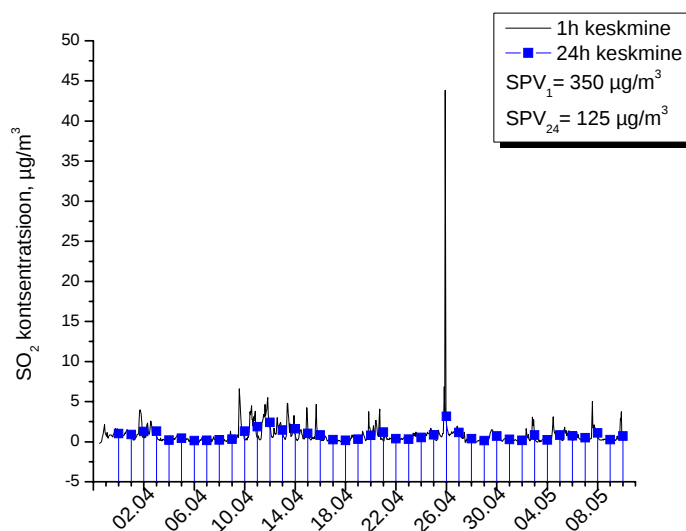
6.5.2. Saastetasemed Liiva tn 37

Lämmastikdioksiidile (NO₂) kehtib tunnikeskmine piirväärtus 200 µg/m³, mida kalendriaasta jooksul on lubatud ületada 18. korral ning aastakeskmine piirväärtus 40 µg/m³. Maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon mõõdeti mõõtejaama paigaldamise päeval 30.märtsil – 72,1 µg/m³, kuna tuule kiirus jäi väiksemaks kui 0,5 m/s, pole tuule suund määratav, keskmine välisõhu temperatuur oli 0,6 °C. Teine, väärtuselt kõrgeim NO₂ kontsentratsioon mõõdeti 26.04 – 65,72 µg/m³, kuid jällegi jäi tuule kiirus väiksemaks kui 0,5 m/s, mistõttu pole tuule suunda võimalik täpselt määrata. Mõõteperioodi keskmine lämmastikdioksiidi sisaldus oli 11,96 µg/m³. Ühtegi piirväärtust ületavat NO₂ sisaldust välisõhu koostises mõõtmiste ajal ei registreeritud (Joonis 75).



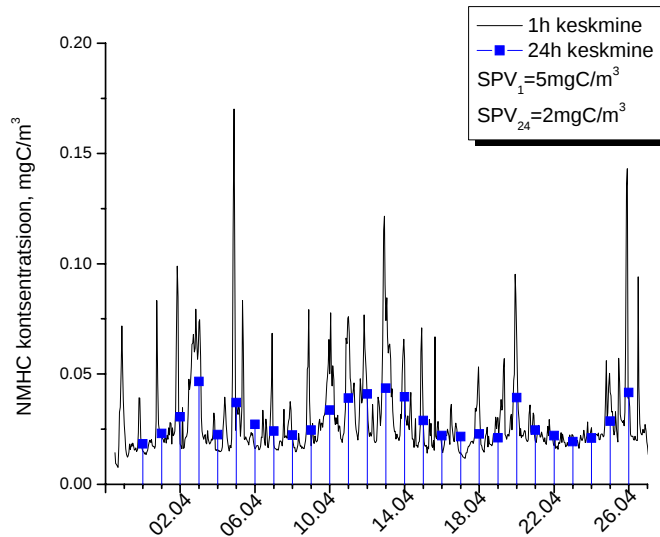
Joonis 75 NO₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37

Vääveldioksiidile (SO₂) kehtib tunnikeskmine piirväärtus 350 µg/m³ ja ööpäevakeskmise piirväärtus 125 µg/m³, mida kalendriaasta jooksul on lubatud ületada vastavalt 24 ja 3 korda. Maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon registreeriti 26.04 – 43,84 µg/m³, kuna tuule kiirus jäi väiksemaks kui 0,5 m/s, ei ole tuule suund üheselt määratav, keskmine välisõhu temperatuur oli 7 °C. Maksimaalne ööpäevakeskmise SO₂ kontsentratsioon mõõdeti samuti 26.04 – 3,16 µg/m³. Mõõteperioodi keskmine SO₂ sisaldus oli 0,79 µg/m³. Vääveldioksiidi saastetasemed jäid mõõteperioodi jooksul kehtestatud piirväärtustest oluliselt madalamaks (Joonis 76).



Joonis 76 SO₂ 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37

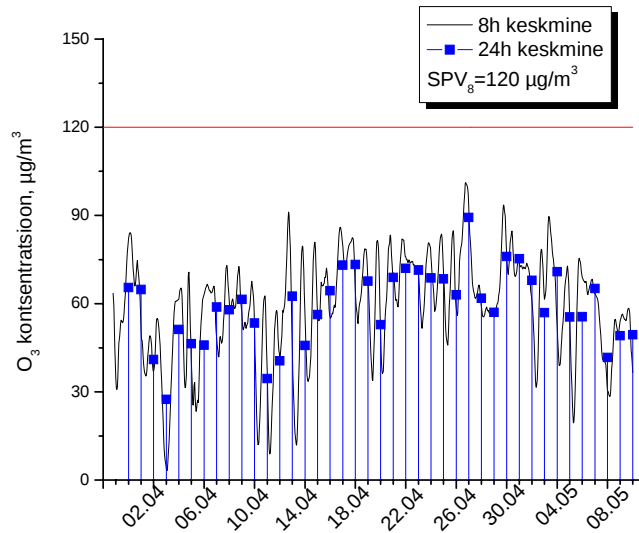
Alifaatsetele süsivesinikele (NMHC) kehtib tunnikeskmine ja ööpäevakeskmise piirväärtus vastavalt 5 mgC/m³ ja 2 mgC/m³. Maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon registreeriti 05.04 – 0,17 mgC/m³, kuna tuule kiirus jäi väiksemaks kui 0,5 m/s, ei ole tuule suund määratav, keskmine välisõhu temperatuur oli 8,1 °C. Maksimaalne ööpäevakeskmise kontsentratsioon mõõdeti 03.04 – 0,05 mgC/m³. Mõõteperioodi keskmine alifaatsete süsivesinike sisaldus oli 0,03 mgC/m³. Alifaatsete süsivesinike saastetasemed jäid mõõteperioodi jooksul vastavatest piirväärtustest oluliselt madalamaks (Joonis 77).



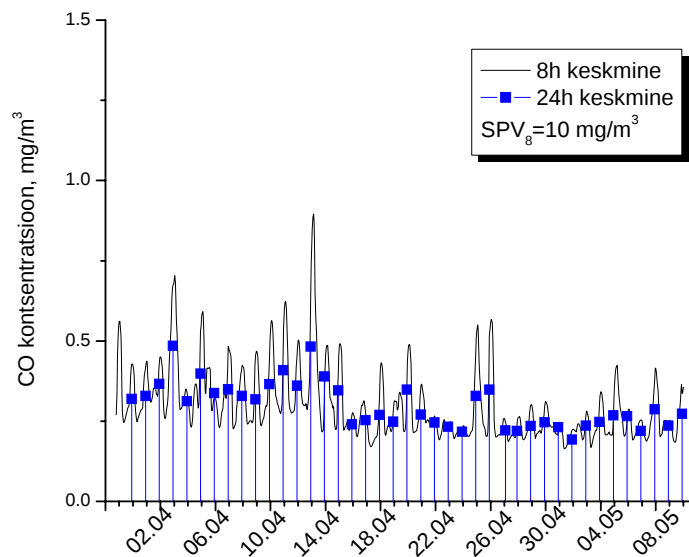
Joonis 77 NMHC 1h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37

Osooni (O₃) sihtväärtusena kehtib 8 tunni libisev keskmine 120 µg/m³, kus üheks ületamiseks loetakse antud päeva maksimaalset sihtväärtust ületavat kontsentratsiooni. Mõõteperioodi maksimaalne 8h libisev keskmine mõõdeti 27. aprilli õhtupoolikul – 101,2 µg/m³, puhus lõuna tuul kiirusega 0,8 m/s, keskmine välisõhu temperatuur oli 13,5 °C. Kõrgeim ööpäevakeskmine osooni kontsentratsioon mõõdeti 27.04 – 89,3 µg/m³. Mõõteperioodi keskmine O₃ sisaldus oli 59,1 µg/m³. Osooni saastetasemed jäid mõõteperioodi vältel kehtestatud sihtväärtusest madalamaks (Joonis 78).

Süsinikmonoksiidile (CO) kehtib piirväärtusena 8 tunni libisev keskmine 10 mg/m³. Mõõteperioodi maksimaalne 8h libisev keskmine registreeriti 14. aprilli öösel – 0,89 mg/m³, kuna meteoandmete põhjal valitses tuulevaikus, ei ole tuule suunda võimalik määrata, keskmine välisõhu temperatuur oli 2,2 °C. Kõrgeim ööpäevakeskmine CO sisaldus registreeriti 03.04 – 0,49 mg/m³. Mõõteperioodi keskmine süsinikmonoksiidi sisaldus välisõhu koostises oli 0,3 mg/m³. Ühtegi piirväärtust ületavat kontsentratsiooni mõõtmeperioodi jooksul ei registreeritud (Joonis 79).



Joonis 78 O₃ 8h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37

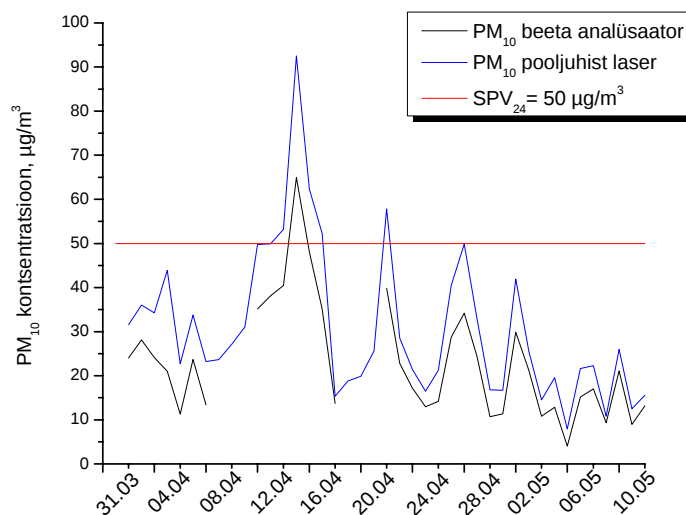


Joonis 79 CO 8h ja 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37

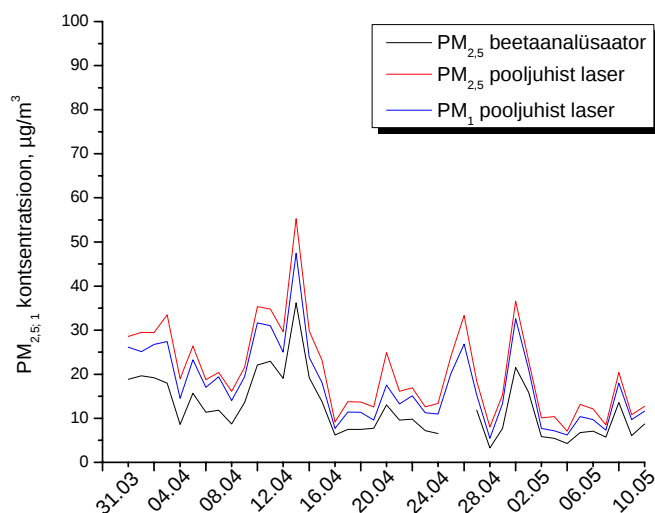
Peentele osakestele (PM₁₀) kehtib ööpäevakeskmise piirväärtus 50 µg/m³, mida kalendriaasta jooksul on lubatud ületada 7 korda ning aastakeskmise piirväärtus 20 µg/m³. Maksimalne ööpäevakeskmise kontsentratsioon nii beetaanalüsaatoriga kui ka laseranalüsaatoriga mõõdeti 13.04 – vastavalt 64, 96 µg/m³ ja 92,53 µg/m³, mõõteperioodil kokku näitas beetaanalüsaator ühte piirväärtuse ületamist, laseranalüsaator registreeris piirnormist kõrgemaid peente osakeste kontsentratsioone

viiel korral. Mõõteperioodi keskmine peente osakeste tase oli vastavalt $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 80).

Eriti peentele osakestele ($\text{PM}_{2,5}$) ametlikku piirväärtust ei ole kehtestatud, küll aga kehtib aastakeskmine sihtväärtus $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksimaalne ööpäevakeskmine kontsentratsioon mõõdeti mõlema seadme puhul sarnaselt peentolmule 13.04 – vastavalt $36,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $22,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ning mõõteperioodi keskmine ülipeentolmu sisaldus oli vastavalt $12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $20,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 81).

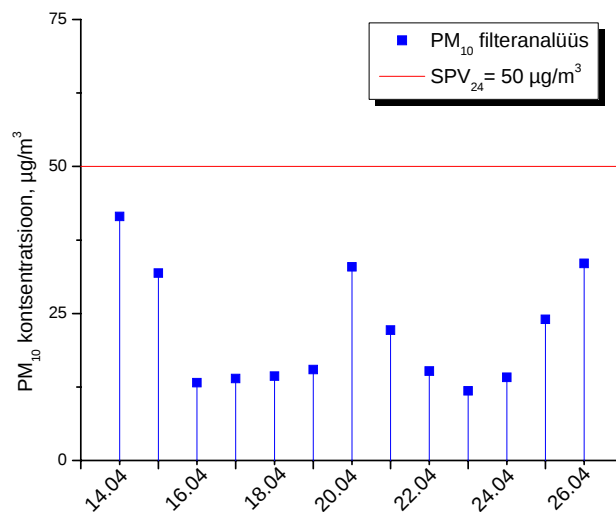


Joonis 80 PM_{10} 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37



Joonis 81 $\text{PM}_{2,5}$ ja PM_1 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37

Lisaks määrati mõõtepunktis osakeste (TSP) ja peente osakeste (PM₁₀) ööpäevakeskmisi kontsentratsioone gravimeetriliselt, kogudes tolmuproove spetsiaalsetele filtritele. Mõõteperioodi jooksul koguti mõõtepunktist 13 osakeste ja peente osakeste proovi. Laboris määratakse filtritelt raskmetallide (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, V), PAH-ide (polütsükliliste aromaatsete süsivesinike), benzo(a)püreeni (BaP), TOC (üldsüsiniku), levoglukosaani ning kationide ja anioonide sisaldus.



Joonis 82 PM₁₀ 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37

Mõõteperioodi jooksul jäid gravimeetrilise analüüsi põhjal osakeste ja peente osakeste ööpäevakeskmised kontsentratsioonid kehtivatest piirväärtustest madalamaks.

Raskmetallide sisaldust määrati mõõteperioodi esimesel poolel (14.04 – 26.04) PM₁₀ fraktsioonis ning teisel poolel TSP filtritelt. Võrreldes raskmetallide sisaldusi mõõteperioodi vältel, on näha, et maksimaalseid Ni, Zn ja V sisaldusi esines enim mõõteperioodi esimesel poolel, kui koguti peente osakeste proove, ülejäänud metallide As, Cd, Cr, Cu ja Pb puhul märkimisväärsed kontsentratsioonide kõikumisi tolmuproovide vahel ei täheldatud. Kuna mõõteperioodil puhusid tuuled valdavalt ida suunast keskmiselt 0,7 m/s, kujunesid ka antud piirkonna saastetasemed, sh tolmu- ja saasteainete ning sellega seoses raskmetallide sisaldus, mõõtepunktist ida suunas paiknevate saasteallikate mõjutusel, samas arvestades, et keskmine tuule kiirus jäi mõõtmiste ajal küllaltki madalaks, on tõenäoline, et saasteained ei kandunud mõõtepunktini kaugemal asuvatest saasteallikatest, vaid pärinesid pigem mõõtepunkti vahetust lähedusest.

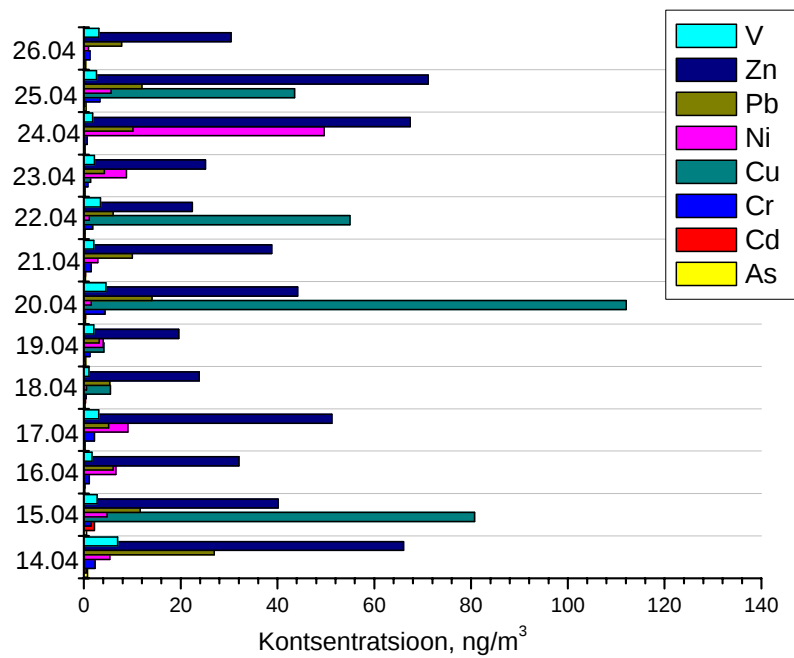
Süsinikusisaldust mõõdeti ajavahemikus 15.04 – 25.04 peente osakeste filtritelt. Maksimaalne üldsüsiniku sisaldus määrati 15. aprilli tolmufiltrilt – $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 84). mõõteperioodi keskmine süsinikusisaldus peente osakeste filtritel oli $11,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sama mõõtepäeva filtrilt määrati ka kõrgeim kaadmiumi sisaldus – $2,16 \text{ ng}/\text{m}^3$, ülejäänud raskmetallide osas märkimisväärsed kõrgenemisi ei olnud sel päeval märgata.

PAH-ide ja benso(a)püreeni sisaldust määrati ajavahemikus 14.04 – 26.04 peente osakeste fraktsioonis ja perioodil 28.04 – 09.05 osakeste fraktsioonis (Joonis 87). Mõõteperioodi maksimaalne PAH sisaldus määrati 26. aprilli peente osakeste filtrilt – $39,4 \text{ ng}/\text{m}^3$, ka maksimaalne benso(a) püreeni sisaldus määrati sama päeva filtrilt – $4 \text{ ng}/\text{m}^3$. Perioodi keskmine PAH kontsentratsioon peente osakeste fraktsioonis oli $16,8 \text{ ng}/\text{m}^3$ ja benso(a)püreeni sisaldus $1,5 \text{ ng}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi maksimaalne PAH sisaldus osakeste fraktsioonis mõõdeti 5. mail – $7,8 \text{ ng}/\text{m}^3$, ka kõrgeim benso(a)püreeni sisaldus analüüsiti sama päeva filtrilt – $0,8 \text{ ng}/\text{m}^3$. Mõõteperioodi keskmised kontsentratsioonid osakeste fraktsioonis olid vastavalt $6,4 \text{ ng}/\text{m}^3$ ja $0,5 \text{ ng}/\text{m}^3$.

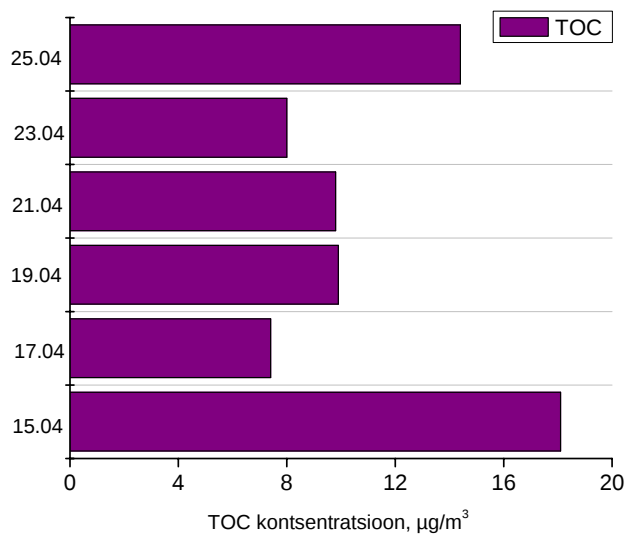
Levoglukosaani sisaldus tolmufiltritel jäi enamasti määramispiirist madalamaks, mõõteperioodi jooksul määrati positiivne levoglukosaani sisaldus 15. aprilli ja 17.aprilli peente osakeste filtritelt, kui saasteaine sisaldused olid vastavalt $2,66$ ja $2,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabel 21 Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil PM_{10} fraktsioonis, ng/m^3

Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil PM_{10} fraktsioonis, ng/m^3								
Kuupäev	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	V
14.04.2010	0.74	0.47	2.33		5.34	26.95	66.07	6.98
15.04.2010	0.59	2.16	1.51	80.73	4.79	11.63	40.09	2.74
16.04.2010	0.18	0.18	1.10		6.60	6.05	32.02	1.65
17.04.2010	0.26	0.19	2.20		9.07	5.09	51.26	3.02
18.04.2010	0.23	0.29	0.41	5.50	0.55	5.36	23.79	1.03
19.04.2010	0.38	0.19	1.23	4.11	3.98	3.15	19.60	2.06
20.04.2010	0.33	0.33	4.37	112.08	1.50	14.08	44.15	4.51
21.04.2010	0.33	0.30	1.51		2.88	10.02	38.84	2.06
22.04.2010	0.26	0.18	1.79	54.96	1.10	6.05	22.40	3.44
23.04.2010	0.26	0.08	0.82	1.37	8.78	4.25	25.11	2.20
24.04.2010	0.27	0.15	0.68		49.66	10.12	67.44	1.78
25.04.2010	0.42	0.19	3.27	43.55	5.58	11.98	71.18	2.59
26.04.2010	0.35	0.16	1.23		0.95	7.77	30.41	3.14
Keskmine	0,35	0,37	1,7	43,2	7,8	9,4	41	2,9



Joonis 83 Raskmetallide sisaldus PM₁₀ fraktsioonis, Liiva tn 37

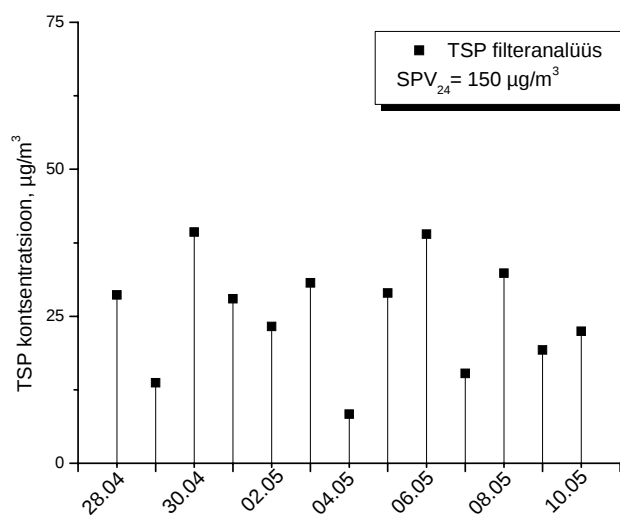


Joonis 84 TOC sisaldus PM₁₀ fraktsioonis

Tabel 22 Katioonide ja anioonide sisaldus mõõteperioodil

ioonide sisaldus mõõteperioodil PM ₁₀ fraktsioonis, ng/m ³						
Kuupäev	Na	Ca	Mg	Cl*	SO ₄ *	NH ₄
15.04.2010	0.296	0.073	0.019	0.382	1.155	0.001
17.04.2010	0.309	0.066	0.016	0.239	1.394	0.001
19.04.2010	0.308	0.062	0.018	0.951	1.117	0.001
21.04.2010	0.309	0.072	0.019	0.441	1.625	0.001
23.04.2010	0.354	0.067	0.021	0.225	2.901	0.001
25.04.2010	0.284	0.070	0.019	0.461	2.285	0.001
Keskmine	0,31	0,07	0,02	0,45	1,8	0,001

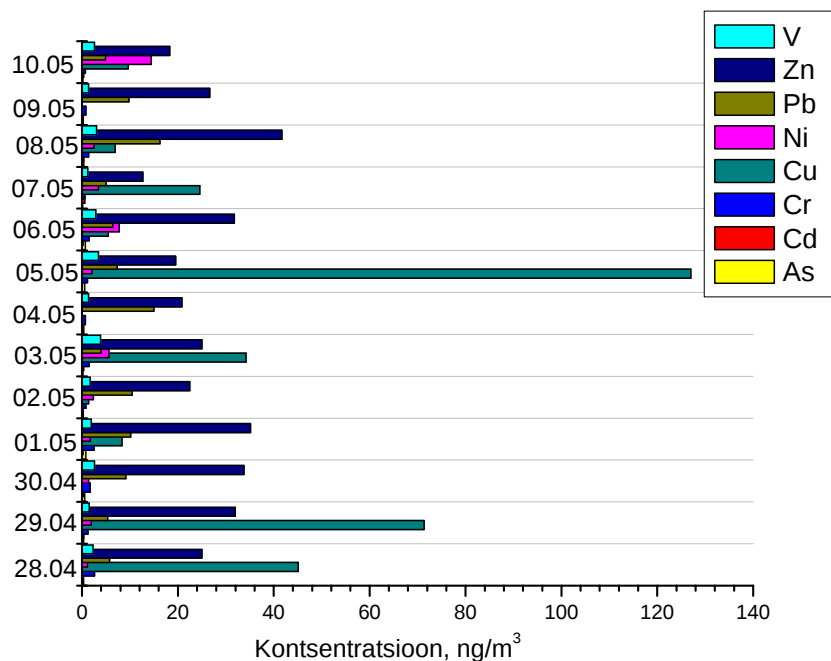
*µg/m³



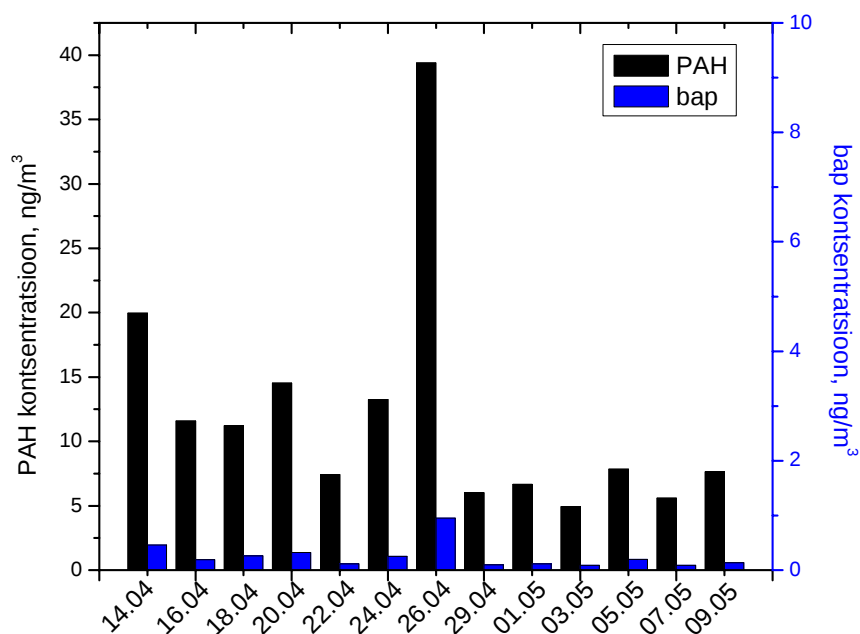
Joonis 85 TSP 24h keskmised kontsentratsioonid, Liiva tn 37

Tabel 23 Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m³

Raskmetallide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m ³								
Kuupäev	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	V
28.04.2010	0.31	0.16	2.60	45.10	1.09	5.74	25.01	2.32
29.04.2010	0.33	0.30	1.23	71.31	1.92	5.35	31.95	1.51
30.04.2010	0.54	0.25	1.67		1.39	9.17	33.75	2.64
1.05.2010	0.82	0.18	2.5	8.33	1.67	10.14	35.13	1.94
2.05.2010	0.23	0.11	0.83	1.38	2.34	10.46	22.43	1.65
3.05.2010	0.21	0.30	1.50	34.18	5.61	3.96	25.02	3.83
4.05.2010	0.37	0.20	0.68			15.00	20.86	1.34
5.05.2010	0.53	0.08	1.09	127.00	2.05	7.37	19.53	3.41
6.05.2010	0.70	0.20	1.50	5.45	7.77	6.41	31.77	2.86
7.05.2010	0.15	0.55	0.55	24.55	3.41	5.05	12.68	1.21
8.05.2010	0.36	0.32	1.38	6.88	2.48	16.24	41.70	3.03
9.05.2010	0.26	0.25	0.83			9.78	26.59	1.35
10.05.2010	0.18	0.34	0.69	9.61	14.41	4.94	18.26	2.61
Keskmine	0,38	0,25	1,3	33,4	3,3	8,4	26,5	2,3



Joonis 86 Raskmetallide sisaldus TSP fraktsioonis, Liiva tn 37



Joonis 87 PAH ja BaP kontsentratsioon, ng/m³

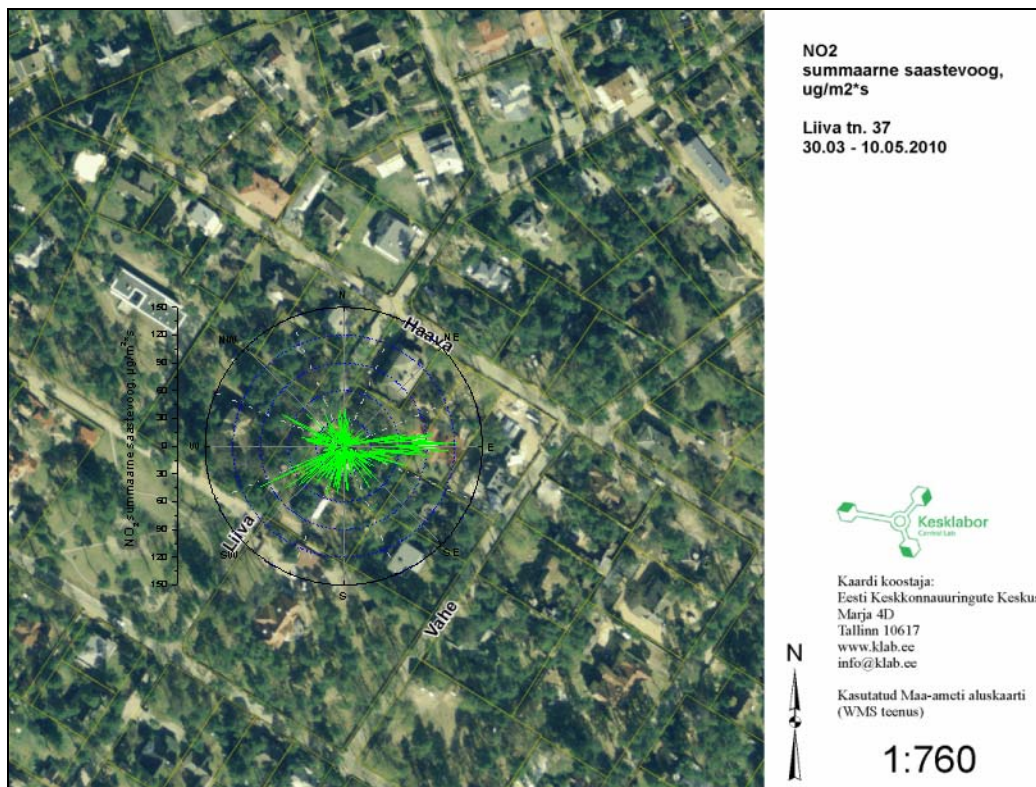
Tabel 24 Katioonide ja anioonide sisaldus mõõteperioodil

Ioonide sisaldus mõõteperioodil TSP fraktsioonis, ng/m³						
Kuupäev	Na	Ca	Mg	Cl*	SO4*	NH4
28.04.2010	0.342	0.076	0.023	0.634	1.316	0.001
30.04.2010	0.417	0.084	0.023	0.525	3.482	0.031
2.05.2010	0.344	0.072	0.022	0.856	1.836	0.001
4.05.2010	0.295	0.044	0.014	0.275	0.998	0.001
6.05.2010	0.284	0.066	0.016	0.284	1.134	0.001
8.05.2010	0.344	0.073	0.019	0.549	2.787	0.001
10.05.2010	0.297	0.064	0.016	0.211	1.366	0.001
Keskmine	0,33	0,07	0,02	0,48	1,9	0,01

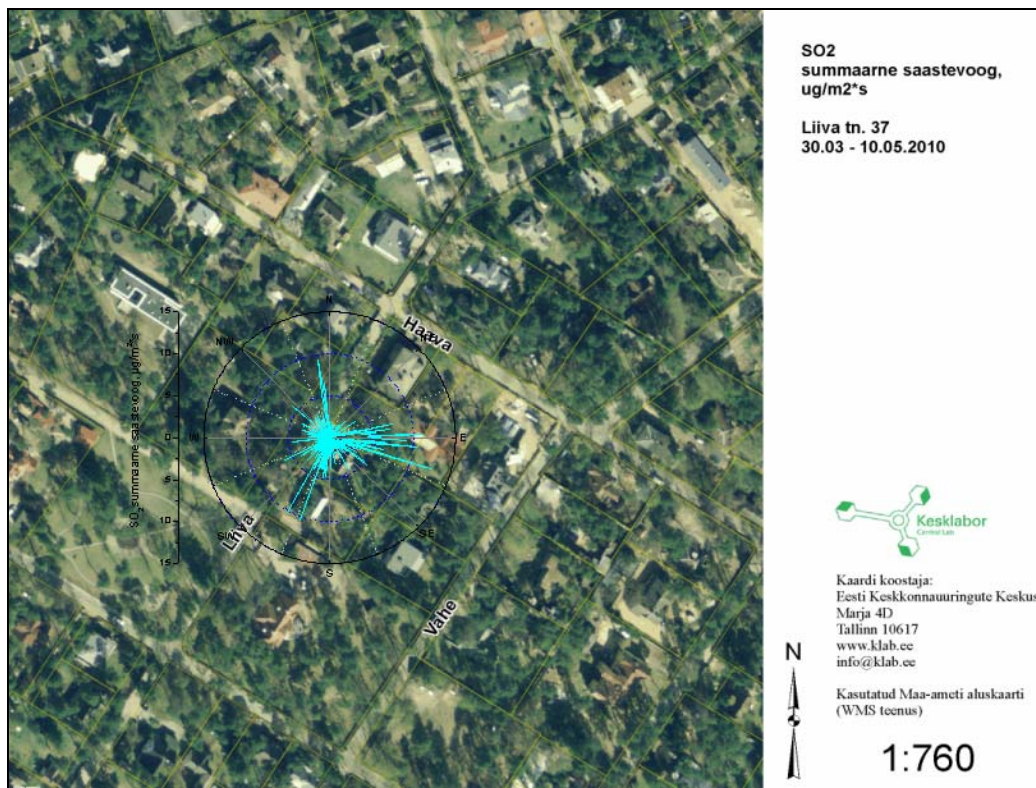
* µg/m³

6.5.3. Summaarsed saastevood mõõtepunktis

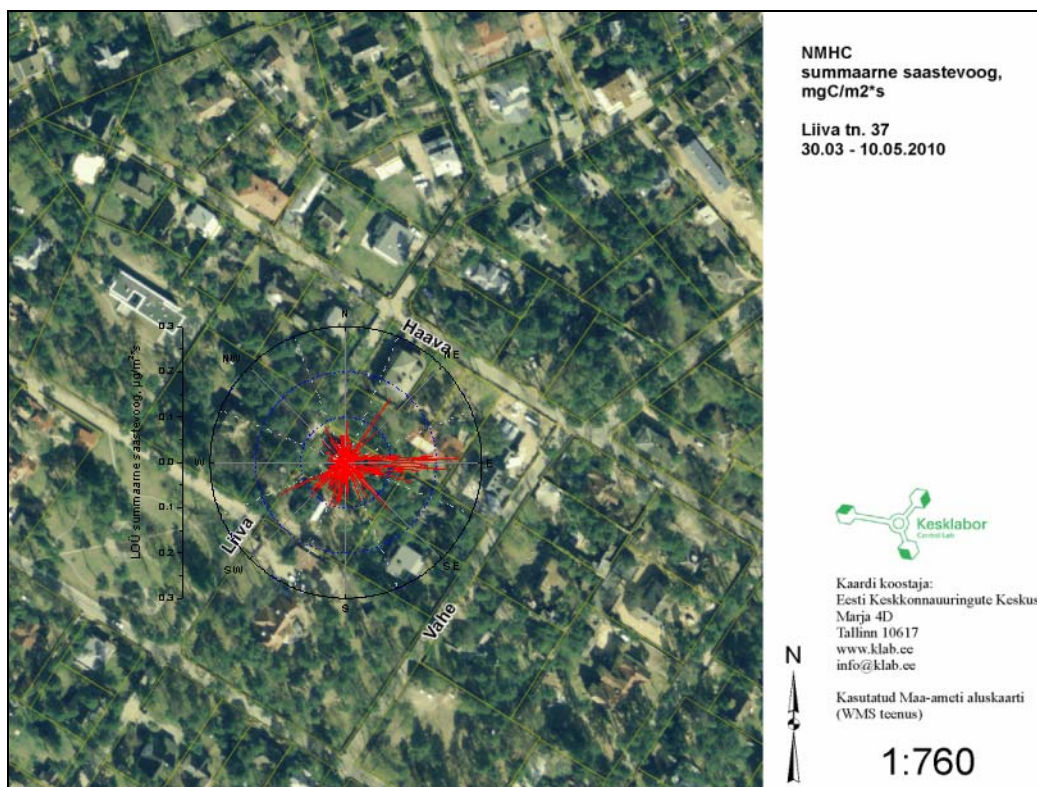
Summaarse saastevoo graafikutelt selgub, et kõigi saasteainete puhul oli valdavaks saaste pärinemise suunaks ida. NO₂, SO₂ ja NMHC puhul eristuvad lisaks ida suunale ka edela ja lõunakaared. Kuna keskmine tuule kiirus jäi mõõteperioodil 0,7 m/s piiresse, siis tõenäoliselt kandus suurem osa saastest mõõtepunktini naabruskonnast.



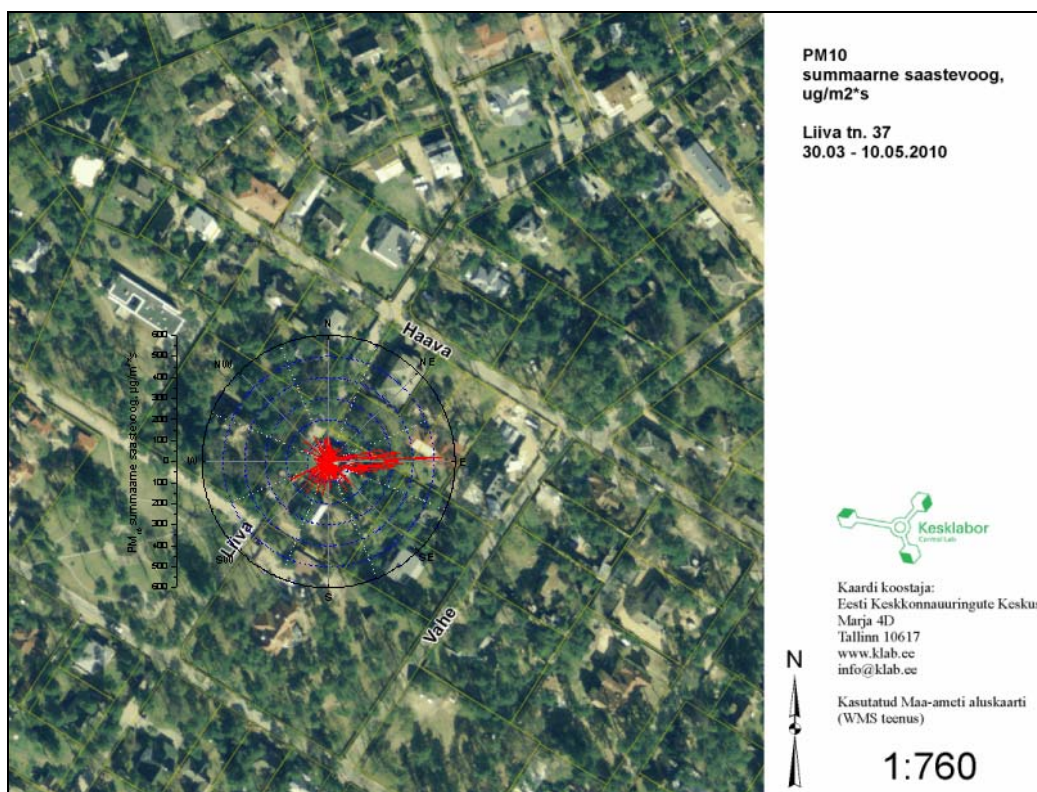
Joonis 88 NO₂ summaarne saastevoog, Liiva tn 37



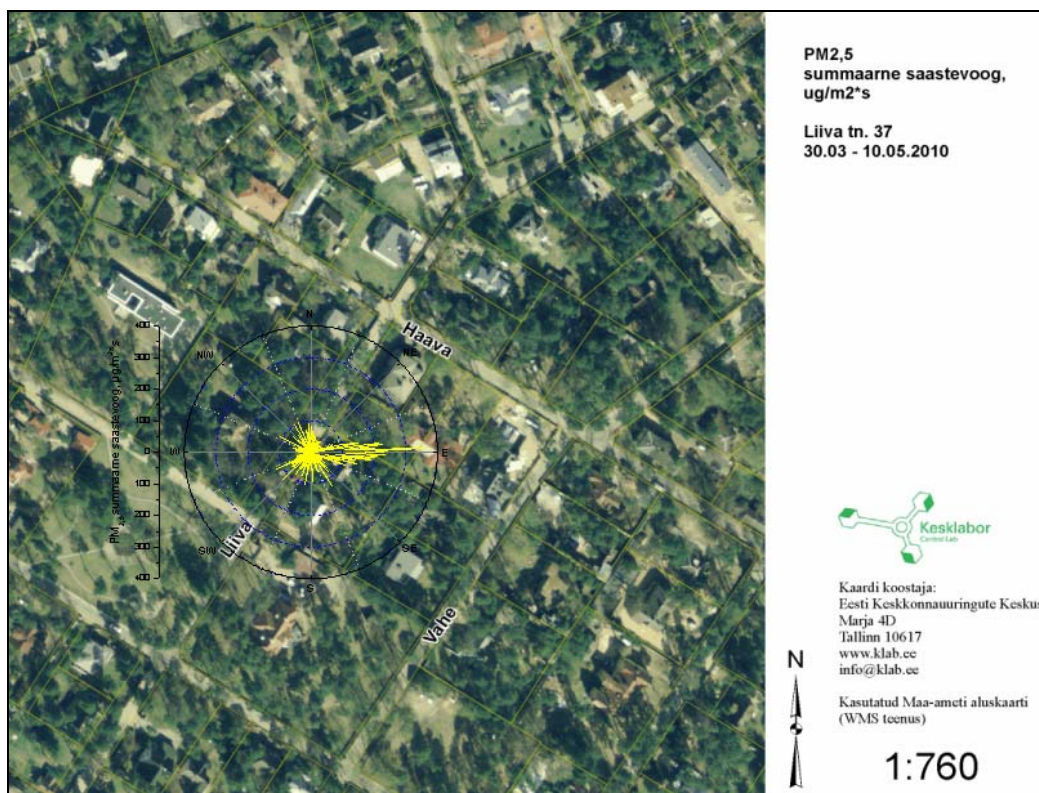
Joonis 89 SO₂ summaarne saastevoog, Liiva tn 37



Joonis 90 NMHC summaarne saastevoog, Liiva tn 37



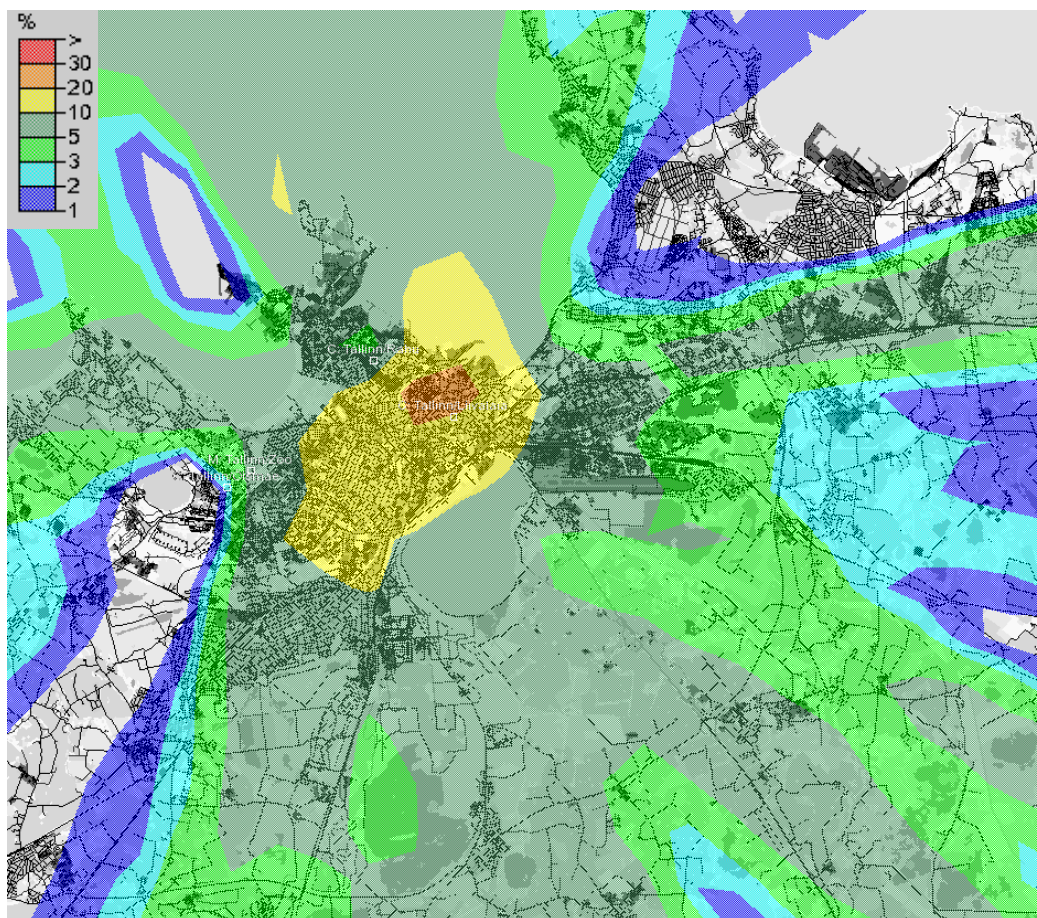
Joonis 91 PM₁₀ summaarne saastevoog, Liiva tn 37



Joonis 92 PM_{2,5} summaarne saastevoog, Liiva tn 37



Joonis 93 PM₁ summaarne saastevoog, Liiva tn 37

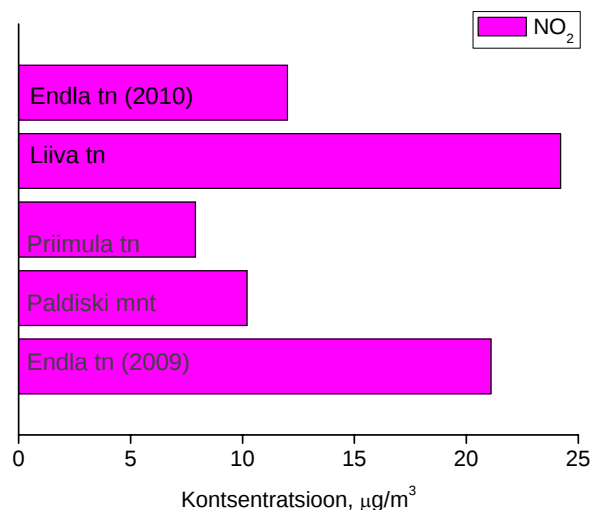


Joonis 94 PM₁₀ päritolu tõenäosus riiklike seirejaamade põhjal

7. TULEMUSTE ANALÜÜS

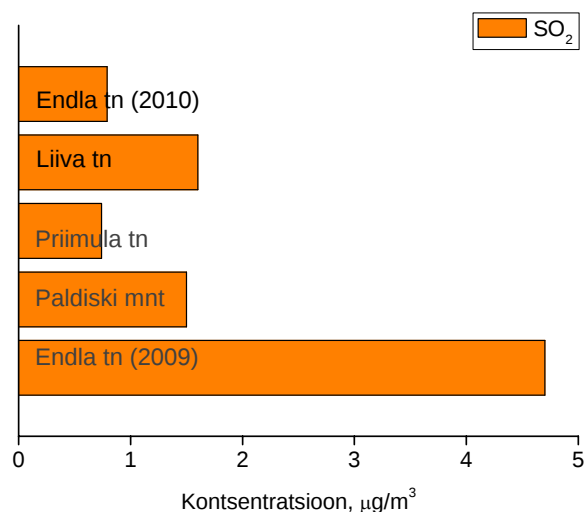
Vastavalt Tallinna Keskkonnaameti ja Eesti Keskkonnauuringute Keskuse vahel sõlmitud lepingule, teostati ajavahemikus 17.06.2009-11.05.2010 poolt liikuva õhulaboriga välisõhu saastetaseme mõõtmisi Tallinnas viies valitud mõõtepunktis. Mõõtmiste käigus määrati välisõhu koostises tolmu erinevate fraktsioonide, H_2S , SO_2 , NO_2 , CO , O_3 ja NMHC tunnikeskmiseid ja ööpäevakeskmiseid kontsentratsioone ning meteoroloogilisi parameetreid. Mõõteperioodi vältel ei registreeritud üheski mõõtepunktis automaatsete õhuanalüsaatoritega kehtivaid piirväärtuseid ületavaid saasteainete kontsentratsioone, see-eest esines piirnormist kõrgemaid osakeste ja peente osakeste kontsentratsioone gravimeetrilise analüüsi tulemusena. Tolmufiltritelt määrati hiljem laboris metallide (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, V), polütsükliliste aromaatsete süsivesinike (PAH), benzo(a)püreeni (BaP), üldsüsiniku (TOC), levoglukosaani ning Na, Ca, Mg, Cl, SO_4 ja NH_4 ionide sisaldus.

Ka lämmastikdioksiidi, mis on teine liiklusest enim pärit saasteaine, keskmised kontsentratsioonid olid Endla tänaval kõrgemad, kui teistes mõõtepunktides. 2009. aasta suvel oli see $21,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja 2010. aasta kevadel $24,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ehkki ka Paldiski maanteel on liikluskoormus suur, jäi NO_2 sisaldus kaks korda madalamaks, olles keskmiselt $10,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kuna saasteainete sisaldus õhus ei olene ainult saasteallika tugevusest, vaid ka ilmastikust, tuule tugevusest ja suunast, konkreetsest ajaperioodist, siis on selline suurusjärguline erinevus lämmastikdioksiidi kontsentratsioonide vahel loomulik. Priimula tänaval oli perioodi keskmine NO_2 sisaldus $7,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Liiva tänaval $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Joonis 95).



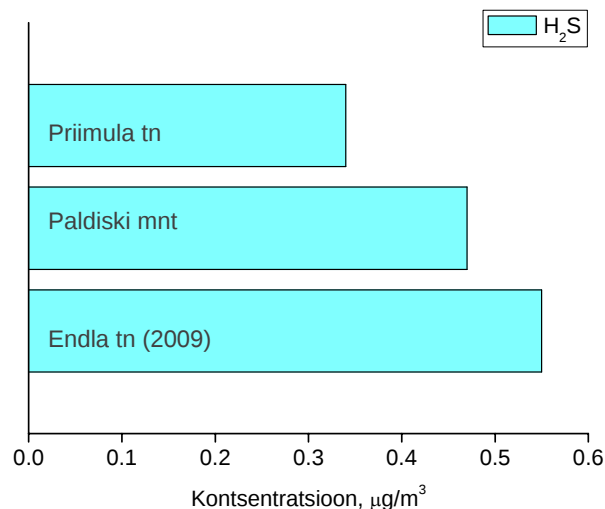
Joonis 95 NO₂ keskmised kontsentratsioonid mõõtepunktides

Ehkki vääveldioksiidi kontsentratsioonid on viimasel kümnendil oluliselt vähenenud, jäädes piirnormidest kordades väiksemaks, oli selgelt märgatav kontsentratsioonidevaheline erinevus suurema liiklusintensiivsusega ja elamupiirkonnas. Kui Endla tänava ristmikul ja Paldiski maanteel oli mõõteperioodi keskmine 1,5-1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kusjuures 2009. aasta suvel ajavahemikus 17.06-16.07 oli vääveldioksiidi keskmine sisaldus 4,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Priimula tänaval oli SO₂ keskmine sisaldus õhus 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, st vahe suurema liikluskoormusega piirkondadega oli mitmekordne, mis näitab Priimula tee näitel, et olmekütmise mõju SO₂ saastetasemetele on pigem teisejärguline (Joonis 96).



Joonis 96 SO₂ keskmised kontsentratsioonid mõõtepunktides

Ka vesiniksulfiidi ja alifaatsete süsivesinike sisaldused õhus on suuremad kõrgema liiklusega tänavatel ja ristmikel, H₂S keskmine sisaldus Endla tänaval oli 0,55 µg/m³, Paldiski maanteel 0,47 µg/m³ ja Priimula tänaval 0,34 µg/m³, alifaatsete süsivesinike keskmised kontsentratsioonid Endla tänaval ja Liiva tänaval olid vastavalt 0,08 mgC/m³ ja 0,03 mgC/m³.

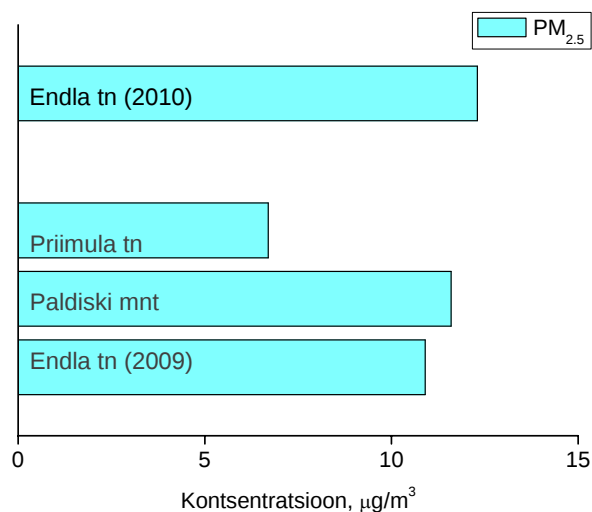


Joonis 97 H₂S keskmised kontsentratsioonid mõõtepunktides

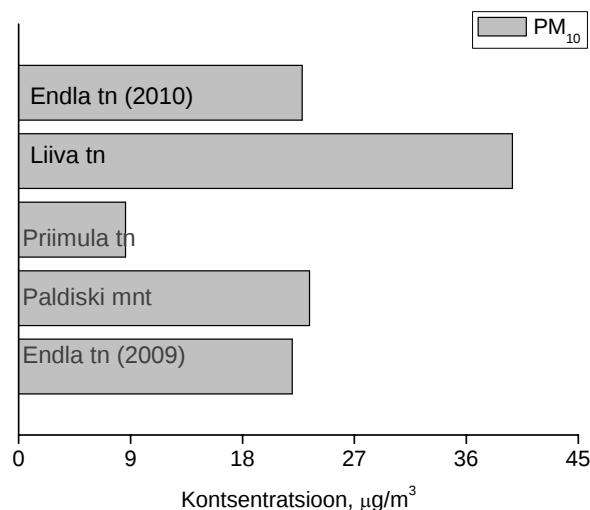
Vääveldioksiidi ja lämmastikdioksiidi vähenemisega paralleelselt on esile kerkinud uus probleem – osakesed, mille sisaldust välisõhus on küllalt raske vähendada, kuna selle allikad on väga erinevad, siia alla kuuluvad nii looduslikud kui antropogeensed allikad. Inimtekkelisteks allikateks on lisaks liiklusele ka olmekütmine, teede koristus ja liivatamine, sõidukirehvide kulumine. Mõõtetulemused näitavad küllalt madalaid PM₁₀ kontsentratsioone Priimula tänaval, mõõteperioodi keskmine oli 8,6 µg/m³, samas on november-detsember suhteliselt sademeterohked kuud, mistõttu väheneb ka teepinnalt õhku paiskuva tolmu hulk, ja pole alanud ka teedel jäätõrjevahendite kasutamise periood. Olenemata sellest, et Liiva tänav pole suure liiklusega piirkonnas, oli seal perioodi keskmine PM₁₀ kontsentratsioon õhus 22,8 µg/m³, mille põhjuseks on tõenäoliselt kevadperioodil teostatav teede koristus, mille tulemusena lume alt välja sulanud tolmu ülesse keerutatakse. Suvel jäid nii Endla tänaval kui Paldiski maanteel peente osakeste keskmised kontsentratsioonid Liiva tänaval mõõdetutega samasse suurusjärku 22-23 µg/m³. 2010 aasta kevadel mõõdetud PM₁₀ keskmine sisaldus Endla tänaval välisõhus oli ~1,8 korda kõrgem 2009. aasta suvel mõõdetust 40 µg/m³. Mõõtmistulemustest nähtus, et elumajade piirkonnas olid ülipeente

osakeste sisaldused ($PM_{2,5}$, PM_{10}) kõrgemad, kui suurte ristmike ääres, mis viitab saasteallikate ning saasteallikast pärit saaste fraktsioonile koostise erinevusele. Kui teedelt tänavatelt pärit tolm on rohkem suuremate osakestega, siis olemkütmise suitsuga kaasnev tolm on pigem peenema fraktsiooniga.

Lisaks on peened osakesed ka ainus saasteaine, mille puhul Tallinnas varasematel aastatel on piirväärtuste ületamisi registreeritud. Antud töö kontekstis mõõdeti gravimeetrilise analüüsimeetodiga Endla tänaval 2010. aastal üks peente osakeste (PM_{10}) piirnormi ületanud kontsentratsioon, milleks oli $53,7 \mu g/m^3$.



Joonis 98 $PM_{2,5}$ keskmised kontsentratsioonid mõõtepunktides



Joonis 99 PM_{10} keskmised kontsentratsioonid mõõtepunktides

Raskmetallide analüüs näitas kõrgemaid sisaldusi samuti suurema liiklusega piirkonnas, erandiks oli vase sisaldus Priimula tänaval, milleks oli keskmiselt $212,6 \text{ ng/m}^3$, kusjuures nii Nõmmel Liiva tänaval kui Kristiine linnaosas Endla tänaval olid PM_{10} fraktsioonis mõõdetud Cu sisaldused oluliselt madalamad, vastavalt $33,7 \text{ ng/m}^3$ ja $78,1 \text{ ng/m}^3$.

Anioonide ja katioonide sisaldus nii mõõtepunktide kui tolmu fraktsioonide lõikes ei kõigu palju. Näiteks naatriumi sisaldus oli nii Endla tänaval kui Liiva tänaval TSP ja PM_{10} koostises $0,3 \text{ ng/m}^3$, magneesiumi keskmine kontsentratsioon $0,002 \text{ ng/m}^3$, kaltsiumi sisaldus kõikus $0,1 \text{ ng/m}^3$ ja $0,07 \text{ ng/m}^3$ vahel. Küll aga täheldati ammoniumi keskmiste kontsentratsioonide erinevusi TSP ja PM_{10} vahel. Kõigis kolmes mõõtepunktis oli TSP – s ammoniumi sisaldus $0,0007\text{--}0,003 \text{ ng/m}^3$, samas kui PM_{10} fraktsioonis jäi see $0,005\text{--}0,02 \text{ ng/m}^3$ vahele. Ka kloriidi ja sulfaadi sisaldus oli kõrgem just peentolmus (PM_{10}), ehkki erinevused olid küllalt väikesed. Samas oli täheldatavad kõrgemad sulfaadi kontsentratsioonid suurema liikluskoormusega piirkonnas, Endla tänaval oli PM_{10} sulfaadi sisaldus $2,7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 2009. aastal ja TSP sulfaadis sisaldus 2010. aastal $3,2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Nõmmel Liiva tänaval oli tolmus sulfaadi keskmine kontsentratsioon $1,7\text{--}1,8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ning Priimula tänaval veel väiksem $1,1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

Põlemisprotsessidega kaasneva saasteaine levoglukosaani sisaldus oli kõikides mõõtepunktides valdavalt madalama seadme määramispiirist, milleks on $0,07 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Üksikutel juhtudel oli levoglukosaani sisaldus ka kõrgem, nagu Nõmmel Liiva tänaval 15. ja 17. aprillil oli levoglukosaani sisaldus peentes osakestes $2,7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ja Priimula teel 19. novembril $1,7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, kusjuures mõlemad on eramajade piirkonnad, kus üheks tõenäolisemaks saasteallikaks on olmekütmine. Ehkki Liiva tänaval seisis mobiilne õhulabor kevadel, oli välisõhu temperatuur piisavalt madal 5°C , mistõttu on tõenäoline, et ka sellel ajal veel köeti.

Ka polüaromaatsete süsivesinike ja BaP kontsentratsioonid olid kõrgemad eramajade piirkonnas Priimula tänaval ja Liiva tänaval. PM_{10} fraktsioonis olid PAH keskmised kontsentratsioonid vastavalt $5,5 \text{ ng/m}^3$ ja $16,7 \text{ ng/m}^3$, BaP kontsentratsioonid aga $0,56 \text{ ng/m}^3$ ja $1,5 \text{ ng/m}^3$.

Süsiniku hulk tolmus jäi nii Paldiski, Priimula, Endla kui Liiva tänaval samasse suurusjärku 5-7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vahele. Need on võrreldavad või mõnevõrra kõrgemad tulemused võrreldes näiteks Helsingis mõõdetud tasemetega, kus aastakeskmiseks kontsentratsiooniks mõõdeti ca. 6-7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Viidanoja 2002). Ka Poolas on mõõdetud Gdynia sadamapiirkonnas võrreldavaid süsinikutasemeid, kus maksimaalseks süsinikusisalduseks mõõdeti 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Lewandowska 2010).

8. KOKKUVÕTE

Töö käigus mõõdeti gaasilisi saasteaineid ja analüüsiti osakeste keemilist koostist viies mõõtepunktis Tallinnas. Valitud mõõtepunktidest iseloomustasid Endla tn ja Paldiski mnt mõõtepunktid liiklussaastet ning Pirital ja Nõmmel paiknevad mõõtepunktid eramajade piirkonnas õhukvaliteeti ja olmekütmise mõju sellele.

Mõõtmistulemuste põhjal saab teha mõningaid järeldusi seirejaamades mõõdetud osakeste võimaliku päritolu kohta. Põhjalikumate järelduste tegemiseks tuleb antud uuringu käigus saadud andmeid vaadelda komplekselt riikliku seire käigus riiklikes pidevseirejaamades mõõdetud andmete kontekstis.

Antud töö täiendab Tallinna osakeste tegevuskava. Olulisemad järeldused:

1. Linnasisene liiklus on paljude saasteainete esmaseks saasteallikaks. Kesklinnas mõõdetud vääveldioksiidi ja lämmastikdioksiidi tasemed on selgelt kõrgemad elamupiirkonnas mõõdetutest. Piirväärtusi mõõteperioodil siiski ei ületatud.
2. Osakestest on PM_{10} kontsentratsioonid märkimisväärselt kõrgemad suurema liiklusega piirkonnas, samas kui $\text{PM}_{2,5}$ ja PM_1 sisaldus on elamupiirkondades kõrgem.
3. Aastas on lubatud 7 päeva, mil PM_{10} kontsentratsioon on kõrgem kui 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Antud töö käigus mõõdeti vaid üks peente osakeste ööpäevakeskmist piirnormi ületanud kontsentratsioon Endla tänaval.
4. Levoglukosaani sisaldus õhus on seotud pigem väiksemate ja paiksete saasteallikate tegevusega, kui transpordiga.

Mõõtmistulemustest on näha, et kohtküttepiirkondades mõjutab välisõhu kvaliteeti osakeste osas suurel määral eramute kütmine. Siiski on eramajade piirkondades enamuse saasteainete tasemed madalamad võrreldes kesklinnas mõõdetud tasemetega. Seega on jätkuvalt üheks olulisemateks välisõhu kvaliteedi mõjutajaks liiklusega kaasnevad õhuheited.

Õhusaasteainete mõju inimeste tervisele on suurim kõrge liiklustihedusega piirkondades. Endla tänaval ja Paldiski maanteel mõõdeti suhteliselt kõrgemaid raskmetallide sisaldusi. Samas olid kantserogeensete polüaromaatsete süsivesinike tasemed suhteliselt kõrgemad kohtkütte piirkonnas.

9. KASUTATUD KIRJANDUS

Council Directive 1996/62/EC of 27 September 1996 on ambient air quality assessment and management. Official Journal of the European Communities No L 296/55.

Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. Official Journal of the European Communities No L 163/41.

Directive 2000/69/EC of the European Parliament and of the Council of 16 November 2000 relating to limit values for benzene and carbon monoxide in ambient air.

Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air.

DIRECTIVE 2004/107/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air

EC (European Commission) (2005). Thematic Strategy on air pollution. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Brussels, 21.9.2005 COM(2005). 18 pp.

WHO (2006), Air Quality Guidelines Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global Update 2005.

Sanna Saarikoski, Markus Sillanpää, Mikhail Sofiev, Hilka Timonen, Karri Saarnio, Kimmo Teinilä, Ari Karppinen, Jaakko Kukkonen, Risto Hillamo, Chemical composition of aerosols during a major biomass burning episode over northern Europe in spring 2006: Experimental and modelling assessments, Atmospheric Environment, Volume 41, Issue 17, June 2007, Pages 3577-3589

Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2008/50/EÜ, 21. mai 2008, välisõhu kvaliteedi ja Euroopa õhu puhtamaks muutmise kohta. 2008.

EC (European Commission) (2005). Thematic Strategy on air pollution. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Brussels, 21.9.2005 COM(2005). 18 pp.

Norman, M. and C. Johansson (2006). "Studies of some measures to reduce road dust emissions from paved roads in Scandinavia." Atmospheric Environment 40(32): 6154.

Karppinen A., Härkönen J., Kukkonen J., Aarnio P., Koskentalo T., (2004). Statistical model for assessing the portion of fine particulate matter transported regionally and long range to urban air. *Scand J Work Environ Health* 2:47-53.

Päivi Aarnio, Jyrki Martikainen, Tareq Hussein, Ilkka Valkama, Hanna Vehkamäki, Larisa Sogacheva, Jari Härkönen, Ari Karppinen, Tarja Koskentalo, Jaakko Kukkonen and Markku Kulmala, (2008). Analysis and evaluation of selected PM10 pollution episodes in the Helsinki Metropolitan Area in 2002. *Atmospheric Environment*, Vol 42, pp. 3992-4005.

Asano, M., Tanabe, S., Hara, F., and Yokoyama, S. (2002). Economic Evaluation of Banning Studded Tires Because of Environmental Impact. *Transportation Research Record* 1794, Paper No. 02-3473.

Jari Hosiokangas, Juhani Ruuskanen, Juha Pekkanen, (1999). Effects of soil dust episodes and mixed fuel sources on source apportionment of PM10 particles in Kuopio, Finland, *Atmospheric Environment* 33, pp 3821-3829.

Riigikogu 5.05.2004. a. otsus nr 631 Välisõhu kaitse seadus (RT I, 2004, 43, 298)

Keskkonnaministri 7.09.2004. a. määrus nr 115 Välisõhu saastatuse taseme piir-, sihtväärtused ja saastetaluvuse piirmäärad, saasteainete sisalduse häiretasemed ja kaugemad eesmärgid ning saasteainete sisaldusest teavitamise tase (RTL, 2004, 122, 1894)

Maire-Liis Hääl, Peep Sürje and Harri Rõuk, (2008) Traffic as a source of pollution, *Estonian Journal of Engineering*, 14, 1, pp. 65–82.

Tareq Hussein, Christer Johansson, Hans Karlsson, Hans-Christen Hansson (2008). Factors affecting non-tailpipe aerosol particle emissions from paved roads: On-road measurements in Stockholm, Sweden. *Atmospheric Environment* 42, pp 688-702.

Jyrki Viidanoja, Markus Sillanpää, Jaakko Laakia, Veli-Matti Kerminen, Risto Hillamo, Päivi Aarnio and Tarja Koskentalo (2002). Organic and black carbon in PM2.5 and PM10: 1 year of data from an urban site in Helsinki, Finland, *Atmospheric Environment*, Vol. 36, Issue 19, pp. 3183-3193.

Anita Lewandowska, Lucyna Falkowska, Dominika Murawiec, Dorota Pryputniewicz, Dorota Burska and Magdalena Beldowska (2010). Elemental and organic carbon content in aerosols over urbanized coastal region (southern Baltic Sea, Gdynia), *Science of The Total Environment*, Article in Press, Corrected Proof.