

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĶĪMIJAS FAKULTĀTE

**GAISA AEROSOLU DAĻIŅU MĒRĪJUMI
IEKŠTELPĀS UN ĀRA VIDĒ**

BAKALaura DARBS

Autors: **Vladimirs Ivanovs**

Studenta apliecības Nr.: vi07032

Darba vadītāja: Doc., Dr. ķīm. Agnese Osīte

RĪGA

2016

ANOTĀCIJA

Gaisa aerosolu daļiņu mērījumi iekštelpās un āra vidē. Ivanovs V., zinātniskā vadītāja Doc., Dr. ķīm. Osīte A. Bakalaura darbs, 36 lappuses, 19 attēli, 0 tabulas, 27 literatūras avoti. Darbs uzrakstīts latviešu valodā.

Literatūras apskatā ir apkopota literatūra par gaisa piesārņojumu, aerosola daļiņu, tas veidošanas avotiem un analīzes metodēm.

Veikti gaisa aerosolu koncentrāciju mērījumi, izmantojot putekļu monitoru Grimm EDM107. Aerosolu koncentrāciju mērījumi bija veikti iekštelpās un āra vidē raksturojot dažādu sadzīvē pielietotu degšanas procesu rezultātā radušos aerosolu daļiņu koncentrācijas. Kā arī bija veikta Rīgas pilsētvidē ņemtu aerosolu analīze ar induktīvi saistītās plazmas masspektrometrijas metodi. Kā paraugu sagatavošanas metode analīzei bija izvēlēta skābju mineralizācijas metode.

GAISA PIESĀRŅOJUMS, GAISA KVALITĀTE, AEROSOLI, ICP-MS, DIHOTOMĀIS IMPAKTORS

ABSTRACT

Measurements of indoor and outdoor airborne particles. Ivanovs V., supervisor Doc., Dr. chem. Osite A. Bachelor's thesis, 36 pages, 19 figures, 0 tables, 27 literature references. The work is written in Latvian.

Literature review contains an analysis of the literature about air pollution, aerosol, aerosol sources, as well as methods of aerosol analysis have been investigated.

Air aerosol concentration measurements has been made using a dust monitor Grimm EDM107. Aerosol concentration measurements were performed indoors and outdoors. Characterizing aerosol particle concentrations as a result of everyday life's practicing different burning process. The aerosol samples were also taken in the urban environment of Riga. Aerosol samples were analyzed using inductively coupled plasma massspectrometry. Acid digestion method was used as a sample preparation method for the analysis.

AIR POLLUTION, AIR QUALITY, AEROSOL, ICP-MS, DICHOTOMOUS SAMPLER

Apzīmējumi un saīsinājumi

PM₁₀ – aerosolu daļiņas ar diametru mazāku par 10 μm

PM_{2.5} – aerosolu daļiņas ar diametru mazāku par 2,5 μm

PM_{2.5-10} - aerosolu daļiņas ar diametru 2,5 – 10 μm

ICP-MS - induktīvi saistītās plazmas masspektrometrija

ICP-AES - induktīvi saistītās plazmas atomu emisijas spektroskopija

RF - radio frekvence

MK - ministru kabinets

SATURS

IEVADS	6
1. LITERATŪRAS APSKATS	7
1.1. Gaisa piesārņojums.....	7
1.2. Gaisa aerosolu daļiņu (PM) raksturojums.....	9
1.3. Gaisa aerosolu mākslīgi veidošanas pamat avoti.....	9
1.4. Gaisa aerosolu ietekme uz cilvēka veselību.....	11
1.5. Gaisa kvalitāte Rīgā un Latvijā.....	13
1.6. Aerosolu daļiņu masas koncentrāciju noteikšanas metode.....	15
1.7. Aerosolu daļiņu parauga šķīdināšana.....	16
1.8. Induktīvi saistītās plazmas masas spektrometrijas metode.....	16
2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA.....	18
2.1. Izmantotā aparatūra, filtri, trauki, reaģenti.....	18
2.2. Aerosolu daļiņu masas koncentrāciju mērījumi.....	19
2.3. Aerosolu daļiņu paraugu ņemšana uz filtra.....	19
2.4. Aerosolu daļiņu paraugu sagatavošana.....	20
2.5. Aerosolu daļiņu paraugu analizēšana.....	20
3. REZULTĀTI UN TO IZVĒRTĒJUMS.....	21
3.1. Apkartēja gaisa aerosolu masas koncentrāciju raksturojums.....	21
3.2. Kurināmā sadegšanas aerosolu masas koncentrāciju raksturojums.....	24
3.3. Tabakas produktu sadegšanas aerosolu daļiņu koncentrāciju raksturojums.....	26
3.4. Aerosolu daļiņu parauga metālisko elementu masas koncentrācijas raksturojums.....	31
SECINĀJUMI.....	33
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	34

IEVADS

Mūsdienās gaisa piesārņošana ar aerosolu daļiņām ir izplatīta problēma. Mūsdienīgā pasaulē ir daudz aerosolu emisijas avotu. Tie var būt gan dabiski, gan mākslīgi un aerosolu daļiņas ietekmē cilvēku ikdienas dzīvi, kā iekšelpās, tā arī apkartēja vidē.

Būtiski iekšelpu gaisa piesārņošanas avoti ir tabakas produktu lietošana, kurināmā sadegšana, kā arī aromatizējošo produktu izmantošana. Āra vides aerosolu avoti ir rūpniecība, transports, lauksaimniecība, enerģētika un apkure. Aras vides piesārņotāji arī ietekmē iekšelpas gaisa kvalitāti.

Katru dienu aerosoli atrodas apkārt cilvēka un iekļūst tas organismā. Aerosola iekļūšanas dziļums ir atkarīgs no tas izmēra, jo mazāk izmērs, jo dziļāk iekļūst aerosols. Iekļuvāt organismā aerosoli negatīvi ietekme uz veselību. Tāpēc mūsdienās gaisa kvalitātes noteikšana ir aktuāla un ir dažādas kvalitatīvas un kvantitatīvas noteikšanas metodes.

Darba mērķis ir raksturot dažādu sadzīvē pielietotu degšanas procesu rezultātā radušās aerosolu daļiņas iekšelpās un ārvidē.

Lai sasniegtu mērķi, izvirzīti šādi darba uzdevumi:

1. Veikt aerosola daļiņu koncentrācijas mērījumus iekšelpās ārvidē;
2. Veikt dažādu sadzīvē pielietotu degšanas procesu rezultātā radušos aerosolu daļiņu koncentrācijas mērījumus;
3. Veikt aerosola daļiņu paraugu savākšanu filtros;
4. Veikt savāktajām aerosolu daļiņām metālisko elementu noteikšanu ar ICP-MS metodi.
5. Izvērtēt iegūtos rezultātus.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Gaisa piesārņojums

Gaisa piesārņojums ir ķīmisks, fizisks (daļiņu piesārņojuma gadījumā) vai bioloģisks aģents, kas izmaina atmosfēras dabiskās īpašības.

Gaiss ir viens no svarīgākiem faktoriem, kas nosaka dzīvības procesu norisi uz Zemes. Cilvēka gaisa patēriņš ir 6-12 m³ diennaktī, līdz ar to pat kaitīgu vielu mikro daudzumi gaisā var ietekmēt cilvēka veselību.

Piesārņojošas vielas ātri izplatās atmosfērā diezgan lielos attālumos, līdz ar to gaisa piesārņojuma problēma ir uzskatāma par globālu problēmu [1].

Pasaules veselības aizsardzības organizācija uzskata, ka gaiss ir piesārņots, jo tā sastāvs ir izmainīts ar dažādām vielām, kas atrodas gaisā ilgu laiku. Lielā koncentrācija var ietekmēt cilvēku, dzīvnieku un augu veselības stāvokli, kā arī var ietekmēt nedzīvus objektus vai radīt materiālus zaudējumus [2].

Par īpašu gaisa piesārņojuma problēmu jāuzskata gaisa tīrība dzīvojamās telpās un darba vidē, jo gan sadzīves, gan darba procesā cilvēks saskaras ar kaitīgām un toksiskām vielām.

Galvenie antropogēnā piesārņojuma avoti:

1. Rūpniecība;
2. Transports;
3. Enerģētika un apkure;
4. Lauksaimniecība.

Nozīmīgākās gaisa vidi piesārņojošās vielas:

1. Sēra savienojumi;
2. Slāpekļa savienojumi;
3. Oglekļa savienojumi;
4. Halogēn organiskās vielas;
5. Metāli un to savienojumi;

6. Aerosoli un putekļi;
7. Radioaktīvie elementi [1].

Iekštelpu gaisu ietekmē arī āra gaiss, āra gaisam ieplūstot telpās caur gaisa pievades sistēmām. To var piesārņot cietās daļiņas, šķiedras un ķīmiskās vielas no gaisa filtriem, telpu iekšējās izolācijas vai nogulsņētiem netīrumiem. Telpā tam pievienojas piesārņojums, ko rada paši cilvēki, mājdzīvnieki, kā arī to veiktās darbības (smēķēšana, ēdienu gatavošana, tīrīšanas darbi).

Iekštelpu gaisa kvalitāti ietekmējoši faktori:

1. ārējā gaisa piesārņojums;
2. telpas mikroklimats;
3. iekštelpu piesārņotāji (smēķēšana, gāzes plīts izmantošana, mājās apkure);
4. piesārņojums, ko rada cilvēka uzturēšanās un darbība;
5. bioloģiskais piesārņojums.

Būtisks iekštelpu gaisa piesārņojuma avots ar cietajām daļiņām ir smēķēšana, kā arī atklātie liesmas avoti iekšējās un āra gaisa piesārņojums – izplūdes gāzes, kas rodas sadegot dīzeļdegvielai.

Cieto daļiņu daudzumu telpās palielina cilvēku kustību un veikto darbību daudzums un intensitāte. Cieto daļiņu saglabāšanās ilgums iekštelpu gaisā ir atkarīgs no to lieluma un svara:

- liela izmēra – 100 μm saglabājas gaisā tikai 2 sekundes;
- 10 μm - apmēram 3 minūtes;
- 1 μm lielas daļiņas - 4 stundas, bet ļoti sīkas daļiņas - 6 dienas un vairāk.

Tātad sīkās daļiņas paliek telpas gaisā un pārvietojas līdz ar gaisa plūsmu. Šīs daļiņas viegli iekļūst cilvēka elpošanas ceļos. Smagākās daļiņas nosēžas uz telpas virsmām. Telpas gaisā apmēram 99,9% ir cietās daļiņas, kas mazākas par 1 μm, veidojot apmēram 30% no kopējās masas, un ir nozīmīgs iekštelpu gaisa kvalitātes rādītājs ar negatīvu ietekmi uz cilvēka veselību [3].

1.2. Gaisa aerosolu daļiņu (PM) raksturojums

Aerosola daļiņas (PM) ir sarežģīts maisījums no cietām un šķidrām daļiņām. Aerosolu daļiņām nav konkrētas ķīmiskas formulas kas, tie atšķiras pēc izmēra un sastāva, kas ir suspendēts gaisā [4,5].

Aerosola daļiņām ir liela ietekme uz redzamību, izkliedējot un absorbējot saules un infrasarkanā starojumu. Aerosola daļiņu higroskopisks pieaugums, palielina ietekmi uz atmosfēras redzamību [6].

Daži PM izdalās tieši atmosfērā kā daļiņas, tos sauc par primārām daļiņām, bet dažas daļiņas veidojas gaisā reaģējot ķīmiski ar gāzveida piesārņotājiem atmosfērā - sekundāras daļiņas. Primārie un sekundārie PM var būt gan antropogēnas, gan dabīgas izcelsmes. Apkārtējā gaisā daļiņu izmērs ir plašā diapazonā, apmēram no 0,005 līdz 100 mikrometri diametrā. Daļiņas iedala trīs galvenajās izmēru grupās: ultrasmalkās daļiņas (mazākas nekā 0,1 μm diametrā), smalkās daļiņas (no 0,1 līdz 2,5 μm) un rupjas daļiņas (lielāk nekā 2,5 μm). PM_{10} definē kā cietas daļiņas ar aerodinamisko diametru, kas ir mazāks par 10 mikrometriem. $\text{PM}_{2,5}$ ietver daļiņas ar aerodinamisko diametru, kas ir mazāks par 2,5 mikrometriem. PM var ievērojami mainīt izmēru, sastāvu un koncentrāciju, atkarībā no daļiņu emisijas ražošanas avotiem un faktoriem, piemēram, ģeogrāfiskā atrašanās vieta, gadalaiks, diennakts laiks un laika apstākļi [3-4].

1.3. Gaisa aerosolu mākslīgie veidošanās avoti

Smalko aerosolu daļiņu avoti var būt gan antropogēni, gan dabiski. Dabiskie aerosolu avoti ir, piemēram, vulkāni, erozija un virszemes vēji, bioloģiskais materiāls (ziedputekšņiem, augu un dzīvnieku atkritumi), kā arī mežu ugunsgrēki un okeāni. Pilsētās, PM veidojas galvenokārt no antropogēniem avotiem [7], tos iedala: transporta, tie veidojas ar automašīnu, vilcienu, gaisa, jūras un upju transportu; ražošana - emisijas, kas rodas tehnoloģisko procesu rezultātā; mājāsaimniecības - veidojas sadedzinot apkures kurināmo un ēdiena gatavošana, kā arī atkritumu apstrādes laikā [8].

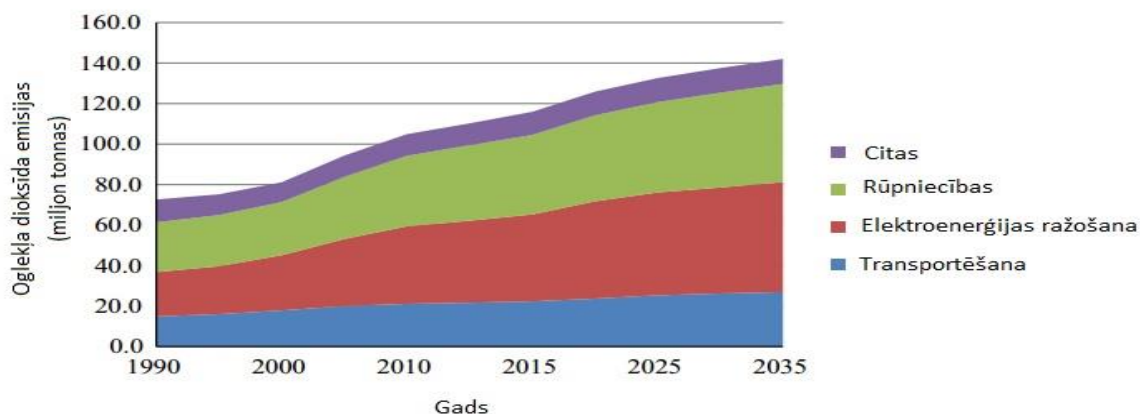
Aerosolu daļiņas parasti ir bagātas ar oglekli, sulfāt, amonija un nitrāt joniem, kā arī ar elementiem tādiem kā As, Ba, Cd, Cs, Cu, Sr, Zn un Se. Pamatā Ba, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb un Zn tiek emitēti no transportlīdzekļu izplūdes gāzēm. Ceļu putekļi sastāv vairāk nekā 50% no Cr, Al, K, Fe, Mg, Mn un V, un 20% no Mo, Cu, Pb, Ni, Sb un Zn. Pilsētās 55-60% no PM_{10} masu sastāda $\text{PM}_{2,5}$ masa [9].

Galvenais piesārņojuma antropogēno avots ir transportlīdzekļi, kuri izvada tādas toksiskās vielas kā, oglekļa monoksīds, slāpekļa oksīds, svins, ogļūdeņraži un citi. Apmēram 60% no gaisa piesārņojumu rodas no automašīnām. Citi transporta veidi veido ne lielu daļu no gaisa piesārņojuma. Lielajās pilsētās no piesārņošanas, kas rodas no autotransporta autotransportu oglekļa monoksīds diapazons ir 88-99%, slāpekļa oksīds 31-33%, ogļūdeņraži 63-95%. Līdz 70% no toksisko svina savienojumu svīnu saturošam benzīnam var nonākt atmosfērā. Toksiskās emisijas no automašīnām ir arī kartera gāzes, degvielu tvaiki no karburatora un degvielas tvertnes. Kopumā transporta emisijas satur vairāk nekā 1200 ķīmisku savienojumu, tai skaitā ļoti toksiskais benzopirēns.

Izplūdes gāzes un spēcīgas vibrācijas no automašīnām paātrina ēku novecošanās procesus un izraisa augu degradāciju. Rajonos ar šaurām ieliņām un augstām mājām liela oglekļa monoksīda koncentrācija izzūd lēni un izraisa cilvēku hronisku saindēšanos, kuri ilgu laiku atrodas šajos rajonos, īpaši krustojumos.

Katra automašīna, kurai nobraukums ir līdz 1000 km tērē daudz skābekļa un atbrīvo gaisā līdz 40 kg piesārņojošu vielu. Automašīnu izplūdes gāzēs atrodas oglekļa monoksīda, sēra dioksīds, kvēpi, svina savienojumi, slāpekļa oksīdi, benzopirēns un citas vielas, no kurām dažas ir kancerogēnas. [10].

Sadedzinot fosilo kurināmo rodas siltumnīcefekta gāzu emisija, tādas kā, oglekļa dioksīds, sēra dioksīds, slāpekļa oksīds un oglekļa monoksīds. Šī siltumnīcefekta gāzu emisija paaugstinās katru gadu, un tas izraisa globālās sasilšanas efektu. Grafika (1.1.att.) ir parādīts ka 2010. gadā CO₂ emisiju, bija 110 miljardu metriskās tonnas un līdz 2035.gadam ir prognozēts, ka CO₂ emisijas daudzums sasniegs vairāk nekā 140 miljardus metrisko tonnu.



1.1.att. Globāla CO₂ emisijas prognoze no 1990. līdz 2035. gadam

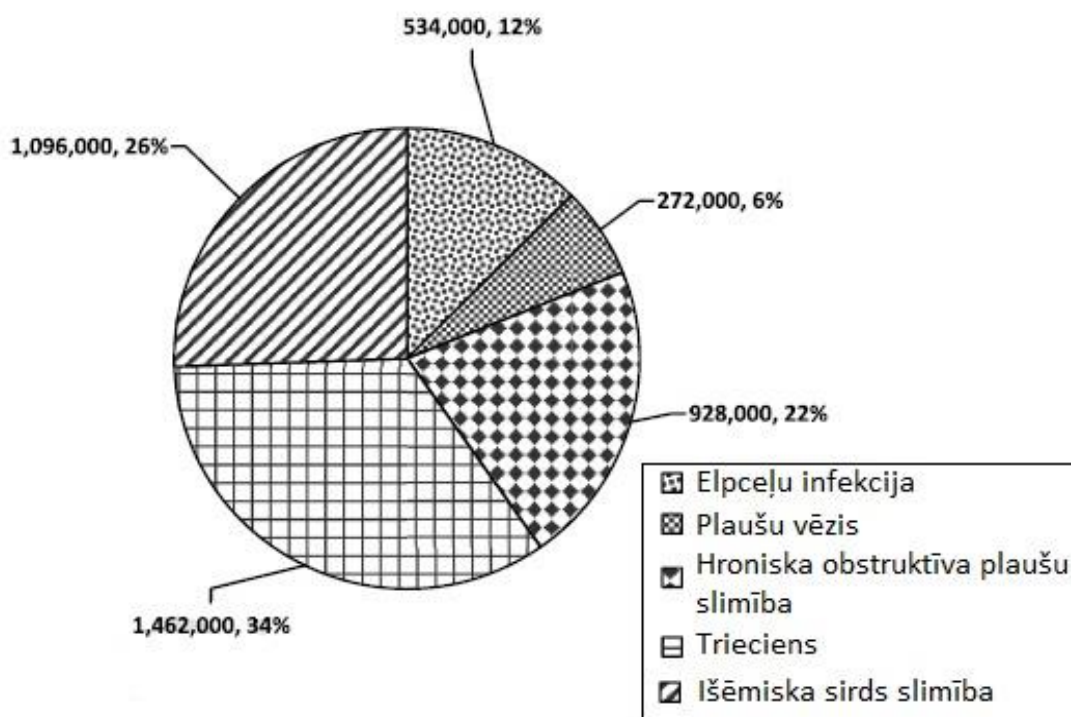
Augsts CO₂ līmenis atmosfērā samazina siltuma infrasarkanā starojuma atstarošanās no Zemes virsmas atpakaļ kosmosā, kas izraisa temperatūras pieaugumu [11].

Iekšējās gaisa piesārņošanas ietekmējošais avots ir apkures ar cieto biomasu un fosīlu kurināmo, koks, ogles, lignīts, kokogles, malkas, gova mēsli un citas lauksaimniecības atliekas. Dūmos, kas rodas sadedzinot kurināmo, ir līdz 1000 mg/m³ cietajām daļiņām, kas ir saistītas ar vairākiem specifiskām slimībām [12].

1.4. Gaisa aerosolu ietekme uz cilvēka veselību

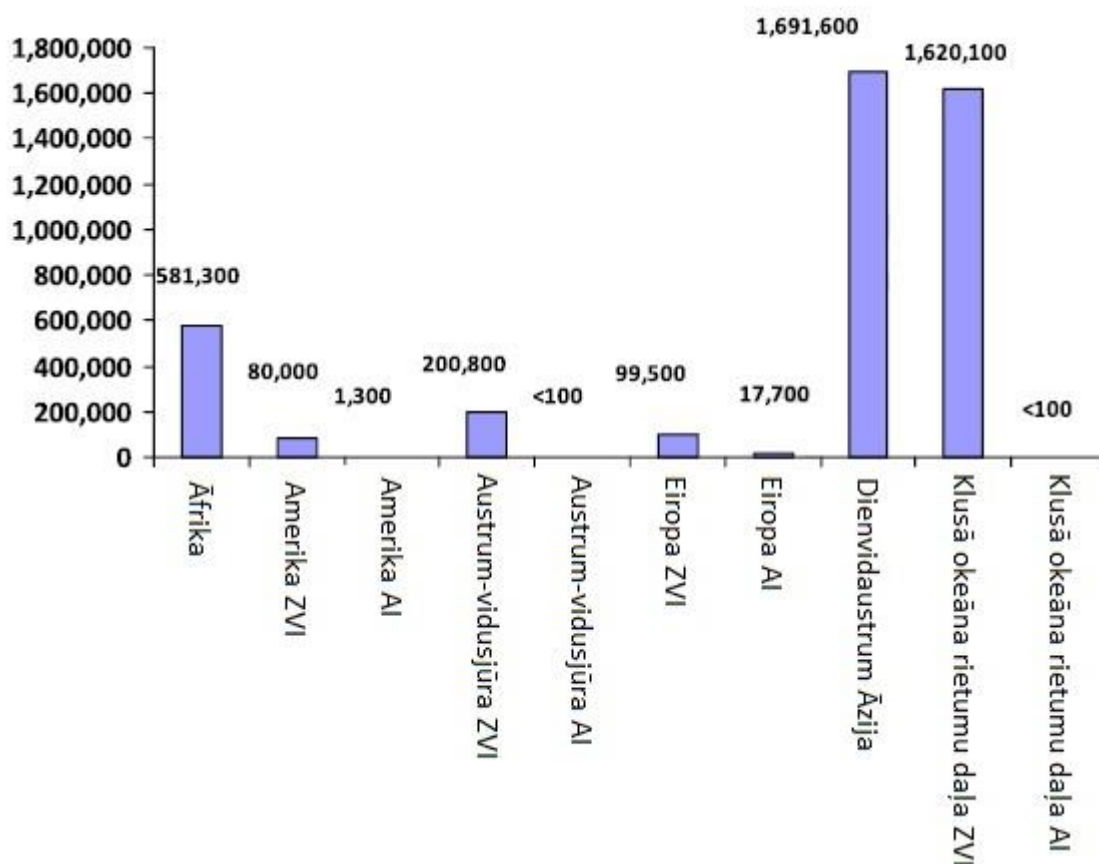
Ir zinātniski pierādīts, ka iedarbība uz gaisa kvalitāti ar piesārņojošām vielām var ietekmēt cilvēku veselību dažādos veidos, sākot ar smalkām bioķīmiskām un fizioloģiskām izmaiņām, līdz smagām slimībām un nāvi. Pētījumi rāda, ka šis efekts bija redzams no pagājušā gadsimta sākuma, kad tika fiksēts palielināts mirstības un saslimšanas daudzums pēc īsa, bet ļoti liela gaisa piesārņojuma [13].

Epidemioloģiskie pētījumi rāda, ka apkārtējā gaisa aerosolu daļiņu augstās koncentrācijas būtiski ietekmē veselību, tostarp palielinās mirstība, palielinās elpceļu saslimšanas simptomi, slimības un hospitalizācija, kā arī plaušu funkcijas kritums, 1.2.attēlā ir parādīts mirstība pēc saslimšanas, kas ir izraisīta ar gaisa piesārņojumu [5].



1.2.att. Gaisa piesārņošanas ietekme uz mirstību pēc saslimšanas

Saskare ar piesārņotājiem no biomasas dedzināšanas, kam ir kaitīga ietekme uz cilvēka veselību, paaugstinās saslimstība un mirstība. Hroniska obstruktīva plaušu slimība ir nāves cēlonis galvenokārt valstīs ar zemo un vidējo dzīves līmeni, tas parādīts 1.3.attēlā [12].



ZVL – zems- vidējais- limenis.

AL – augsts limenis.

1.3.att. Iekšelpas gaisa piesārņošanas mirstība pēc reģiona

Gaisa piesārņojums ir plaši atzīts par nozīmīgu cilvēka veselības riska faktoru. Ilgstoša saskare ar gaisa piesārņojuma daļiņu (PM), palielina risku saslimt ar plaušu vēzi, elpošanas orgānu slimībām un aterosklerozes, savukārt īstermiņa iedarbība var saasināt vairākas formas elpošanas ceļu slimības, tostarp bronhītu un astmu, kā arī izmaiņas sirdsdarbībā [14].

Atkarībā no daļiņu aerodinamiskiem diametriem, ieelpotās daļiņas nonāk noteiktos elpošanas orgānos. Daļiņas, kas ir lielākas par 10 μm , tiek aizturētas degunā un pārsvarā neizraisa problēmas cilvēka veselībai un viegli izvadās no organisma. Daļiņas, kas ir mazākas par 10 μm ir kaitīgākas cilvēkam un kaitīgi ietekmē uz cilvēka organismu. Saistībā ar mirstību un ilglaicīgo iedarbību – $\text{PM}_{2.5}$ ir uzskatāms par būtiskāku riska faktoru nekā PM_{10} . Mirstība pieaug no $\text{PM}_{2.5}$ daudz vairāk nekā no PM_{10} , jo tie iekļūst dziļāk organismā, PM_{10} un mazākas

daļiņas nonāk līdz bronhiem, bet $PM_{2.5}$ iekļūst bronhiolās. Smalkākā daļa no $PM_{2.5}$ adsorbējas uz plaušu alveolām, ļoti ātri spēj iekļūt asins plūsmā un tādā veidā nonāk jebkurā orgānā [15].

Kā toksiskie savienojumi atmosfērā ir kvēpi, kas sastāv no policikliskiem aromātiskiem ogļūdeņražiem un savienojumiem, kas satur smago metālu elementus. Tādi savienojumi ir kancerogēni un izraisa dažādas slimības. Kadmijs sakrājas nierēs un bojā nieru kanāliņus. Kadmijs sakrājas arī kaulos un izraisa to trauslumu. Svins traucē D vitamīna metabolismam un pasliktina intelektuālās spējas bērniem, veicina anēmijas attīstību un izraisa nieru bojājumus. Vanādijs kairina augšējos elpceļus. Dzīvsudrabs ietekmē imūnsistēmu, nervu sistēmu un nieru darbību. Mangāns, kas ir uzņemts ar gaisu, izraisa psihiskus, kā arī kustību traucējumus, plaušu slimības un reproduktīvo disfunkciju [2].

Jūtīgās iedzīvotāju grupas ir hroniski slimnieki (ar plaušu un sirds slimībām), bērni un gados veci cilvēki. Jāatzīmē, ka PM iedarbība būtiski ietekmē plaušu attīstību bērniem, hronisku pazeminātu plaušu augšanas ātrumu un ilgstošu plaušu funkciju pavājināšanos. Nav datu par drošiem PM iedarbības sliekšņa līmeņiem. Iedarbība ir visaptveroša un arī netieša.

Nav pierādījumu par atšķirīgiem iedarbības efektiem atkarībā no daļiņu ķīmiskā sastāva, bet melnās ogles daļa (nepilnīgas sadegšanas produkti) uzrāda kaitīgu efektu, arī organiskie policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži, metāli un neorganiskie sāļi – darbojas tieši toksiski uz organisma šūnām. Dīzeļa motora izplūdes gāzes tiek klasificētas kā kancerogēnas [16]. Tie izraisa skābekļa badu, centrālās nervu sistēmas traucējumus, acu un deguna iekaisumus [10]. $PM_{2.5}$ emisijas, kas ir veidotas no elektrostacijas ar ogļu apkuri izraisīja vairāk nekā 13000 nāves, 9700 hospitalizācijas un 20 tūkstoši sirds slimības 2010. gadā [17].

Pēc MK veselības inspekcijas rekomendējamās vērtības:

- $PM_{2.5}$ - gada vidējā vērtībā $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ un 24 stundu vidējā vērtībā - $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bet ne ilgāk kā 3 dienas gadā)
- PM_{10} – gada vidējā vērtība $20\mu\text{g}/\text{m}^3$, bet vidēji 24 stundās - $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ [18].




1.5. Gaisa kvalitāte Rīgā un Latvijā

Gaisa kvalitāti raksturo galvenie piesārņojošo vielu rādītāji (indikatori) – sēra dioksīds, slāpekļa dioksīds, ozons, oglekļa oksīds un daļiņas (PM_{10} un $PM_{2.5}$), kuru paaugstinātās koncentrācijas ietekmē kā cilvēku veselību, tā arī veģetāciju [19].

Gaisa kvalitāti ietekmē arī gaisā esošie metālu radioaktīvo izotopu (Pb, Hg, Cu, Ni, Be) un organisko vielu klātbūtne aerosolu sastāvā [20].

Rīgas domes Mājokļu un vides departaments nodrošina gaisa monitoringu pašvaldības līmenī. Tie izmanto monitoringa stacijas, 1.4.attēlā ir parādītas aparātu novietojumi, kuras darbojas nepārtraukti. Katras piecas minūtes mēraparāti nepārtraukti iegūst jaunus mērījumus. Gaisa piesārņojuma analīzei galvenokārt tiek izmantotas piesārņotājvielu koncentrācijas vidējās stundas vērtības. Dati automātiski tiek vākti departamenta Vides pārvaldē, kā piemēru PM_{10} koncentrācijas mērījumus parādīti 1.5.attēlā.

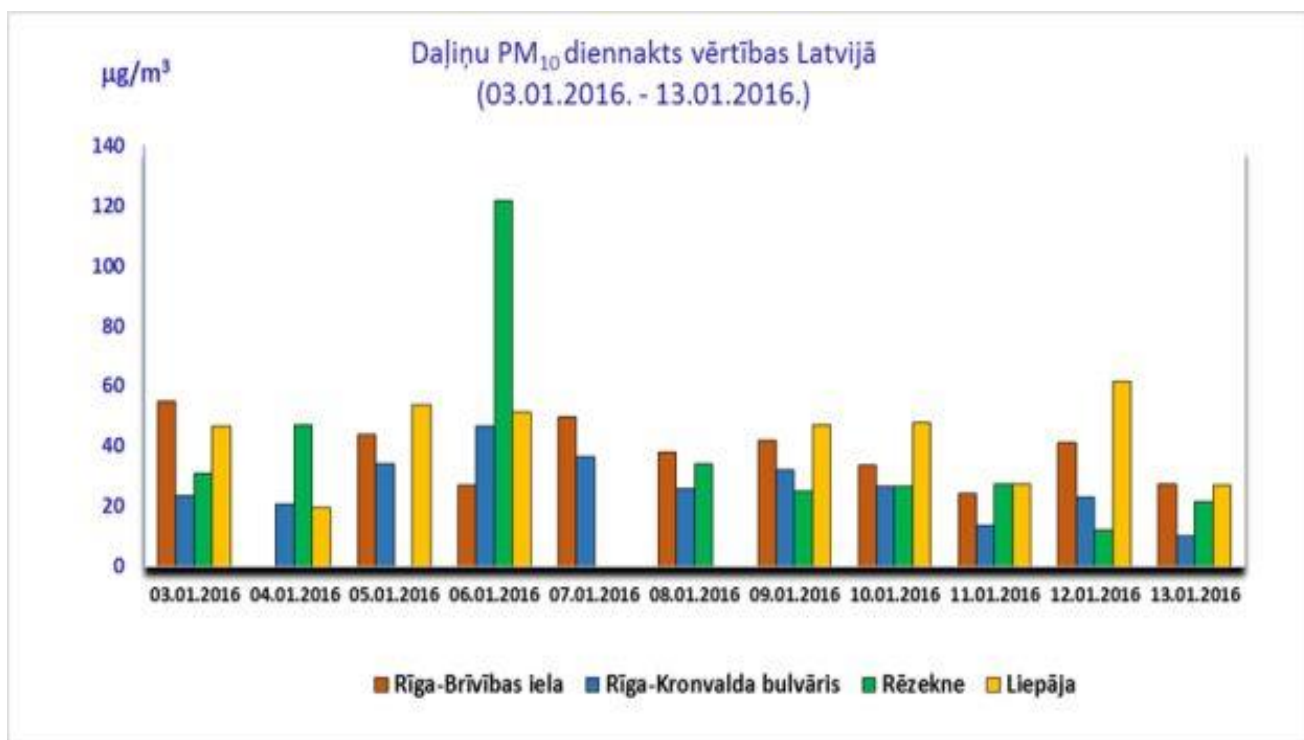


-  - piezemes gaisa slāņa kvalitāti kontrolējošas monitoringa stacijas;
-  - gaisa kvalitāti jumta līmenī jeb t.s. pilsētas fonu kontrolējošas monitoringa stacijas;
-  - monitoringa stacijas, kuras atrodas Brīvostas teritorijā.

1.4.att. Gaisa monitoringa staciju tīkls Rīgā

Vecākā Rīgas domei piederošā mēraparatūra no 1999.gada februāra tiek izmantota piesārņojuma kontrolei Rīgas ostas rajonā, kura šobrīd ir viena no ekonomiski aktīvākajām vietām pilsētā [21].

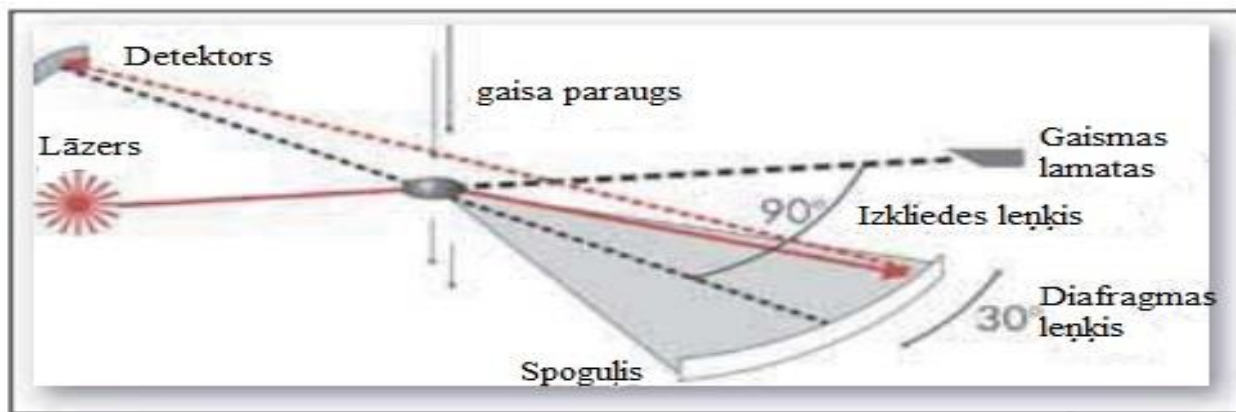
Gaisa kvalitāti Latvijā kopumā var uzskatīt par labu. Visā Latvijas teritorijā netika novēroti SO₂, ozona un CO₂ piesārņojošo vielu robežlielumu pārsniegšanas gadījumi cilvēku veselības aizsardzībai [19].



1.5..att. Cietu aerosolu daļiņu diennakts vērtības Latvijā

1.6. Aerosolu daļiņu masas koncentrāciju noteikšanas metode

Aerosolu koncentrāciju mērīšanas metode - putekļa monitorings, ir optiska metode, kuras pamatā ir lāzera izkliedes intensitāte, tas darbības shēma ir parādīta 1.6.attēlā. Izmantojot plūsmas kontrolētu sūkni, gaisa paraugi ar dažādu daļiņu izmēru tiek ievadīti aparātā. Daļiņas tiek mērītas pēc ortogonālās gaismas izkliedes principa. Daļiņas izgaismo ar lāzera gaismu un izkliedēts signāls no daļiņām sakrājas spogulī pie 90° leņķa, un tiek padots uz saņēmēj diodu. Uz diodi signāli pārvēršas par impulsiem un katrs no impulsiem tiek padots uz impulsa analizatoru. Analizatoram ir daudz kanālu, kuri atbilst noteiktiem daļiņu izmēriem, un impulsi sadalās uz attiecīgiem kanāliem. Sakarā ar to, ka nenotiek parauga sildīšana var identificēt aerosolus un daļēji gaistošas šķidrās daļiņas. Mērījumi tiek konvertēti koncentrācijas skaitliskas vērtības pēc daļiņu masas sadalījuma [22].



1.6.att. Grimm EDM 107 putekļu monitora darbības shēma

1.7. Aerosolu daļiņu parauga šķīdināšana

Skābju mineralizāciju izmanto, lai sagatavotu paraugu metālisko elementu analīzei. Metode balstās uz pilnīgas organisko savienojumu oksidācijas ar spēcīgiem oksidētājiem. Metode izpildās zemās temperatūrās, tāpēc nav lielu gaistošu vielu zudumu. Bet metode prasa lielu laika patēriņu un lielu oksidētāju daudzumu, kas var būt parauga piesārņošanas avots.

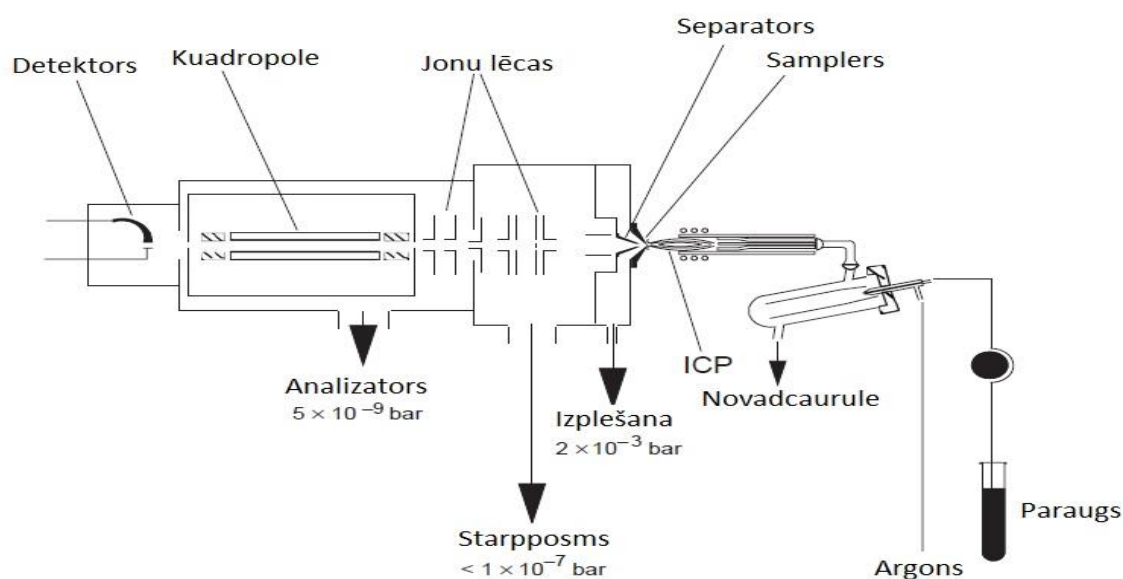
Visbiežāk izmanto maisījumu: $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-HClO}_4$; $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$; $\text{HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$; $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$. Oksidēšanu var veikt ar ūdeņraža peroksīdu vai kālija permanganātu. Lai izvairītos no organiskiem savienojumiem, kas paliek pēc oksidācijas skābēm vai skābes maisījuma apstrādes (sērskābes, slāpekļskābes, perhlorskābes un tamlīdzīgi), pievieno ūdeņraža peroksīdu vai kālija permanganātu. Dažreiz izmanto sērskābes un hromskābes maisījumus, kālija permanganāta skābā un sārmainā vidē. Reaģentu izvēles laikā ir jāņem vērā to tīrība, jo paraugs var tikt papildus piesārņots, kas traucēs tālāko analīzi [23, 24].

1.8. Induktīvi saistītās plazmas masspektrometrijas metode

Induktīvi saistītās plazmas masas spektrometrija vai ICP-MS ir analītiska metode, kuru izmanto ķīmisko elementu noteikšanai. Paņēmiens komerciāli tika ieviests 1983.gadā un ieguvis vispārēju atzīšanu daudzu veidu laboratorijās. Visagrāk ICP-MS tehnoloģijas sāka izmantot ģeoķīmiskās analīzes laboratorijās, jo aparātam bija lieliskas analītiskas spējas, īpaši attiecībā uz retzemju elementiem. ICP-MS ir daudzas priekšrocības salīdzinājumā ar citām elementu analīzes metodēm, tādām kā atomu absorbcijas, un optiskās emisijas spektrometrijas metode [25].

ICP-MS ir kombinācija no diviem paņēmieniem - induktīvi savienotas plazmas (ICP) un masas spektrometrijas (MS). Tas darbības shēma ir parādīta 1.7.attēlā. ICP ir ļoti piemērots jonu avots neorganiskai MS, jo augsta temperatūra ICP nodrošina gandrīz pilnīgu parauga sadalīšanu tos veidojošajos atomos un jonizācija ir ļoti efektīva j vairumiem elementiem periodiskā tabulā.

ICP komponents ir ļoti līdzīgs ICP, kas ir izmantots atomu emisijas spektrometrijā (AES) un nesēnā pagātnē, parauga ievadīšanas sistēmas, radio frekvences (RF) ģeneratori bieži vien bija vienādi ICP-MS un ICP-AES sistēmām.



1.7.att. ICP-MS darbības shēma

Ķīmiskie elementi jonizējas ar plazmu palīdzību, kas veidojas no radio frekvences (RF) ģenerators iedarbības. RF ģenerators enerģija saistās ar elektromagnētisko lauku, un caur to tiek padotas divas gāzes plūsmas, parasti tas ir argons. Lai veidotu plazmu plūsmas īsā laikā, elektrolīzē paātrina elektronu kustību. Paātrināti elektroni 'izsit' vienu elektronu no argona, rezultātā veidojas vide, kas sastāv no argona atomiem ar nelielu brīvu elektronu saturu un argona joniem.

Lai analizētu paraugu ar ICP-MS, tam jābūt šķīdram. Paraugu ievada smidzinātājā, ar tā palīdzību veidojas aerosols, sasniedzot plazmu, tas pārvēršas par sausu aerosolu, kas tālāk sadalās molekulās un atomos. Iekļūstot karstā plazmā molekulas un atomi sadalās par joniem un notiek jonizācija. Tālāk joni ar interfeisa palīdzību atdalās no plazmas un nonā masspektrometrā. Masspektrometrā jonus sadala pēc tos masas attiecības pret lādiņiem. Detektors apstrādā signālu, kas ir proporcionāls tos jonu koncentrācijai [26,27].

2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

2.1. Izmantotā aparatūra, filtri, trauki, reaģenti

Aparatūra:

- Putekļu monitors: Grimm EDM 107, GRIMM Aerosol Technik
- Svari: CP2 P-F, max 2,1 g (d = 0,005 mg (2,1 g); 0,002 mg (1g); 0,001 mg (0,5 g)), Sartorius
- Dihotomais $PM_{10-2.5/2.5}$ impaktors: Dichotomous sampler, Thermo Electron Corporation
- Ultraskaņas vanna: Bandelin Sonorex RK156, 35 KHz, 230 V, Labassco Analys
- Induktīvi saistītās plazmas masspektrometrs ELAN DRC-e, PerkinElmer.

Filtrs:

- Nitrocelulozes filtrs: MCE GN-4 diametrs: 37mm

Trauki:

- 50 mL PP centrifūgas mēģenes
- 50 mL vārglazes
- Petri trauciņi
- Mikropipete Biohit 5 mL ($\pm 0,001$ mL)

Reaģenti:

- Slāpekļskābe, HNO_3 , 65%, Suprapur, Merck; C; R: 35, S: 28 – 36 – 45
- Ūdeņraža peroksīds, H_2O_2 , 30%, Suprapur, Merck; O, C, Xn; R: 23 – 41; S: 26 – 28 – 36/37/39 – 45

Bīstamības apzīmējumi:

C – kodīgs

O – spēcīgs oksidētājs

Xn – kaitīgs

Ķīmisko vielu iedarbības raksturojumi:

R: 23 – toksisks ieelpojot;

R: 35 – rada smagus apdegumus;

R: 41 – nopietni bojājumu draudi acīm.

Drošības prasību apzīmējumi:

S: 26 – ja nokļūst acīs, nekavējoties skalot ar lielu daudzumu ūdens, meklēt medicīnisko palīdzību;

S: 28 – ja nokļūst acīs, nekavējoties skalot ar lielu daudzumu ūdens;

S: 36 – izmantot piemērotu aizsargapģērbu;

S: 36/37/39 – izmantot piemērotu aizsargapģērbu, aizsargcimodus un acu vai sejas aizsargus;

S: 45 – nelaimes gadījumā vai jūtot veselības traucējumus, nekavējoties meklēt medicīnisko palīdzību.

2.2. Aerosolu daļiņu masas koncentrāciju mērījumi

Gaisa aerosolu daļiņu masas koncentrācijas pēc tos izmēra (PM_{10} ; $PM_{2.5}$) mērīšanu veica dažādās vietās un no dažādiem emisiju avotiem. Pirmais eksperiments veica Rīgā, Jelgavas ielā 1, brauktuves tuvumā, Latvijas Universitātes laboratorijas telpā (620. telpa), uz Latvijas Universitātes ēkas jumta 38 metru augstumā. Otrā eksperimenta laikā mēra aerosolu masas koncentrācijas virtuvē, ēdiena gatavošanas laikā uz gāzes plītiņas un sadedzinot kurināmo - atklāta uguns svaigā gaisā, uguns iekštelpās, kurinot krāsnī. Trešais eksperiments – aerosolu masas koncentrācijas mērīšana sadegot aromātiskiem kociņiem iekštelpās un tabakas produktu izmantošana iekštelpās, ventilējamā telpā un āra vidē.

Koncentrācijas mērījumi veica ar putekļu monitoru Grimm EDM 107, kas ar sūkni iesūc iekšā gaisu ar aerosolu daļiņām, kuru koncentrācija tiek mērīta pēc tā izmēra. Aparāts var izmērīt daļiņas ar PM_{10} izmēru, tās ir visas daļiņas, kas ir ne lielākas par $10\ \mu m$ un daļiņas ar $PM_{2.5}$ izmēru, tās ir visas daļiņas, kas ir ne lielākas par $2,5\ \mu m$.

2.3. Aerosolu daļiņu paraugu ņemšana uz filtra

Kā parauga ņemšanas vieta bija izvēlēta Rīgā, Jelgavas iela 1, uz Latvijas Universitātes jumta 38 metru augstumā. Darbā izmantoja nitrocelulozes filtrus: MCE GN-4 ar diametru 37 mm. Uz filtra uzkrāja paraugus ar izmēru $PM_{10-2.5}$ un $PM_{2.5}$. Paraugi ņem ar dihotomu $PM_{10-2.5/2.5}$ impaktoru, kas ar kontrolētu sūkni, iesūc gaisa paraugu, un sadala aerosola daļiņas pēc tos izmēriem uz filtriem.

Ir divas kontrolētas gaisa plūsmas. Viena plūsma ir 1,67 L/h, ar to impaktors savāc uz filtra rupjās daļiņas ar izmēru $PM_{10-2.5}$, otra plūsma ir 16,7 ar to savāc smalkās $PM_{2.5}$ daļiņas. Katra izmēra paraugus ņēma trīs reizes.

2.4. Aerosolu daļiņu paraugu sagatavošana

Paraugu sagatavošanai bija izvēlēta skābju mineralizācija. Filtru ar aerosolu daļiņu paraugu ievietoja vārglazē, tam ar mikropipeti pievienoja 2 ml koncentrētas slāpekļskābes, 1 ml 30% ūdeņraža peroksīdu un 2 ml dejonizētu ūdeni. Vārglāzes ar filtriem un šķīdumiem ievietoja ultraskaņas vannā uz vienu stundu. Pēc tam šķīdumus pārlēja 50 ml plastmasas centrifūgas mēģenēs, kvantitatīvi pārnēsot un skalīnot vārglāzes ar dejonizētu ūdeni, iegūtu šķīdumu atšķaidīja līdz 25 mL.

Filtri daļēji izšķīda, uztaisīja divus tukšos paraugus. Tos sagatavoja pēc tāda paša principa, bet kā paraugu paņēma tīrus filtriņus.

2.5. Aerosolu daļiņu paraugu analizēšana

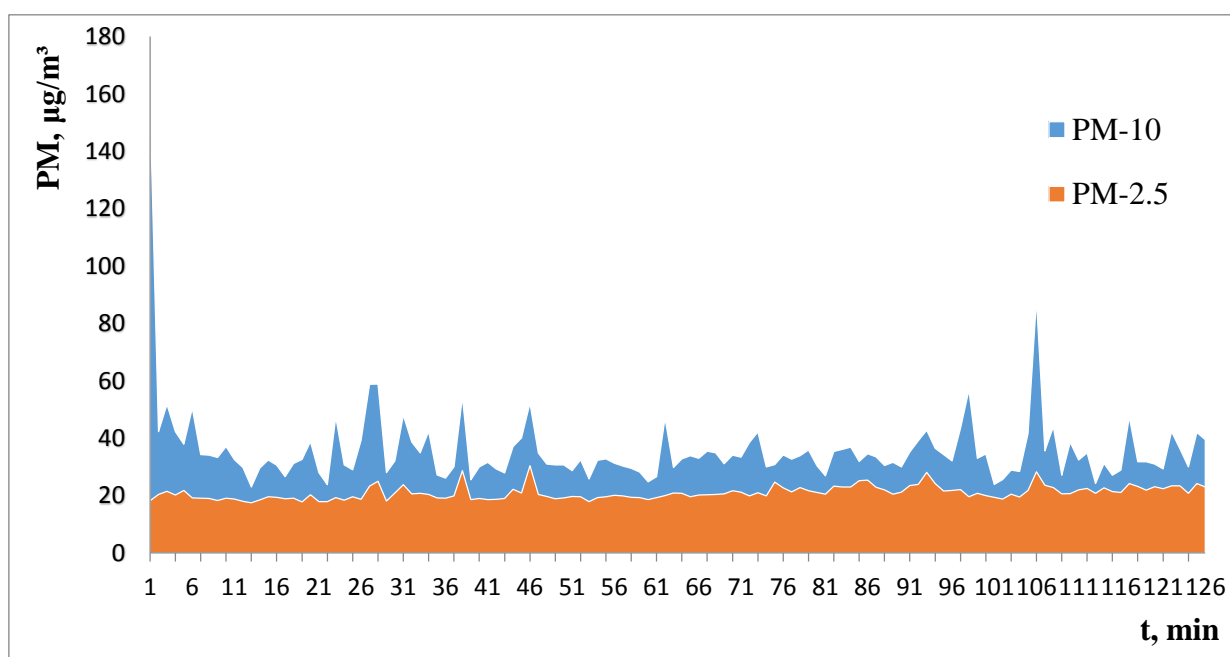
Paraugus analizēja ar ICP-MS metodi. Vispirms bija veikta aparāta standartizēšana ar multielementu standartšķīdumiem. Standartizēšanu veica ar dažādām metālisko elementu koncentrācijām: 10 $\mu\text{g/L}$, 15 $\mu\text{g/L}$, 20 $\mu\text{g/L}$, 30 $\mu\text{g/L}$ un 50 $\mu\text{g/L}$. Pēc standartizēšanas mērīja izšķīdināto gaisa aerosolu un tukšos paraugus.

3. REZULTĀTI UN TO IZVĒRTĒJUMS

3.1. Apkartējā gaisa aerosolu masas koncentrāciju raksturojums

Bija veikti trīs gaisa mērījumi: 1) Rīgā, Jelgavas iela 1, pie Latvijas Universitātes ēkas brauktuves tuvumā 2) Rīgā, Jelgavas iela 1, Latvijas Universitātes laboratorijas telpā (620.telpa) 3) Rīgā, Jelgavas iela 1, Latvijas Universitātes uz ēkas jumta 38 metru augstumā.

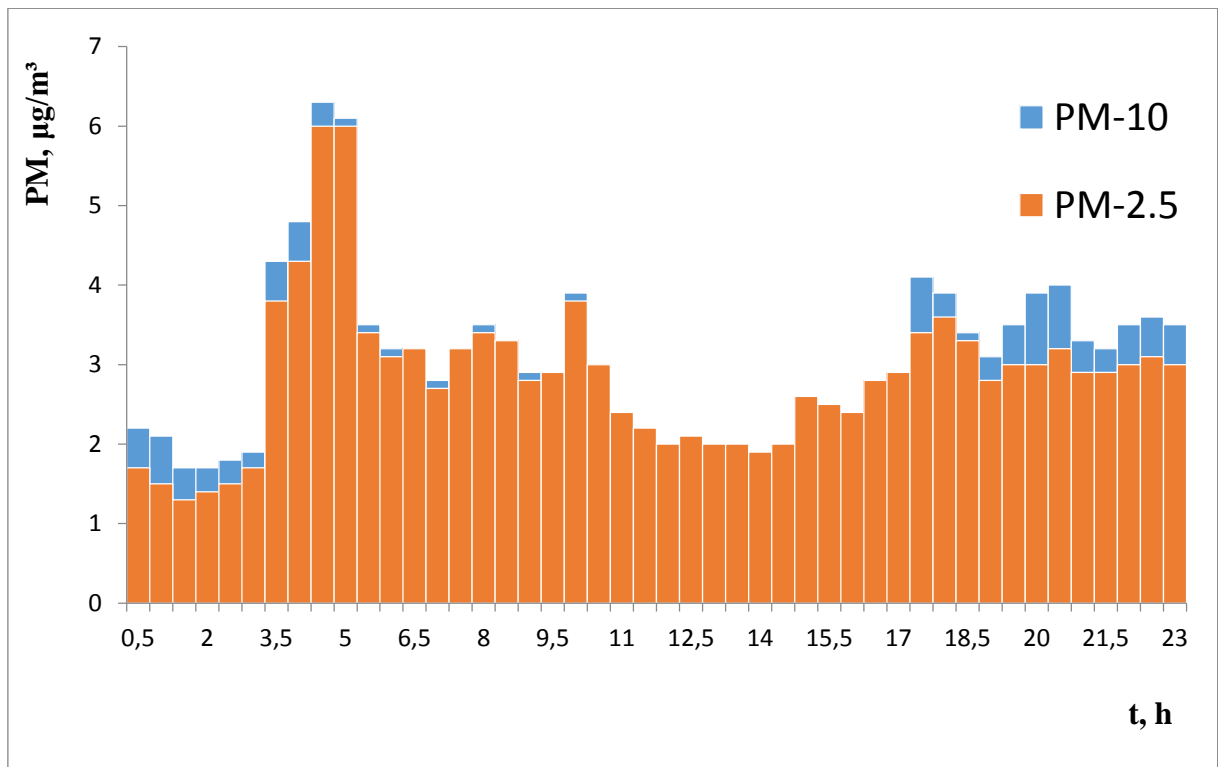
1) Eksperimentu veica 06.04.2016 no 09:04 līdz 11:09 ar 1 minūtes intervālu.



3. 1.att. PM_{10} un $\text{PM}_{2.5}$ aerosolu masas koncentrāciju mērījumi brauktuves tuvumā

Aerosolu daļiņas, ar izmēru PM_{10} pārsniedz MK rekomendējamo robežvērtības. Tāda liela koncentrācija rodas no sabiedriskā transporta, jo lielu gabarītu transports stipri maina gaisa plūsmu, un rupjās aerosola daļiņas tiek resuspendētas, savukārt $\text{PM}_{2.5}$ turas vienā līmenī un nepārsniedz MK robežlielumu, to var redzēt 3.1 attēlā. Vidēja PM_{10} koncentrācija ir $35,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ un maksimāla $157,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vidēja $\text{PM}_{2.5}$ koncentrācija ir $21,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ un maksimāla $30,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kopumā PM_{10} un $\text{PM}_{2.5}$ koncentrācijas ir zemas un nepārsniedz robežas. 59% no PM_{10} koncentrācijas sastāda $\text{PM}_{2.5}$.

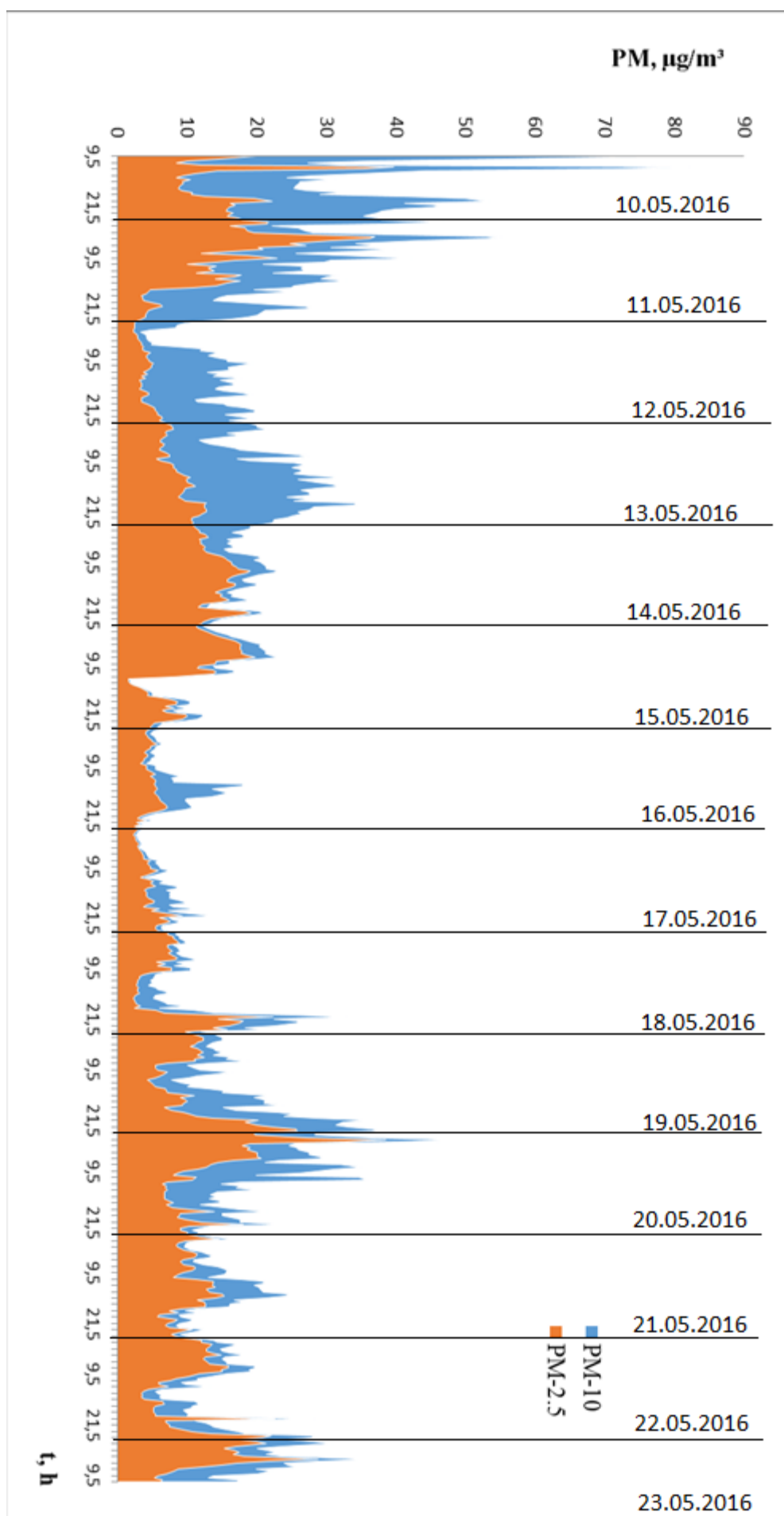
2) Eksperimentu veica no 31.03.2016 14:50 līdz 01.04.2016 13:20 ar 30 minūšu intervālu.



3.2.att. PM₁₀ un PM_{2,5} mērījumi LU 620. laboratorijā

Latvijas Universitātes laboratorijā gaiss ir ļoti tīrs, jo aerosolu koncentrācijas ir zema. Vidēja PM₁₀ koncentrācija ir 3,1 µg/m³ un maksimāla 6,3 µg/m³. Vidēja PM_{2,5} koncentrācija ir 2,8 µg/m³ un maksimāla 6,0 µg/m³. 95% no PM₁₀ koncentrācijas ir PM_{2,5}.

- 3) Eksperimentu veica no 10.05.2016 09:35 līdz 23.05.2016 11: 05 ar 30 minūšu intervālu.



3.3.att. **PM₁₀ un PM_{2,5} mērījums LU jumta, 38 metru augstumā**

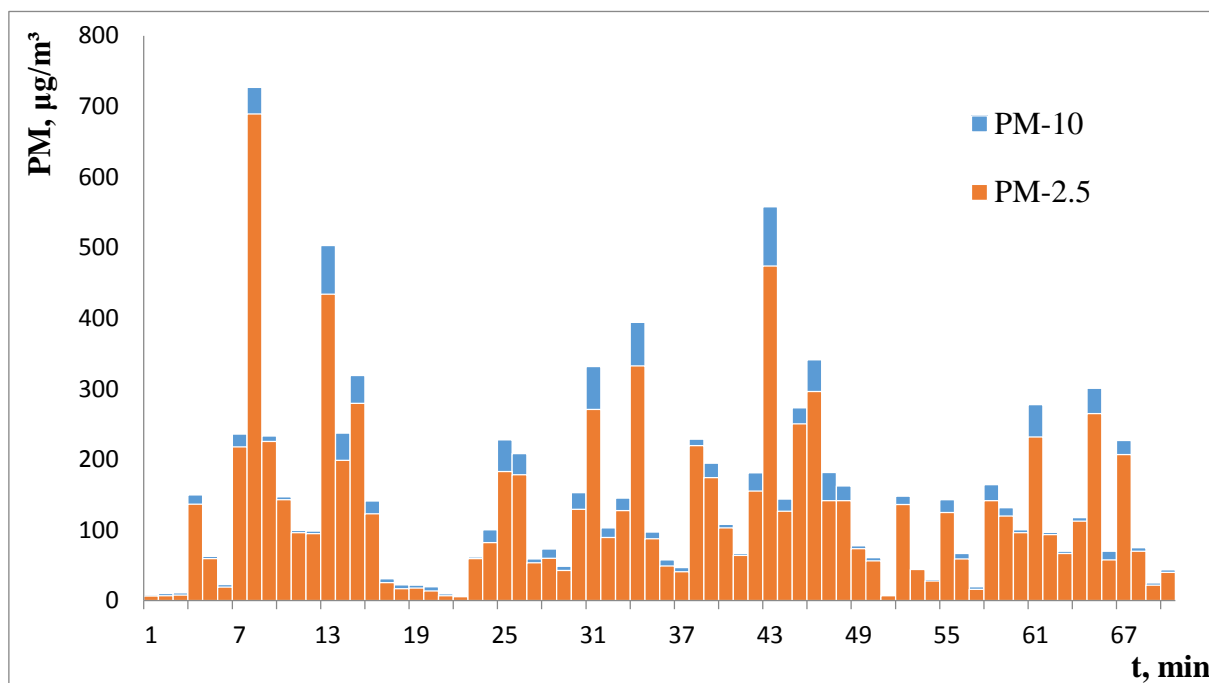
Pēc grafika (3.3.att.) ir redzams, ka PM_{10} izmēra aerosola masas koncentrācijas eksperimenta sākumā pārsniedz robežu, bet pēc laika tas samazinās. Arī var redzēt no 12 līdz 13 un no 19 līdz 20 minūtes koncentrācijas paaugstinās, tas varēt būt saistīts ar to, ka netālu ir dzelzceļš un noteiktā laikā tur brauc kravas vilcieni. Vidēja PM_{10} koncentrācija bija $17,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ un maksimāla $82,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vidēja $PM_{2,5}$ koncentrācija bija $9,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ un maksimāla $39,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kopumā PM_{10} un $PM_{2,5}$ nepārsniedz MK rekomendējamo robežvērtības un 58% no PM_{10} koncentrācijas ir $PM_{2,5}$.

Kopumā apkārtējo gaisu Jelgavas ielas apvidū varētu raksturot kā diezgan tīru. Vistīrākais gaiss ir LU laboratorijā 620. telpā, to var pamatot tā ka ventilācijas sistēmā ir filtrs, kas ļoti labi attīra gaisu. Vispiesārņotākais gaiss ir pie brauktuves, jo transports izdala izplūdes gāzes, kas piesārņo apkārtējo vidi. Gaiss 38 metru augstumā ir diezgan tīrs, to var uzskatīt par Rīgas fona koncentrācijas.

3.2. Kurināmā sadegšanas aerosolu masas koncentrāciju raksturojums

Kurināmā sadegšanas mērījumus veica trīs veidos: 1) kurināmā degšana atklātā gaisā 2) kurināmā degšana krāsnī iekštelpās 3) mērījumi virtuvē, ēdiena gatavošanas laikā.

1) Eksperimentu veica no 22.04.2016 16:59 līdz 18:08 ar 1 minūtes intervālu.

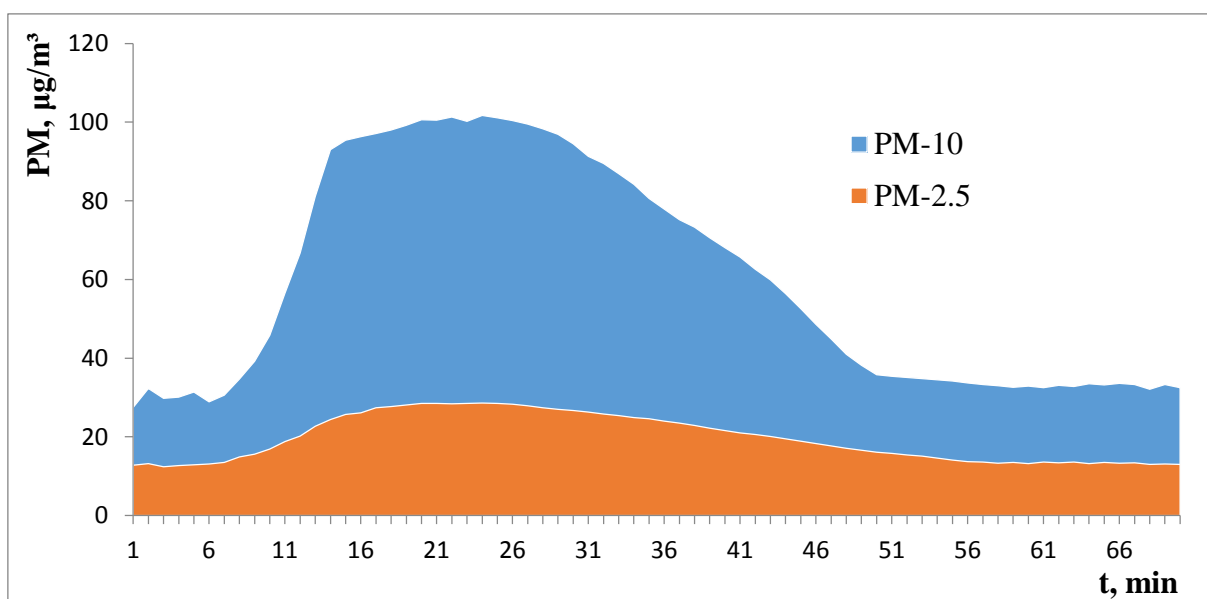


3.4.att. PM_{10} un $PM_{2,5}$ mērījumi no kurināmā degšanas atklātā gaisā

Sadegot oglēm, izdalās augstas aerosolu daļiņu koncentrācijas apkārtējā vidē, tas pārsniedz MK rekomendējamo robežvērtības un negatīvi ietekmē cilvēka veselību. Grafikā

(3.4.att.) var redzēt, ka ir periodiski vērojamas augstas PM_{10} un $PM_{2.5}$ koncentrācijas. Diapazonā no 100 līdz $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kuras pēc neilga laika strauji samazinājās. To var pamatot ka mērīšanas laikā stiprs bija vējš, kas strauji mainīja dūmu virzienu. Ir redzams, tajā laikā kad vēja nebija, aerosolu koncentrācija joprojām bija diezgan augsta, vairāk pār $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Var secināt, ka izdalījušās daļiņas uz kādu laiku palika gaisā lidojošā stāvoklī. Aparāta attālums no avota bija apmēram 5 metri. Vidēja PM_{10} koncentrācija bija $142,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ un maksimāla $727,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vidēja $PM_{2.5}$ koncentrācija bija $126,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ un maksimāla $689,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 89% no PM_{10} ir $PM_{2.5}$.

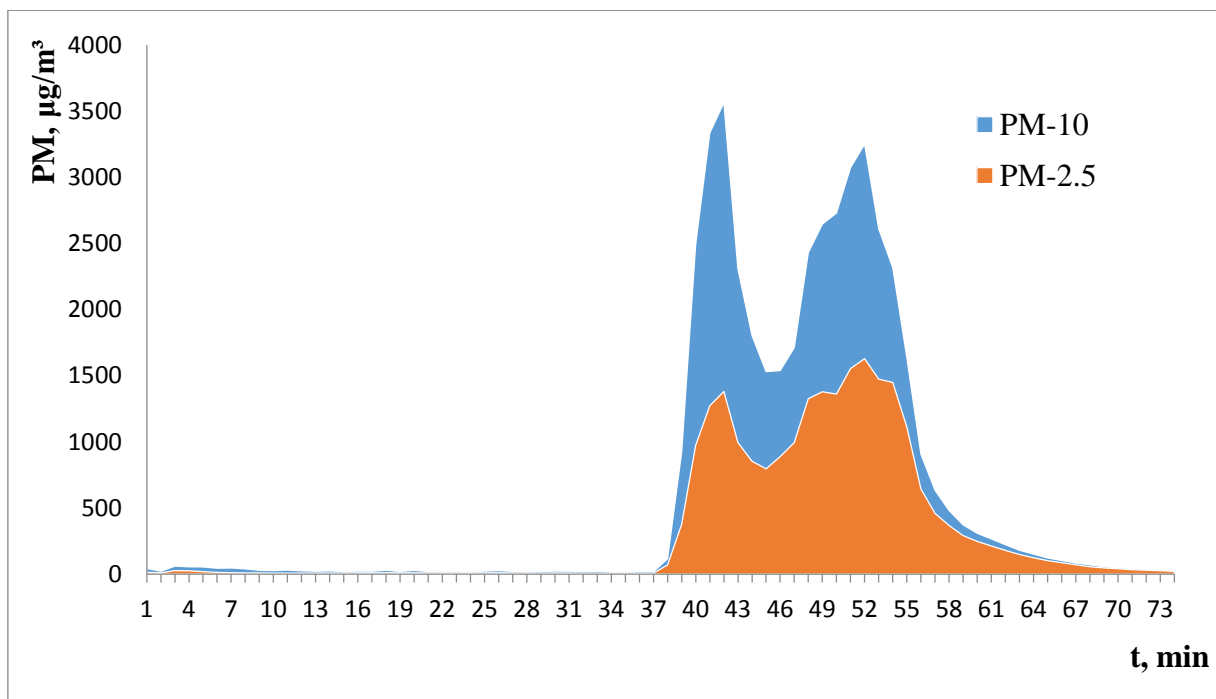
2) Eksperimentu veica 22.04.2016 no 16:59 līdz 18:08 ar 1 minūtes intervālu.



3.5.att. PM_{10} un $PM_{2.5}$ mērījumi no kurināmā iekštelpās, krāsni

Pēc iegūtiem datiem (3.5.att) ir redzams, sadegot koksnei ļoti stipri palielinās PM_{10} daļiņas koncentrācijas, to var pamatot, ka avots izolēts, jo krāsnij ir dūmvads un smalkas daļiņas, attiecīgi vieglāk izlido ārā, bet rupjas paliek iekštelpās. Pēc avota iznīcināšanas tā koncentrācija diezgan ātri samazinās. PM_{10} aerosolu daļiņu koncentrācijas pārsniedz MK rekomendējamo robežvērtības un ietekmē cilvēka veselībai, bet smalku daļiņu koncentrācijas nedaudz pieaug un nepārsniedz robežvērtības. Vidēja PM_{10} koncentrācija bija $59,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ un maksimāla $101,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vidēja $PM_{2.5}$ koncentrācija bija $19,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ un maksimāla $28,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 33% no PM_{10} koncentrācijas ir $PM_{2.5}$

3) Eksperimentu veica no 22.04.2016 16:59 līdz 18:08 ar 1 minūtes intervālu.



3.6.att. PM₁₀ un PM_{2.5} mērījumi virtuvē, ēdiena gatavošana slaikā

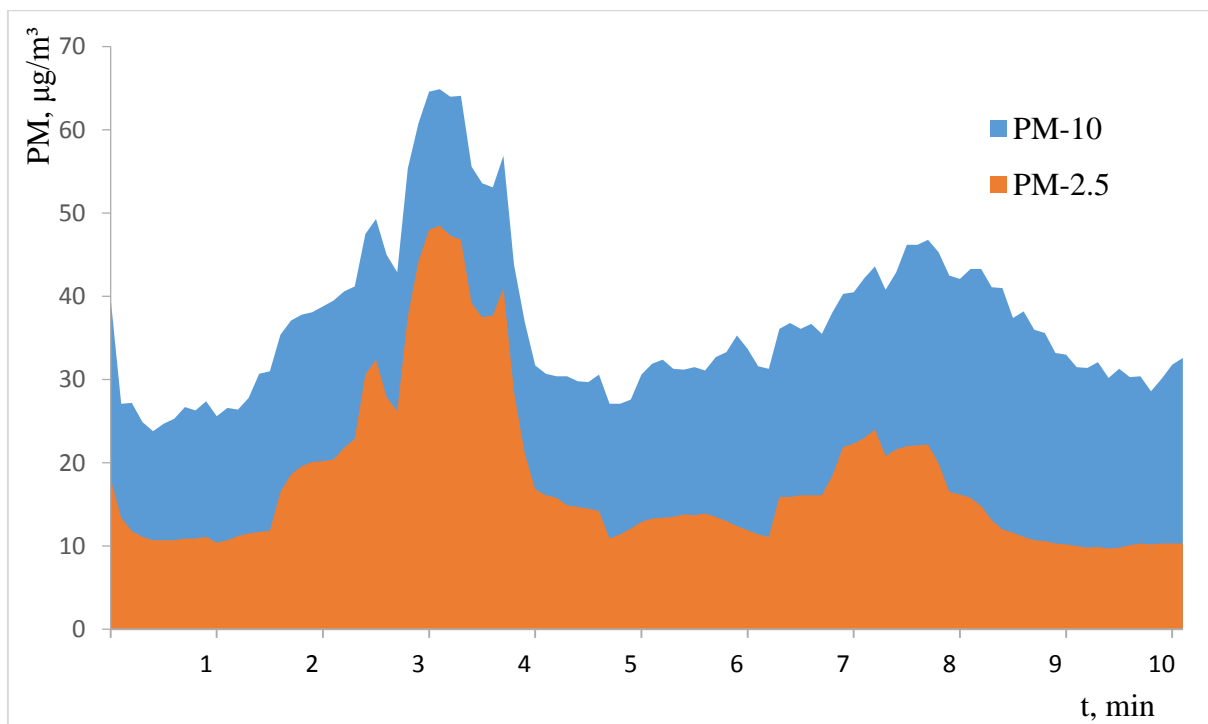
Pēc grafika (3.10.att) sākumā ir novērojams aerosolu daļiņu koncentrācijas liels pieaugums, momentā, kad ir novērojams koncentrācijas kritums, bija ieslēgts tvaika nosūcējs un atvērts logs. Bet pēc īsa brīža koncentrācija palielinājās līdz tādām pašām līmenim. Vidēja PM₁₀ koncentrācija bija 609,9 µg/m³ un maksimāla 3564,5 µg/m³. Vidēja PM_{2.5} koncentrācija bija 316,5 µg/m³ un maksimāla 1628,6 µg/m³. 52% no PM₁₀ ir PM_{2.5}.

Kurināmo dedzināšana stipri ietekmē gan iekštelpas, gan ārējo vidi. Iekštelpās lielāko piesārņotāju daļa ir rupju aerosolu daļiņu koncentrācijas, kas pēc avota iznīcināšanas ātri samazinās, bet ārējā vidē lielākā piesārņotāja daļā ir PM_{2.5}. Dedzinot gāzes plītiņu aerosolu daļiņu koncentrācijas ātri palielinās un arī ātri samazinās pēc avota iznīcināšanas.

3.3. Tabakas produktu sadegšanas aerosolu daļiņu koncentrāciju raksturojums

Tabakas dūmu mērīja trijos dažādos apstākļos: 1) Atklātā gaisā 2) Ventilējamā telpā 3) Slēgtā telpā. Arī papildus izmēra 4) Aromātiskie kociņi.

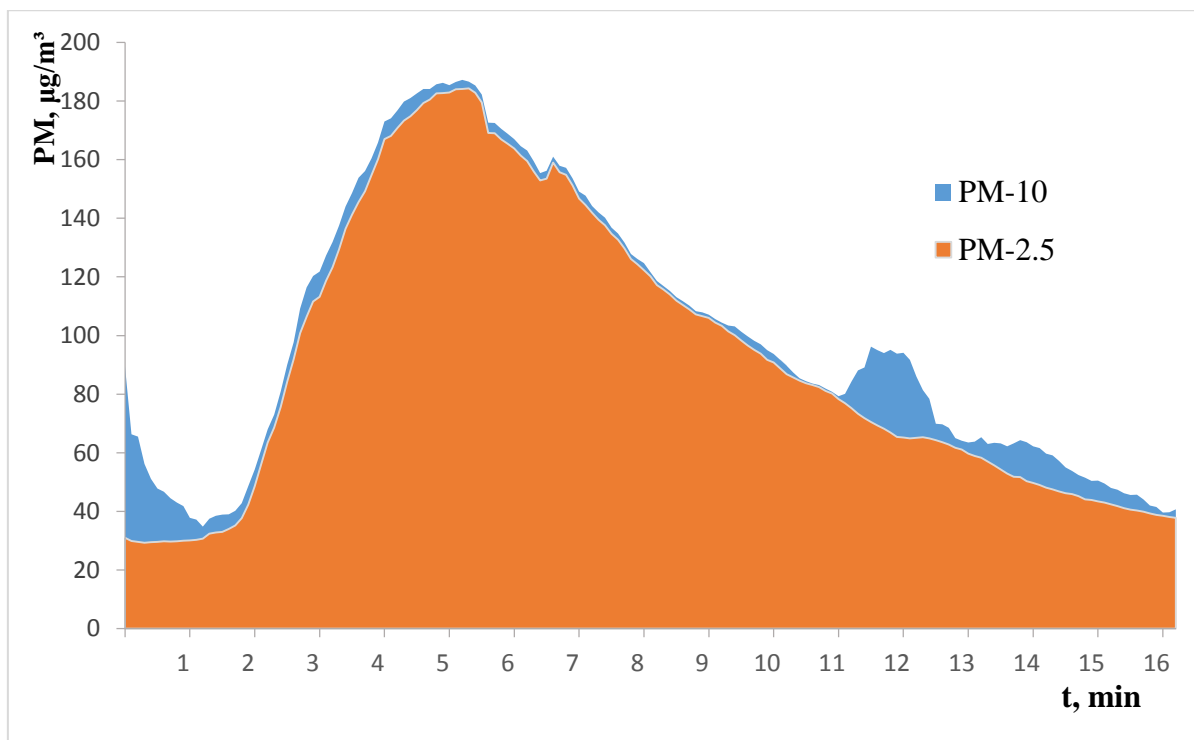
- 1) Eksperimentu veica no 22.04.2016 16:59 līdz 18:08 ar 1 minūtes intervālu.



3.7.att. PM₁₀ un PM_{2.5} mērījumi no tabakas dūmiem atklātā gaisā

Salīdzinot PM₁₀ un PM_{2.5} koncentrācijas ir redzams, ka PM_{2.5} ir mazāk. Pēc grafika (3.56.att.) ir redzams aerosolu daļiņu koncentrācijas izdalīšanās sākums un beigas, tas ir starp 1 un 5 minūti. Mērīšanas laikā bija vājš vējš, kas mainīja virzienu, tāpēc pēc aerosolu izdalīšanās beigām bija grūti noteikt koncentrācijas samazināšanu, jo vējš visu laiku resuspendēja daļiņas. Vidēja PM₁₀ koncentrācija bija 37,1 µg/m³ un maksimāla 64,9 µg/m³. Vidēja PM_{2.5} koncentrācija bija 18,0 µg/m³ un maksimāla 48,5 µg/m³. 49% no PM₁₀ ir PM_{2.5}.

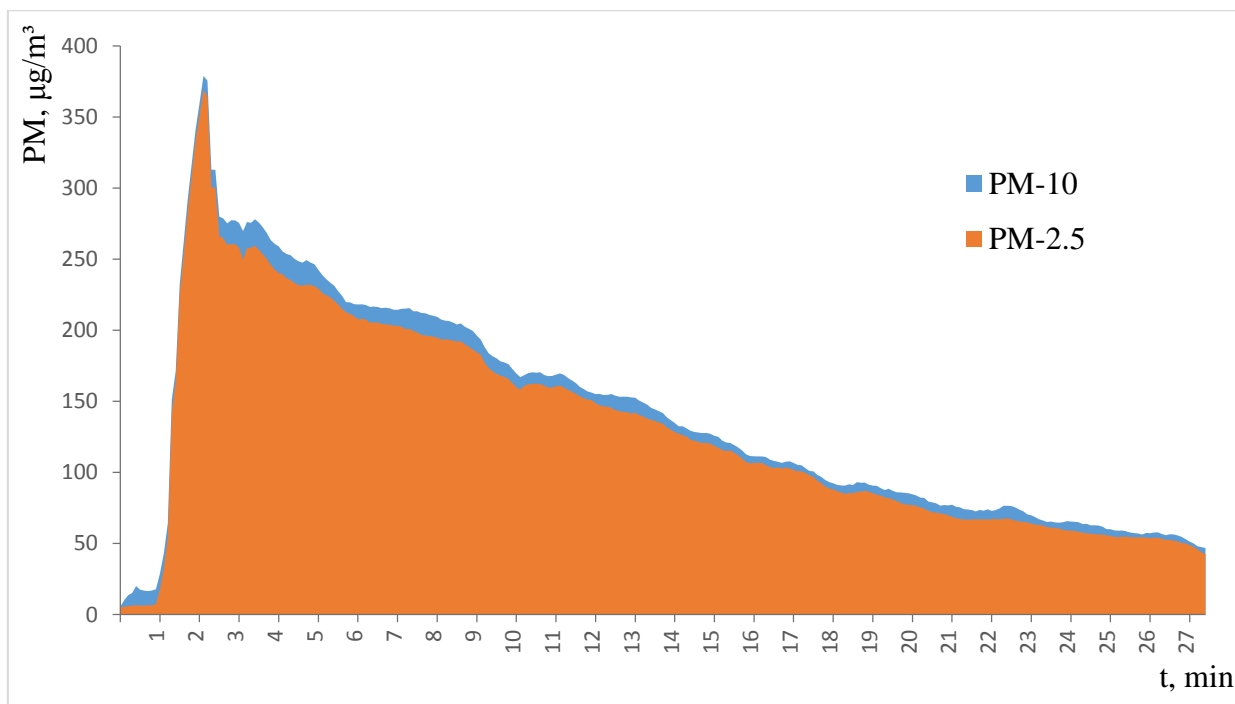
- 2) Eksperimentu veica no 22.04.2016 16:59 līdz 18:08 ar 1 minūtes intervālu.



3.8.att. PM₁₀ un PM_{2.5} mērījumi no tabakas dūmiem ventilējamā istabā

Ventilējamā istabā aerosolu daļiņu koncentrācijas no tabaka produktiem saglabājas diezgan ilgu laiku un pakāpeniski samazinās. Pēc grafika (3.7.att.) ir redzams, ka aerosola daļiņas pārsvarā sastāv no PM_{2.5}, tās koncentrācijas pārsniedz MK rekomendējamo robežvērtības un ietekmē cilvēka veselību. Vidēja PM₁₀ koncentrācija bija 100,1 µg/m³ un maksimāla 187,2 µg/m³. Vidēja PM_{2.5} koncentrācija bija 92,9 µg/m³ un maksimāla 184,3 µg/m³. 93% no PM₁₀ ir PM_{2.5}.

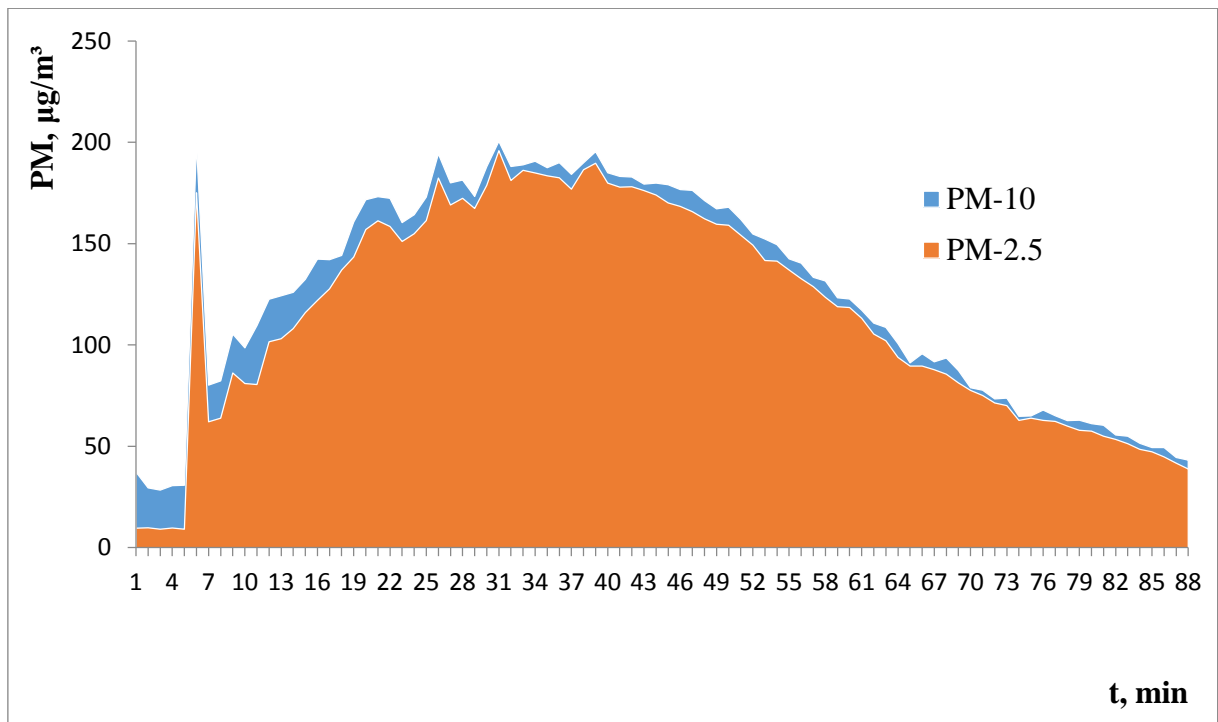
3) Eksperimentu veica no 22.04.2016 16:59 līdz 18:08 ar 1 minūtes intervālu.



3.9.att. PM₁₀ un PM_{2.5} mērījumi no tabakas dūmiem iekštelpā

Pēc grafika (3.8.att.) ir redzams, ka iekštelpās aerosolu daļiņu koncentrācijas no tabakas produktiem ir augsta, tas pārsniedz MK rekomendējamo robežvērtības un aizņem ļoti daudz laiku, lai samazinātos. Pārsvarā tā ir PM_{2.5} koncentrācija, tā sasniedz ļoti lielu daudzumu un ir kaitīga dzīvo organismu veselībai. Pēc grafika (3.8.att.) ir redzams aerosolu daļiņu koncentrācijas izdalīšanās sākums un to pakāpenisko samazināšana. Vidēja PM₁₀ koncentrācija bija 140,1 µg/m³ un maksimāla 378,8 µg/m³. Vidēja PM_{2.5} koncentrācija bija 131,6 µg/m³ un maksimāla 368,7 µg/m³. 94% no visa aerosola daļiņas ir PM_{2.5}.

- 4) Eksperimentu veica no 22.04.2016 16:59 līdz 18:08 ar 1 minūtes intervālu.

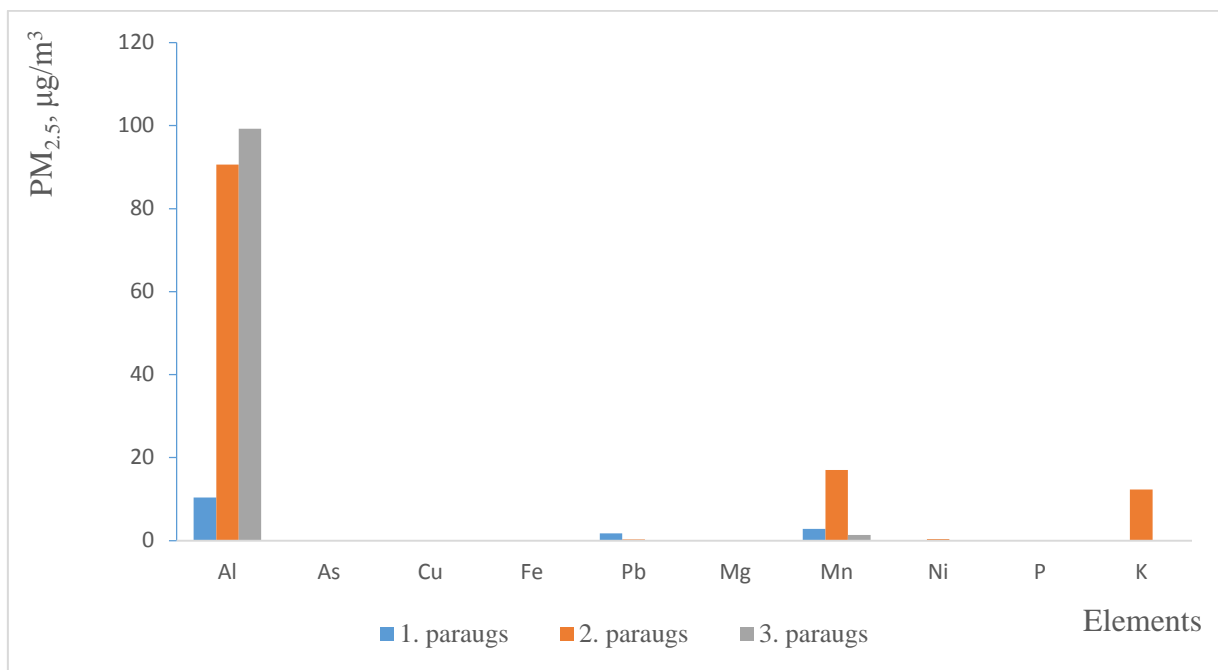


3.10.att. PM₁₀ un PM_{2.5} mērījumi – aromātiskie kociņi

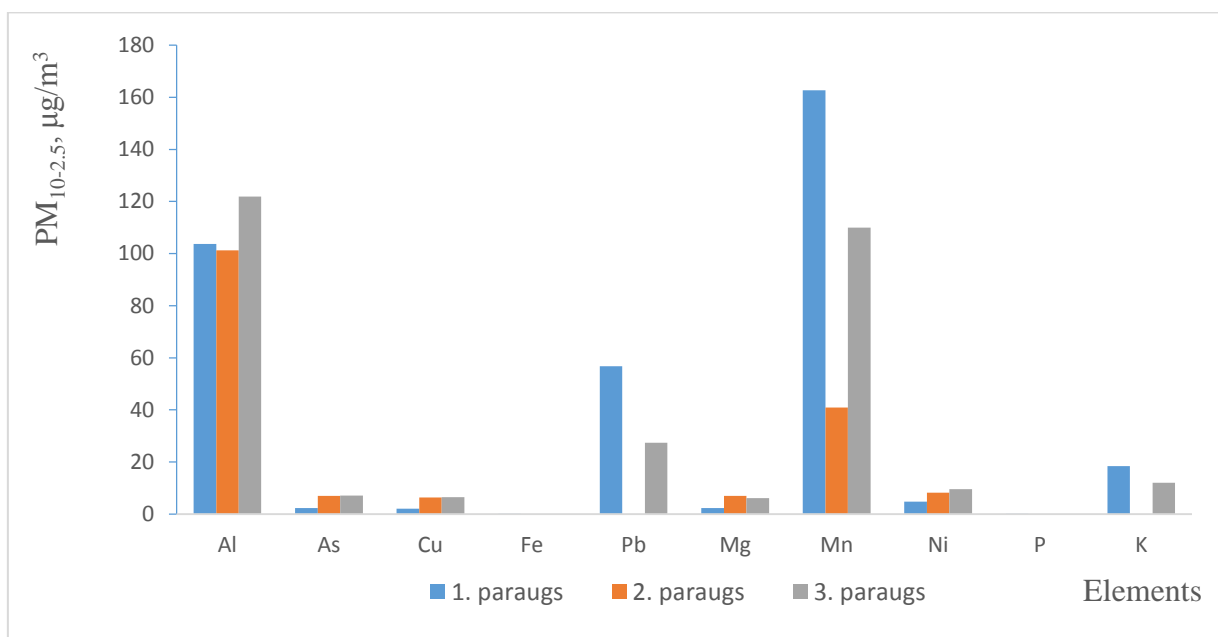
Dedzinot aromātiskos kociņus, ir redzams moments, kad kociņi sāk gruzdēt. Pēc grafikā (3.9.att.) ir redzams, ka koncentrācija pieaug pakāpeniski un pašā sākumā pārsniedz MK rekomendējamo robežvērtības. Aerosolu daļiņu koncentrācijas līdz normai samazinās ļoti lēni. Vidēja PM₁₀ koncentrācija bija 124,9 µg/m³ un maksimāla 200,5 µg/m³. Vidēja PM_{2.5} koncentrācija bija 116,0 µg/m³ un maksimāla 195,9 µg/m³. 93% no aerosola sastāv no PM_{2.5}.

Tabakas produktu lietošana ir ļoti kaitīgs process, īpaši iekštelpās, kurās nav ventilācijas. Tā kā aerosolu koncentrācija lielākoties sastāv no PM_{2.5}, tās ļoti stipri iedarbojas uz cilvēka veselību, kā arī tās koncentrācijas samazināšana aizņem daudz laika. Arī atklātā gaisā aerosoli saglabājas lidojošā stāvoklī un var iekļūt dzīvā organismā.

3.4. Aerosolu daļiņu paruga metālisko elementu masas koncentrācijas raksturojums



3.11.att. Metālisko elementu masas koncentrācijas κ (PM_{2.5})



3.12.att. Metālisko elementu masas koncentrācijas κ (PM_{10-2.5})

Pēc grafikiem (3.11.att. un 3.12.att.) ir redzami metālisko elementu masas koncentrācijas PM_{2.5} un PM_{10-2.5} izmēra. 1.parauga ņemšanas datums bija no 20.05.2016 līdz 23.05.2016, tās bija brīvdienas un tāpēc var izskaidrot tādu zemu PM_{2.5} metālisku elementu koncentrācijas. Savukārt PM_{2.5-10} metālisku elementu koncentrācijas visus 3 paraugus atrodas

diezgan augsta līmenī. 2.paraugs bija ņemts no 23.05.2016 līdz 24.05.2016, 3.paraugs no 24.05.2016 līdz 25.05.2016.

Visus $PM_{2.5-10}$ paraugos lielākoties atrodas alumīnijs. Kopumā paraugos ir zemas As, Cu, Fe, Mg, Ni un P metālisku elementu koncentrācijas. 2. paraugā Mn koncentrācijas ar izmēru $PM_{10-2.5}$ ir zemāk, salīdzinot ar citiem, bet tas koncentrācijas ir lielāk $PM_{2.5}$ izmērā. Tas pats ar kāliju koncentrācijas.

SECINĀJUMI

1. Ir noteikts ka aerosolu daļiņas koncentrācijas lielāka daļa ir smalka izmērā.
2. Apkārtējā gaisā aerosolu masas koncentrācija nepārsniedz MK rekomendējamo robežvērtību, jo diennakts vidējā vērtība ir PM_{10} 17,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ un $PM_{2.5}$ 9,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
3. Dedzinot kurināmo, aerosolu daļiņu koncentrācija strauji pieaug, un to koncentrācijas normalizācija notiek ilgi.
4. Tabakas produktu lietošanas laikā veidojas liela aerosolu daļiņu koncentrācija, kas iekšelpās sasniedz PM_{10} 378,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ un $PM_{2.5}$ 368,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
5. Ar induktīvi saistītās plazmas masspektrometrijas metodi ir iegūti dati par dažādu metālisko elementu masas koncentrācijas.
6. Aerosolu daļiņu koncentrācijas pārsvarā sastāv no alumīnija un mangāna daļiņām.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Kļaviņš M., Zaļoksnis J. *Ekotoksikoloģija*, Rīga, 2005, 120-122 lpp.
2. Theakston, F. Air quality guidelines for Europe. World Health Organization Regional Office for Europe, 2000.
http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf [skatīts 15.05.2016.].
3. Latvijas republikas ministrija, Veselības inspekcija majas lappa.
<http://www.vi.gov.lv/lv> [skatīts 14.05.2016].
4. U.S. Environmental Protection Agency. Guidelines for Developing an Air Quality (Ozone and PM_{2.5}) Forecasting Program, EPA, 2003
http://www.epa.gov/aqi/aq_forecasting_guidance-1016.pdf [skatīts 21.05.2016.].
5. Tsai F.C., Apte M.G., Daisey J. M. An exploration analysis of the relationship between mortality and the chemical composition of airborne particulate matter. *Inhalation Toxicology*, 2000, vol. 12, 121-135.
6. Quan J.; Tie X.; Zhang Q.; Liu Q.; Li X.; Gao Y.; Zhao D. Characteristics of heavy aerosol pollution during the 2012-2013 winter in Beijing, China. *Journal of Atmospheric Environment* 2014, vol. 88, 83-89.
7. Duan, J.; Tan, J.; Wang, S.; Hao, J.; Chai, F. Size distributions and sources of elements in particulate matter at curbside, urban and rural sites in Beijing. *Journal of Environmental Sciences* 2012, vol. 24, 87-94.
8. The project for HCFC phase out in the Russian Federation home page
<http://www.ozonprogram.ru/eng/> [skatīts 22.05.2016]
9. Srimuruganandam, B.; Shiva Nagendra, S. M. Chemical characterization of PM₁₀ and PM_{2.5} mass concentrations emitted by heterogeneous traffic. *Science of the Total Environment* 2011, vol. 409, 3144-3157.
10. Студми. Учебные материалы для студентов home page
<http://studme.org/> [skatīts 24.05.2016].
11. Milano J.; Ong H. C.; Masjuki H. H.; Chong W. T.; Lam M. K.; Loh P. K.; Vellayan V. Microalgae biofuels as an alternative to fossil fuel for power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016, vol. 58, 180-197.
12. Rohra H.; Taneja A. Indoor air quality scenario in India—An outline of household fuel combustion. *Atmospheric Environment*, 2016, vol.129, 243-255.

13. Samet, J. M.; Brauer, M.; Schlesinger, R. Air Quality Guidelines Global Update 2005, Particulate matter. World Health Organization Regional Office for Europe, 2006. http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf [skatīts 15.05.2016.].
14. Dieme, D.; Cabral-Ndior, M.; Garcon, G.; Verdin, A.; Billet, S.; Cazier, F.; Courcot, D.; Diouf, A.; Shirali P. Relationship between physicochemical characterization and toxicity of fine particulate matter (PM_{2.5}) collected in Dakar city (Senegal). Environmental Research 2012, vol. 113, 1-13.
15. Schwedt, G. The Essential Guide to Environmental Chemistry; Wiley: Chichester, 2005; 37-38.
16. Health aspects of Air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide, Report of an WHO Working Group, Bonn, Germany, 2003.
17. Bridges A.; Felder F. A.; McKelvey K.; Niyogi I. Uncertainty in energy planning: Estimating the health impacts of air pollution from fossil fuel electricity generation. Energy Research & Social Science. 2015, vol. 6, 74-77.
18. Ministru kabineta 2009. gada 3.novembra noteikumi Nr.1290 "Noteikumi par gaisa kvalitāti";
19. Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs mājas lapa. <http://www.meteo.lv/> [skatīts 15.01.2016]
20. Kļaviņš M., Nikodemus O., Segliņš V., Melecis V., Vircavs M., Āboliņa K. *Vides zinātne*. Māra Kļaviņas redakcijā, Rīga, 2008, 159 - 160 lpp.
21. Rīgas pašvaldības portāls mājas lapa <https://www.riga.lv/LV/Channels> [skatīts 22.05.2016]
22. Grimm aerosol home page wiki.grimm-aerosol.de/images/9/9d/GRIMM_Data_Sheet_-_107.pdf [skatīts 20.01.2016]
23. Бок. Р. *Методы разложения в аналитической химии*. М.: Химия. 1984г. стр. 432.
24. Карпов Ю.А., Савостин А.П. *Методы пробоотбора и пробоподготовки*. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. стр. 243.
25. Crustal Geophysics and Geochemistry Science Center home page <http://crustal.usgs.gov/> [skatīts 25.05.2016]
26. Evans E.H. atomic mass spectrometry - Inductively Coupled Plasma. Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition), 2005, 229-237.

27. Houk R. S. Mass spectrometry of inductively coupled plasmas. *Analytical Chemistry*, 1986, vol. 58 (1), 97A–105A

Bakalaura darbs „Gaisa aerosolu daļiņu mērījumi iekštelpās un āra vidē” izstrādāts LU Ķīmijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: _____
(personiskais paraksts) (paraksta atšifrējums)

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītāja Doc., Dr. ķīm. Agnese Osīte: _____
(personiskais paraksts) (datums)

Recenzents Dr.chem. Arturs Vīksna: _____
(personiskais paraksts) (datums)

Darbs iesniegts Ķīmijas fakultātē: _____ (datums)

Dekāna pilnvarotā persona, metodiķe: _____ Vija Gutāne
(personiskais paraksts)

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē:

_____ protokols Nr. _____ (ieraksta sekretārs)
(datums) (protokola Nr.)

Komisijas sekretāre, lektore: _____
(personiskais paraksts) (paraksta atšifrējums)