

УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ БИТОЛА

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ БИТОЛА

Зоран Трајковски

**ОДРЕДУВАЊЕ НА ГЛАВНИТЕ ИЗВОРИ НА PM_{10} ЧЕСТИЧКИ ПРЕКУ
МОДЕЛИРАЊЕ И НИВНО ВЛИЈАНИЕ ВРЗ КВАЛИТЕТОТ НА
АМБИЕНТАЛНИОТ ВОЗДУХ ВО БИТОЛА**

-Докторска дисертација-

А В Т О Р Е З И М Е

Битола, 2019

СОДРЖИНА

ВОВЕД	1
1.ОСНОВИ ЗА РЕАЛИЗАЦИЈА НА ДОКТОРСКИОТ ТРУД	7
1.1.ПРЕДМЕТ И ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	8
1.1.1.Предмет на истражувањето во докторскиот труд	8
1.1.2.Цели на истражувањето во докторскиот труд	8
1.2. КОРИСТЕНИ МЕТОДИ И ОЧЕКУВАНИ РЕЗУЛТАТИ	9
1.2.1. Методи применети при истражувањето	9
1.2.2. Очекувани резултати	9
1.3. ОБЈАВЕНИ ТРУДОВИ ПОВРЗАНИ СО ИСТРАЖУВАЊЕТО	10
1.4. ПРЕГЛЕД НА ДОСЕГАШНИТЕ СОЗНАНИЈА ВО ОБЛАСТА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	10
2.ЗАКОНОДАВНА РАМКА ЗА КВАЛИТЕТОТ НА ВОЗДУХ	17
2.1.ЕУ ДИРЕКТИВИ ЗА КВАЛИТЕТОТ НА ВОЗДУХ	17
2.2.НАЦИОНАЛНО ЗАКОНОДАВСТВО ЗА КВАЛИТЕТОТ НА ВОЗДУХ	19
3. СУСПЕНДИРАНИ ЧЕСТИЧКИ PM₁₀ IN THE AIR	25
3.1.КАТЕГОРИЗАЦИЈА НА СУСПЕНДИРАНИ ЧЕСТИЧКИ	26
3.2.ГОЛЕМИНА НА СУСПЕНДИРАНИ ЧЕСТИЧКИ	29
3.3.ФОРМИРАЊЕ НА СУСПЕНДИРАНИ ЧЕСТИЧКИ	33
3.3.1.Физичко триење / механичка дисперзија	33
3.3.2.Формирање на честички во процес на согорување	33
3.3.2.1. <i>Формирање на пепел</i>	34
3.3.2.2. <i>Формирање на саги</i>	35
3.3.3.Коагулација	36
3.3.4.Кондензација	36
3.3.5.Нуклеизација	36
4.ИЗВОРИ НА PM₁₀ ВО АМБИЕНТАЛНИОТ ВОЗДУХ ВО УРБАНА СРЕДИНА	41
4.1.ЕМИСИИ ОД ПАТНИОТ СООБРАЌАЈ	42
4.1.1.Неиздувни емисии од патниот сообраќај	48
4.1.1.1. <i>Амбиентални честички од абење на сопирачките од возилото</i>	48
4.1.1.2. <i>Амбиентални честички од абење на пневматиците од возилото</i>	52
4.1.1.3. <i>Амбиентални честички од абење на површината на патот</i>	55
4.1.2.Ресуспендирана прашина од патниот сообраќај	57
4.1.3.Издувни емисии од патниот сообраќај	59
4.1.3.1. <i>Амбиентални честички од GDI мотори со палење со искра</i>	61

4.1.3.2. Амбиентални честички од мотори со палење со компресија	64
4.2.ЕМИСИИ ОД СОГОРУВАЊЕ НА ОГРЕВНО ДРВО	67
4.2.1. Состав на огревно дрво	68
4.2.2.Процес на согорување на огревно дрво	69
4.2.3.Амбиентални честички од согорување на огревно дрво	71
5. ЗДРАВСТВЕНИ И ЕКОЛОШКИ ЕФЕКТИ ОД РМ ЧЕСТИЧКИТЕ	75
5.1.ЕФЕКТИ ВРЗ ЧОВЕКОВОТО ЗДРАВЈЕ ОД РМ ЧЕСТИЧКИТЕ	77
5.1.1. Ефекти од физичките и хемиските својства на РМ честичките	77
5.1.2.Ефекти од изворите на РМ честички	80
5.1.3. Здравствени ефекти од РМ честичките	84
5.2.ЕФЕКТИ ОД ВЕГЕТАЦИЈАТА ВРЗ КВАЛИТЕТОТ НА ВОЗДУХ	89
6.ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИСТРАЖУВАЊА НА РМ₁₀	95
7.АНАЛИЗА НА МЕРЕЊАТА И ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ГЛАВНИТЕ ИЗВОРИ НА РМ₁₀ ЧЕСТИЧКИ	133
8. ЗАКЛУЧОК	141
КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	143
ЛИСТА НА СЛИКИ	165
ЛИСТА НА ТАБЕЛИ	167
ЛИСТА НА ГРАФИЦИ	169

ВОВЕД

Загадувањето на воздухот е многу значаен елемент за животната средина и во исто време е комплексен проблем со голем предизвик за негово намалување и менаџирање. Квалитетот на воздух продолжува да биде важно прашање кое е поврзано со јавното здравје, економијата и животната средина.

Проблемите со загадувањето на воздухот веќе го надминуваат локалното значење и претставуваат прашање кое се разгледува во поширок регионален контекст. Загадувањето на воздухот може да биде формирано и транспортирано на големи растојанија и може да има влијание врз голема површина. Транспортот на загадувачките супстанции односно преку-граничното загадување предизвикано од атмосферските движења претставува огромен предизвик за земјите од регионот. Загадувањето на воздухот доведува до негативни ефекти на регионално ниво и има неколку значајни влијанија врз животната средина а може директно да влијае врз вегетацијата, квалитетот на водата и почвата.

За целосно управување со ризикот, клучно прашање е идентификација на изворите на честички. Изворите кои влијаат на концентрацијата на честички на одредена локација може да се утврдат со примена на методи врз основа на хемискиот состав на РМ(particulate matter-суспендирани честички), податоци од мерење на загадувањето на воздухот и метеоролошките податоци. Студиите обезбедуваат проценка на просечното влијание на изворите на квалитетот на локалниот воздух, како и временски мерни податоци на специфичните концентрации РМ. Поради тоа, поделба на честички по извори и анализа на нивните одделни влијанија може да даде резултати, кои може да бидат директно искористени во проценката на ризик, управување со ризик, и во поставување на насоки и стандарди за квалитет на воздухот.

Од горе изнесеното произлезе идејата за определување на главните извори на загадувањето на воздухот во урбаниот дел на Битола. Мониторинг станиците поставени од министерството за животна средина на РМ вршат постојано мерење на концентрациите на суспендираните честички РМ₁₀ (суспендирани честички со големина од 0 до 10 микрометри) без информации за изворите на загадување. Во таа насока се пристапи кон мерење на концентрациите на различни локации во градот за да може со концептуален модел да се определат главните извори. Мерењата и анализата кои произлегуваат од мерењата се составен дел од докторскиот труд.

Целта на овој докторски труд е да се одреди влијанието на главните извори на суспендирани честички РМ₁₀ во урбаниот дел на Битола и да се отсликаат моменталните состојби со концентрациите на суспендирани честички. Содржината на овој труд го опфаќа само влијанието на согорувањето на дрво за загревање на домовите и влијанието на сообраќајот преку издувните и неиздувните емисии. Останатите извори како што се влијанието на градежната индустрија, останатите индустриски капацитети, преработката на метал и термоцентралата за производство на електрична енергија не се составен дел од овој труд.

Докторскиот труд содржи осум глави од кои пет се однесуваат на теоретскиот дел а три на истражувачкиот дел. Во првата глава елабориран е предметот на докторскиот труд и целите кои произлегуваат од него заедно со методите користени во истражувањето и резултатите кои притоа се очекуваат. Направен е преглед на досегашните сознанија од областа на истражувањето од глобален и локален аспект.

Во втората глава е направен преглед на законските прописи за квалитет на воздух во ЕУ и националното законодавство. Исто така во оваа глава се опишани и методите за мерење на концентрациите на загадувачки супстанции со постојани мерни станици и со индикативни мерења.

Третата глава се однесува на теоретски опис на суспендираните честички PM_{10} и во неа се дефинирани категориите на честички во однос на изворите кои ги емитуваат, природни и антропогени, примарни и секундарни. Во оваа глава е опфатена и големината на честичките кои заедно со масената концентрација се најзначајните физички особини на честичките. Хемиските особини не се опфатени во овој труд бидејќи хемискиот состав на честичките варира во зависност од присуството на изворите. Од аспект на темата во докторскиот труд во оваа глава е даден опис на механизмите на формирање на суспендираните честички со акцент на физичкото триење и согорувањето.

Четвртата глава ги опфаќа изворите на емисии на суспендирани честички. Во оваа глава опфатени се само согорување на дрва за загревање на домовите во текот на зимата и влијанието на сообраќајот преку издуните и неиздуните емисии.

Петтата глава се однесува на здравствените и еколошките ефекти кои произлегуваат од загадувањето на воздухот. Во оваа глава се претставени влијанијата од физичките и хемиските особини на честичките. Во однос на здравствените ефекти физичките особини се повеќе истражувани од страна на истражувачите бидејќи нивното влијание врз здравјето на луѓето е поголемо во однос на хемискиот состав на честичките. Исто така се прикажани можните заболувања во зависност од изворите на емисија. Влијанието на вегетацијата врз загадувањето на воздухот е исто така составен дел на оваа глава.

После извршените мерења направена е обработка на податоците со која се опфатени максималните, минималните, просечните вредности и стандардното отстапување и истите се прикажани табеларно и преку графикони со цел да се изврши анализа на истите за утврдување на изворите од согорување на биомаса во зимскиот период и влијанието на сообраќајот во периодот кога нема согорување на биомаса и да се донесат заклучоци за моменталната состојба во урбаната средина на град Битола прикажани во глава шест. Во оваа глава табеларно и графички се прикажани мерењата на TSP (Total Suspended Particles- суспендирани честички со големина помеѓу 50 и 100 микрометри), PM_{10} , $PM_{2.5}$ (суспендирани честички со големина од 0 до 2,5 микрометри и PM_1 (суспендирани честички со големина помеѓу 0 и 1 микрометар) од пет мерни локации за периодот од Октомври 2016 година до Март 2017 година.

Во седмата глава е прикажана анализата која произлезе од мерењата. Анализата е направена за двата извори поодделно. За анализа на влијанието на согорувањето на дрво за загревање на домовите и за влијанието на сообраќајот се користени по три локации. Во ова истражување применети се техники на концептуално моделирање. Во ова истражување влијанието на согорувањето на биомаса за загревање на домаќинствата се разгледува во периодот пред почеток на грејната сезона и во текот на грејната сезона, додека влијанието на сообраќајот се разгледува на локација на која нема сообраќај и споредено со локации кај кој влијанието на сообраќајот е и најголемиот извор.

Во осмата глава даден е преглед на заклучоците во кои е преликан целокупниот напредок и придобивките што произлегуваат од реализацијата на истражувањата и анализите во рамките на докторскиот труд, како и препораките за понатамошна работа и идни научно истражувачки активности во предметната проблематика.

1. ОСНОВИ ЗА РЕАЛИЗАЦИЈА НА ДОКТОРСКИОТ ТРУД

Квалитетот на воздухот е важно прашање кое е поврзано со јавното здравје, економијата и животната средина. Лошиот квалитет на воздух може да предизвика влошување на здравјето, предвремена смрт и нарушување на екосистемите. Со тоа се предизвикува огромна економска штета за државата изразена преку намалената продуктивност на работна сила и влошување на состојбата во животната средина.

Ефективните решенија за намалување на загадувањето на воздухот бараат добро познавање на неговите причинители, односно како загадувачите се транспортираат и трансформираат во атмосферата и како тие влијаат врз човекот, екосистемите и климата.

Ефективните начела за квалитетот на воздухот бараат соработка и дејствија на глобално, национално и локално ниво. Политиките и стратегиите за намалување на загадувањето на воздухот, пред се насочени кон намалување на емисиите во процесот на согорување, користење на алтернативни извори на енергија, обновливи извори и био горивото како примарни процеси за подобрување на квалитетот на воздухот, наспроти несоодветното третирање на отпадот, користењето на дрва за загревање на домовите во зимскиот период, непотполно согорување на горивата во возилата и друго.

Од мониторингот на квалитетот на воздух со поставување на мерни станици кои ја мерат масената концентрација, може да се добијат важни информации за амбиенталните концентрации само на одредени локации во определен временски период, без опис на изворите на емисии и причините за лошиот квалитет на воздух. Поради тоа одредувањето на изворите има важна улога во управувањето со квалитетот на воздух, бидејќи истите можат да дадат комплетен опис за моменталните состојби.

1.4 ПРЕГЛЕД НА ДОСЕГАШНИТЕ СОЗНАНИЈА ВО ОБЛАСТА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

За квалитетот на воздухот во урбаниот дел на Битола има малку истражувања. Едно од нив е Пилот програмата за подобрување на квалитетот на воздухот во Битола, изготвена во рамките на активностите на Твининг проектот „Зајакнување на капацитетите на локално и централно ниво за управување со животната средина во областа на квалитетот на воздухот“ финансиран од Европската Унија. Оваа програма се подготвува согласно Законот за квалитет на воздух во кој се транспонирани барањата на законодавството на Европската Унија во однос на квалитетот на воздухот. Врз основа на оваа програма, најкритична загадувачка супстанца во Битола се суспендираните честички со големина до 10 микрометри – PM_{10} . Концентрациите на PM_{10} ги надминуваат и дневните и годишните гранични вредности во двете мерни станици. Поради тоа утврдувањето на изворите е клучно прашање за детерминирање на потеклото и карактеристиките на PM_{10} за да можат да се подготват планирани активности од краток и долг рок за подобрување на животната средина.

Докторскиот труд ОДРЕДУВАЊЕ НА ГЛАВНИТЕ ИЗВОРИ НА PM_{10} ЧЕСТИЧКИ ПРЕКУ МОДЕЛИРАЊЕ И НИВНО ВЛИЈАНИЕ ВРЗ КВАЛИТЕТОТ НА АМБИЕНТАЛНИОТ ВОЗДУХ ВО БИТОЛА претставува продолжување на континуитетот на истражувањата во оваа област.

2. ЗАКОНОДАВНА РАМКА ЗА КВАЛИТЕТОТ НА ВОЗДУХ

2.1. ЕУ ДИРЕКТИВИ ЗА КВАЛИТЕТОТ НА ВОЗДУХ

Директивата на Советот 96/62/ЕС од 27 септември 1996 година за оценување и управување со квалитетот на амбиентниот воздух беше објавена на 21.11.1996. Оваа директива претставува пресвртница во областа на прописите за квалитет на воздухот во Европската унија (ЕУ 1996). Новата Рамковна директива ги замени директивите за SO₂ и честички (80/779 / ЕЕС), Pb (82/884 / ЕЕС), NO₂ (85/203 / ЕЕС) и O₃ (92/72 / ЕЕС) кои претходно биле во сила во рамките на Европската унија.

Заедно со голем број директиви ќерки, таа претставуваше основа за новата политика за квалитет на воздухот во рамките на Европската унија. Целта на Рамковната директива беше да ги утврди основните принципи на заедничката стратегија, додека директивите ќерки ги утврдија стандардите за квалитет на воздухот (гранични и целни вредности и во одреден број случаи ги предупредуваат праговите) за 13 загадувачи.

Во мај 2008 година, Рамковната директива 96/62/ЕС, првите три директиви ќерки и директивата за размена на информации беа заменети со новата Директива на ЕУ 2008/50/ЕС. Ограничените и целните вредности и прагот на информирање и алармирање беа задржани, освен за втората фаза од граничната вредност PM₁₀ која беше отстранета. Дополнително, врз основа на неодамнешните здравствени истражувања за штетните ефекти на PM_{2.5}, за овој загадувач беа утврдени барањата за следење, како и граничните и целните вредности.

Законодавството на Европската заедница во однос на квалитетот на амбиентниот воздух воглавно се состои од директивите 2008/50/ЕС и 2004/107/ЕС.

2.2. НАЦИОНАЛНО ЗАКОНОДАВСТВО ЗА КВАЛИТЕТОТ НА ВОЗДУХ

Основна законска регулатива од областа на квалитетот на воздух во Р.Македонија е Законот за квалитет на амбиенталниот воздух (Службен весник 67/04, 92/07, 83/09, 35/10, 47/11, 100/12, 163/13, 10/15, 146/15) кој се заснова на ЕУ регулативата за воздух.

Целта на законот е да ги намалува и спречува штетните ефекти по човековото здравје и животната средина и да го одржува квалитетот на воздухот таму каде што е добар. Согласно овој закон секој е должен да се однесува внимателно и одговорно за да се спречи загадување на амбиенталниот воздух и штетните ефекти на човековото здравје и животната средина.

Согласно овој закон надлежните органи се должни да ги преземат сите неопходни мерки со цел да не дојде до надминување на граничните и целните вредности за загадувачките супстанции во амбиентниот воздух.

Врз основа на законот за квалитет на амбиенталниот воздух изготвени се подзаконски акти. Според правилникот за методологијата за мониторинг на квалитетот на амбиентниот воздух, мерењата на загадувачките супстанции се изведуваат на фиксни локации или со земање на примероци со случаен избор.

3. СУСПЕНДИРАНИ ЧЕСТИЧКИ PM₁₀ ВО АМБИЕНТАЛНИОТ ВОЗДУХ

Составот и распределбата на големината на честички, а со тоа и нивните штетни ефекти, зависи од процесите на формирање на честичките, односно изворите на честичките, и постојат истражени бројни студии во однос на PM₁₀ и PM_{2.5}. Во тие студии главни извори на PM се сообраќајот, производство на енергија со користење фосилни горива и биомаса, индустриски извори, ресуспензија на почвата, и други, но релативниот придонес на различните извори варира во голема мера во зависност од времето и локацијата. Ресуспензијата од акумулираната прашина од улиците поради сообраќајот и ветерот е специфичен проблем во урбаните средини. Исто така, ресуспендираната прашина може да предизвика надминување на граничните вредности, кои се насочени пред се на регулирање на концентрациите на суспендирани честички од антропогени извори.

3.1. КАТЕГОРИЗАЦИЈА НА СУСПЕНДИРАНИ ЧЕСТИЧКИ

Атмосферските честички можат да бидат категоризирани како примарни и секундарни честички. Примарните честички се емитураат директно во атмосферата од антропогени извори на честички. Главните антропогени извори на PM, вклучуваат транспорт, стационарни извори на согорување, согорување за загревање на простор, согорување на биомаса и прашина. Урбаните емисии на PM од антропогени извори се комплексна мешавина, бидејќи поголемиот дел од изворите емитураат и примарни честички и прокурсорски гасови за формирање на секундарни честички. Поголемиот дел од антропогени емисии на PM се емитура во рамките на релативно мали урбани и индустриски области, што резултира во жаришта на високи концентрации на честички и други загадувачи на воздухот. Примарните и секундарните честички од антропогени извори, исто така, влијаат врз регионалните концентрации на PM, бидејќи дел од емитираните честички може да останат суспендирани неколку дена и да патуваат до илјадници километри во атмосферата.

Секундарните честички се формираат во атмосферата со реакции на емисиите на примарните гасовити супстанции. Во однос на секундарните честички особено внимание се посветува на PM_{2.5} честичките кои се формираат како нови честички главно како резултат на реакциите на примарните гасови или реагираат со други веќе формирани честички. Најчести гасови кои доведуваат до формирање на секундарните честички се SO₂, NO_x, NH₃, и VOC (хемиски соединенија чии молекули содржат јаглерод). Главните прокурсорски гасови реагираат во атмосферата и формираат соединенија на сулфати, нитрати и амоњак. Овие соединенија формираат нови честички во воздухот или реагираат со други честички и формираат така наречени неоргански аеросоли. Повеќето од овие гасови се емитураат од антропогени извори.

3.2. ГОЛЕМИНА НА СУСПЕНДИРАНИ ЧЕСТИЧКИ

Суспендираните честички се комплексна хетерогена смеса од честички во цврста и течна фаза кој се разликуваат во големина, форма, боја, хемиски состав, физички карактеристики и потекло. Големината на честичките е најважниот параметар за одредување на однесувањето на суспендираните честички во воздухот. Сите својства на суспендираните честички зависат од големината на честичките. Основна единица за големина на честичките е μm (микрометар).

Во зависност од процесот на формирање и големината, атмосферските честички се класифицирани во неколку опсеци. Разликуваме ултрафини честички со големина до 0,1 μ m (нуклеиден опсег), фини честички со големина од 0,1 до 2 μ m (акумулативен и нуклеиден опсег) и груби честички со големина над 2 μ m.

Честичките од ултрафиниот и финиот опсег се формирани главно со хемиска реакција помеѓу гасовите во атмосферата, додека грубите честички се формирани примарно од физичко триење и од процесот на согорување.

Нуклеидниот опсег или ултрафините честички содржат честички со дијаметар помал од 0,1 μ m кои се директно емитирани од процесот на согорување. Векот на траење на нуклеидните честички после согорувањето обично е помалку од еден час бидејќи тие рапидно коагулираат со поголемите честички (Judith C. Chow, John G. Watson, 1998). Нуклеидниот опсег може да се детектира со мерење на емисијата после согорувањето или кога нови честички се формираат во атмосферата (Lundgren and Burton, 1995).

Акумулативниот опсег содржи честички со големина од 0,1 до 2 μ m. Овие честички се резултат на коагулација на ултрафините честички емитирани од процесот на согорување, кондензација на испарливи соединенија и прашина. Во овој опсег честичките можат да содржат амониум нитрат, амониум сулфат, амониум бисулфат, сулфурна киселина, органски јаглерод и елементарен јаглерод.

Честичките со дијаметар поголем од 2 μ m се наречени груби честички. Грубите честички се главно произведени од механички процеси и се емитираат директно во атмосферата од природни и антропогени извори. Честичките од морска сол, прашина од почвата и патиштата, песок, полен и спорите се природни извори на суспендирани честички во атмосферата. Грубите честички од антропогени извори се резултат на физичко триење во различни индустриски и земјоделски процеси, движење на возилата по патиштата и др.

Големите честички со дијаметар помал од 50 μ m се класифицираат како вкупни суспендирани честички (TSP). PM₁₀, се груби честички со големина до 10 μ m, додека PM_{2,5}, се таканаречени фини честички со големина помала или еднаква на 2,5 μ m. Честичките со големина од 1 μ m до 10 μ m се особено важни во контролата на загадувањето на воздухот. Поголем дел од честичките кои се формираат во некои индустриски процеси се во овој опсег. Од аспект на здравјето на луѓето честичките со големина до 10 μ m се третираат како респираторен проблем за човековото здравје.

3.3 ФОРМИРАЊЕ НА СУСПЕНДИРАНИ ЧЕСТИЧКИ

Опсегот на големината на честичката формирана во процес, во голема мера зависи од типот на механизмот по кој е формирана честичката. Најважните механизми за формирање на честичките во изворите на загадување на воздухот се:

- Физичко триење/ механичка дисперзија
- Честички од процесот на согорување
- Коагулација
- Кондензација
- Нуклеизација

4. ИЗВОРИ НА PM_{10} ВО АМБИЕНТАЛНИОТ ВОЗДУХ ВО УРБАНА СРЕДИНА

Главните извори на антропогени, односно вештачки честички се формирани со стационарно согорување, на јаглен за производство на електрична енергија, огревно дрво и пелети за загревање на просторот во домаќинствата, горење на биомаса за индустриски процеси и емитуваните емисии поврзани со сообраќајот (улична прашина).

Суспендираните честички во урбана средина претставуваат комплексна смеша на честички од повеќе видови на извори, бидејќи поголемиот дел од изворите испуштаат и примарни честички и гасови за формирање на секундарни честички.

Разликата меѓу изворите, антропогени и природни извори на честички и испуштените честички понекогаш е тешко да се направи, на пример, емитувањата на прашина и согорувањето на биомаса. Покрај тоа, постојат големи разлики во релативната важност од различни извори од една географска област до друга. На пример, поголемиот дел од емисиите на примарни честички во источните делови на Европа потекнуваат од стационарни извори и процеси на согорување, додека во западните делови на Европа емисиите се подеднакво распределени меѓу сите економски сектори, иако транспортните емисии играат најзначајна улога на многу локации (Vallius, 2005).

4.1 ЕМИСИИ ОД ПАТНИОТ СООБРАЌАЈ

Изворите на честички поврзани со сообраќајот претставуваат значителен придонесувач на честички во амбиенталниот воздух особено во урбаните средини и поголемите градови. Емисиите на честички кои се однесуваат на сообраќајот може да се класифицираат во две групи: емисии од патниот сообраќај предизвикани од издувните гасови како резултат на непотполно согорување на горивото и испарување на средството за подмачкување на моторот за време на процесот на согорување и емисии на честички кои се поврзани со сообраќајот и произлегуваат од неиздувните извори на возилата (кои не се издувни гасови) како што се абење на сопирачките, пневматиците, спојницата од менувачот и површината на патот. Овие извори значително придонесуваат кон концентрацијата на PM честички во урбаниот амбиентален воздух (Penkala et al. 2018). Овие извори постојано се генерираат во амбиенталната средина но и постојано се таложат на површината на земјата и истите повторно се ресуспендираат во амбиенталниот воздух поради движењето на сообраќајот.

При проучувањето на емисиите од неиздувните гасови се јавуваат неколку потешкотии. Првенствено поради недостаток на стандардни процедури за мерење, истражувачите користеле многу различни методологии на земање примероци што често резултира со неспоредливи или дури и контрадикторни резултати и заклучоци.

Од истражувањата произлегува дека изворите на издувните и неиздувните емисии од сообраќајот придонесуваат речиси подеднакво во вкупните емисии на PM_{10} во амбиенталниот воздух. Поголемиот дел од истражувањата во последните три децении во голема мера се фокусираше на емисиите на издувни гасови. Строгите регулативи и новите технолошки решенија резултираа со голем пад на емисиите од издувните гасови. Но и покрај тие намалувања емисиите од возилата во патниот сообраќај се сеуште присутни. Дури и со нула емисии на издувни гасови, сообраќајот ќе продолжи да биде важен извор на честички во амбиенталниот воздух преку процесите на физичко триење/механичка дисперзија и

ресуспендираната прашина (Pant and Harrison,2013). Во иднина најголем дел од емисиите од патниот сообраќај во амбиенталниот воздух ќе бидат предизвикани од извори кои не произлегуваат од издувните гасови. Rexeis and Hausberger предвидуваат дека во централна Европа, концентрацијата на PM од придонесот на неиздувните емисии во вкупните емисии од сообраќајот ќе се зголеми за 80-90% (Harrison et al. 2012) Како резултат на тоа истражувањето на овој вид на емисии ќе има се поголемо значење. На График 4.1 прикажано е сценарио на емисиите на PM₁₀ во Германија од сообраќајот во периодот од 2000 до 2020 година изгразени во Gg/годишно (Jörß et al. 2010):

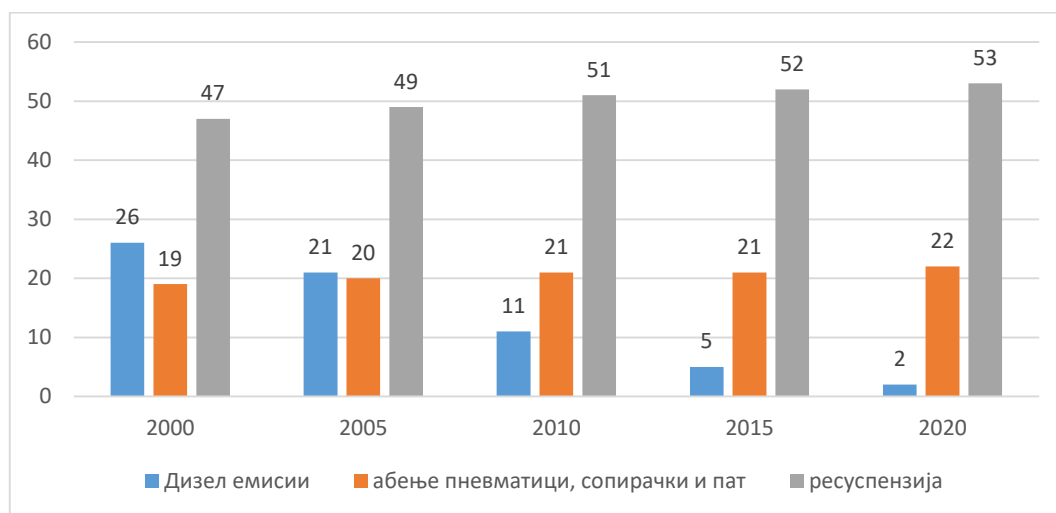


График 4.1. PM₁₀ емисии според PAREST-Referenzszenario, Jörß et al. 2010

Клучна причина за истражување на неиздувните емисии е нивната тенденција да дејствуваат како носители на тешки метали и канцерогени соединенија со кои ги нарушуваат постоечките стандарди и норми на амбиенталниот воздух (Pant and Harrison,2013). Иако честичките од неиздувните емисии се со поголем аеродинамичен дијаметар од честичките од издувните гасови, тие се сеуште во рамките на големината што може да навлезе во респираторниот систем и да предизвика негативни ефекти врз здравјето на човекот.

Во Емисиите од издувните гасови доминираат главно честичките со големина до 2,5 микрометри додека во изворите кои не се од издувните гасови доминираат честичките со големина до 10 микрометри (Pant and Harrison 2013, Abu Allaban 2003).

Согорувањето на бензин и дизел гориво кај моторите од возилата произведува емисии на неколку потенцијално штетни материји. Примарните емисии од моторните возила доаѓаат во две доминантни форми: гасовита и честички, кои можат да се најдат во релативно високи количини во атмосферата и т.н. воздушни токсини, кои обично се наоѓаат во помали количини во атмосферата, но можат имаат важни здравствени импликации врз луѓето. Примарните загадувачи вклучуваат јаглерод моноксид, азотни оксиди и честички PM₁₀ и PM_{2,5}.

Патниот транспорт е познат како главен извор на загадување на воздухот. И покрај фактот дека прописите за емисии на издувни гасови за европските патнички автомобили се во сила повеќе од 20 години, сеуште не се остварија посакуваните подобрувања во квалитетот на воздухот (Hoofman et al.2016). Затоа, ефективностa на евро-емисионите стандарди за патниот транспорт може да се доведе во прашање.

4.2 ЕМИСИИ ОД СОГОРУВАЊЕ НА ОГРЕВНО ДРВО

Во последно време, проблемите предизвикани од атмосферски честички во урбаниот воздух добиваат се поголемо внимание. Значителен извор на емисии во текот на зимата е согорување на огревно дрво, како обновлив и достапен извор на гориво за загревање на домаќинствата. Согорувањето на огреветното дрво придонесува за пораст на вкупните атмосферски честички и е забележлив извор во регионите со умерена и ладна клима.

Согорувањето на огревно дрво за производство на топлинска енергија претставува голем извор на емисии на фини честички, честички полиароматични јаглеводороди (PAHs) и на одредени гасовити загадувачи, како што испарливи органски соединенија (VOCs). Емисиите на честички од согорувањето на огревно дрво содржат голем дел на јаглородни материјали кои се состојат од елементарен јаглород и органски јаглород како резултат на непотполно согорување.

Емисиите од согорување на дрво можат да се поделат во две групи: емисии од потполно согорување (оксидирани загадувачи) и емисии од непотполно согорување (несогорени загадувачи). При согорување на дрво, продукти од согорувањето се јаглород диоксид, јаглород моноксид, азот, кислород, вода, водород, несогорени јаглеводороди, сулфур диоксид, азотни оксиди, хлороводороди и честички во цврста и течна фаза.

При потполно согорување на дрво продукти од согорувањето се само јаглород диоксид, вода и мала количина на честички (повеќето се органски). Најважни параметри за потполното согорување се висока температура при согорување, довод на доволно количество на воздух и соодветно мешање на воздухот за согорување и горивото. Потполното согорување е можно да се случи само во идеални услови. Во пракса ова никогаш не се случува и непотполното согорување е секогаш присутно што резултира со емисии од непотполно согорување.

Како резултат на непотполно согорување на дрво, формирањето на честичките е во големи количини и претставува сериозен проблем по околината. Емисиите на честички од непотполното согорување може да се појават како чад, саги или кондензирани тешки јаглеводороди (капки катран). Сагите се агломерација на јаглородни честички, што се резултат на недостаток на кислород во зоната на пламенот. Постојат главно три извори на примарни честички според потеклото и механизмите на формирање кои се емитираат директно во амбиенталниот воздух од уреди за согорување на дрво и тоа: честички од саги, органски честички и честички од пепел.

Први фини честички формирани во процесот на согорување на дрво се честичките на саги кои се формираат од јаглеводородите во пламенот. Во текот на непотполното согорување со недостаток на воздух на повисоки температури (800-1000)°C во емисиите на PM се повеќе доминираат саги.

Цврстите горива како што е дрвото содржат значителна количина на пепел во форма на неоргански елементи. Во текот на согорувањето овие неоргански видови во продуктите од согорувањето произведуваат пепел. Најголем дел од пепелта формирана во процесот на согорување на дрво останува во дното од печката. Покрај тоа мал дел од пепелта кој се нарекува летечки пепел заедно со издувните гасови се одведува во околината. Емисиите од честички од летечки пепел може да се карактеризираат како аеросоли (со големина < 1 μ m) и груби честички од летечки пепел. Големината на честичките на овој груб летечки пепел се движи од неколку микрометри до околу 200 микрометри (M. Obaidullah, 2012).

5. ЗДРАВСТВЕНИ И ЕКОЛОШКИ ЕФЕКТИ ОД РМ ЧЕСТИЧКИТЕ

Атмосферските честички се сметаат за еден од најсериозните опасности за здравјето на луѓето, животната средина и климата на глобално ниво.

Атмосферските честички можат долго време да опстојуваат во атмосферата и се подложни на дисперзии и транспортни процеси и на тој начин предизвикуваат штетни ефекти врз здравјето на луѓето и животната средина. Штетните ефекти вклучуваат здравствени проблеми со дишните патишта и респираторниот систем, влошување на постоечките респираторни и кардиоваскуларни болести, промени во имунолошкиот систем на телото и одбрамбените системи, оштетување на ткивото на белите дробови, канцерогенеза и предвремена смртност. Овие ефекти се позначително изразени кај постарите лица и децата (L. A. Jimonda 2012).

Кога се користи терминот суспендирани честички се однесува на честичките од сите опсеци. Меѓутоа од аспект на здравјето на човекот најзначајни се честичките со големина до 10 μm (PM_{10}) и честичките со големина до 2,5 μm ($\text{PM}_{2.5}$). PM_{10} може лесно да се транспортира преку горниот респираторен тракт што предизвикува директни здравствени опасности. Меѓутоа најновите истражувања го фокусираат нивното внимание на фините суспендирани честички $\text{PM}_{2.5}$ поради нивната способност да навлезат подлабоко во респираторниот систем (L. A. Jimonda 2012).

Суспендираните честички се поврзани со многу негативни влијанија по човековото здравје. Голем број на студии спроведени во различни делови од светот, укажуваат на важна поврзаност на емисиите од моторните возила и зголемени симптоми на астма и ринитис (Rai, 2015). Од извештаите за здравствените ефекти од честичките од издувните гасови од дизел моторите констатирано е дека краткотрајната изложеност на честичките од дизел моторите е поврзана со респираторни здравствени ефекти како што се алергиски воспаленија и симптоми типични за астма, додека долгорочната изложеност е поврзана со зголемен ризик за рак на белите дробови (US EPA, 2002).

Амбиенталните честички што произлегуваат од согорување на јаглен за производство на електрична енергија во термоцентралите содржат директно емитирани суспендирани честички и секундарни честички, формирани со реакции на гасовитите загадувачи како што се сулфурот и азотот. Во многу индустриски земји честичките од согорување на јагленот е значаен допринесувач на честички во вкупното загадување на воздухот и здравствените ефекти од изложеноста на овој извор се широко истражени (Hime et al. 2018)

Честичките што произлегуваат од согорување на дрво за греење во домаќинствата значително придонесуваат за зголемување на концентрациите во амбиенталниот воздух (Trajkovski et al. 2017). Поголемиот дел од информациите во врска со здравствените ефекти поврзани со согорувањето на огревно дрво се однесуваат на респираторни проблеми особено кај децата, додека влијанието од кардиоваскуларните заболувања е помало (Brauer et al. 2007).

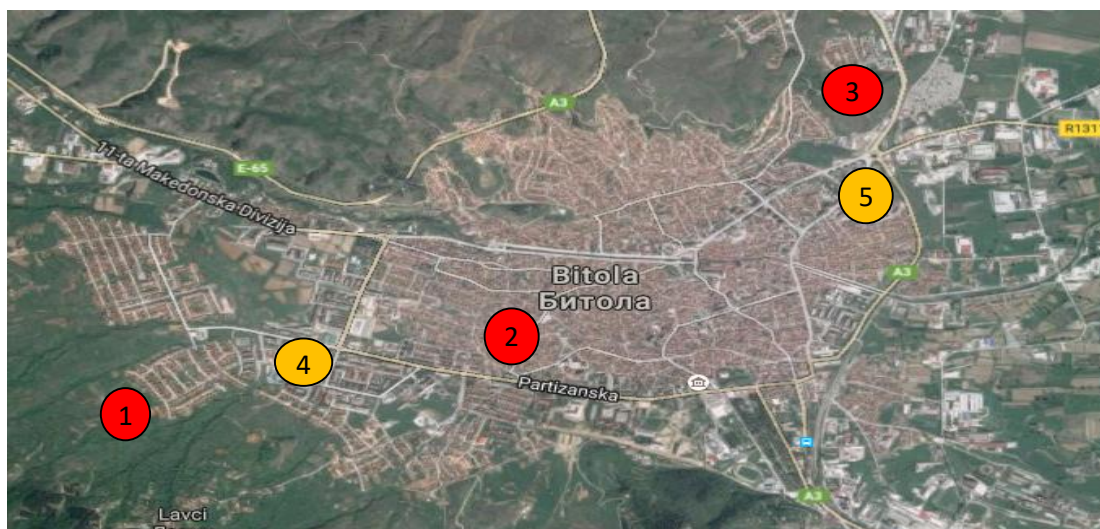
Загадувањето на воздухот предизвикано од сообраќајот, согорување на јаглен за производството на електрична енергија и согорувањето во индустриските процеси можат да бидат важни предизвикувачи на астма и други респираторни проблеми. Согорувањето на дрво, листови и други остатоци во земјоделието создава големи количини на PM_{10} и други загадувачи во воздухот што можат да ја влошат астмата и да предизвикаат проблеми со дишењето. Симптомите како што се тахикардија и зголемен крвен притисок се забележани како последица на загадување со тешки метали (Kampa and Castanas 2007).

6.1 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИСТРАЖУВАЊА НА PM_{10}

За мерење на масената концентрација на суспендирани честички во урбаниот дел на градот Битола се одредени пет мерни локации. Локациите се поставени на релативно еднакви растојанија распоредени по должина на градот. Резултатите од мерењата на масената концентрација ќе послужат за одредување на влијанието на главните извори на PM_{10} честичките во амбиенталниот воздух. Во ова истражување главните извори се однесуваат на согорување на биомаса за загревање на домаќинствата и влијанието на сообраќајот. За таа цел одредени се три мерни локации за одредување на влијанието на согорувањето на биомаса и две мерни локации за одредување на влијанието на сообраќајот.

За мерење на концентрациите на суспендирани честички и одредување на влијанието од согорувањето на биомаса се одредени три локации. Една локација е поставена во Брусничка населба-локација 1 на урбаниот периферен дел од градот. Оваа локација е карактеристична по тоа што нема сообраќај и нема индустриски согорувачки процеси во непосредна близина на мерното место. Карактеристично за оваа локација во однос на емисиите на честички е согорувањето на биомаса во зимскиот период. Втората мерна локација е поставена во Паркот во близина ОУ Стив Наумов-локација 2 и се наоѓа во урбаниот дел на градот во централното градско подрачје и истата се карактеризира со релативно мала фреквенција на сообраќај и нема индустриски согорувачки процеси во близина на мерното место. Исто така во зимскиот период карактеристично за оваа локација е емисиите на честички од согорувањето на биомаса. И третата локација е поставена во долниот периферен дел на градот во населбата Стрелиште-локација 3. На оваа локација освен согорување на биомаса влијание имаат и емисиите од сообраќајот бидејќи во непосредна близина е булеварскиот влез во градот со значително висока фреквенција на возила.

За одредување на влијанието на сообраќајот одредени се две мерни локации. Едната е поставена на кружниот тек во непосредна близина на Веро1-локација 4. Карактеристично за оваа локација е високата фреквенција на возила во текот на целиот ден. На оваа локација најголем дел од возилата кои се движат најчесто се патнички. Во близина на оваа локација нема индустриски или други согорувачки процеси во текот на мерењето. Втората локација е поставена на кружниот тек во непосредна близина на бензинската станица Бит-оил локација 5. Оваа локација е карактеристична со висока фреквенција на возила од сите видови (патнички, товарни и автобуси).



Слика 6.1: Приказ на мерните локации за одредување на концентрацијата на PM_{10} во Битола

8. ЗАКЛУЧОК

Согорувањето на огревно дрво се покажа како доминантен извор на емисии на PM_{10} во вкупните емисии во урбаниот дел на градот Битола во текот на зимата. Средните вредности од извршените мерења укажуваат на постојано високи концентрации во текот на мерниот период на сите мерни локации.

Од поединечните мерења може да се забележи дека највисока концентрација на PM_{10} е измерена на локацијата 3 (Стрелиште) во месец Ноември 2016, и вредноста е за 4 пати повисока во однос на концентрациите измерени на мерната локација 1 (Брусничка Населба) во истиот месец. На мерната локација 2 измерените концентрации се за 3 пати повисоки во однос на мерната локација 1 во истиот период. Во месец Октомври 2016 кога не е грејна сезона измерените вредности на локацијата 2 се за околу 2,8 пати повисоки во однос на локацијата 1 и на локацијата 3 исто така измерените вредности се за околу 2,5 пати повисоки во однос на локацијата 1. За разлика од локацијата 1, на локациите 2 и 3 се измерени повисоки вредности што укажува дека централното градско подрачје е со повисоки емисии на честички од периферните делови на градот за време на целиот период од мерењето.

Во однос на распределбата на честичките евидентно е дека во периодот на грејната сезона на локацијата 1 во Месец Февруари 2017, фините честички со големина до 2.5 и 1 μm се зголемени за околу 4 пати во однос на месец Октомври кога не е сеуште започната грејната сезона на истата локација. Во овој период честичките со големина до 10 μm се зголемиле за 15%. Слични се соодносите и на локациите 2 и 3 за истиот период. Во периодот на грејната сезона на трите локации во распределбата на честичките имаме зголемен процент на фините честички што укажува на присуството на согорувањето како доминантен извор. Во периодот кога не е грејна сезона, распределбата на честичките е во границите на моделот на Watson and Chow, 2000) што укажува на прашина од почвата и патиштата како доминантен извор. Од распределбата на честичките на локациите 4 и 5 кои се со зголемена фреквенција на возила произлегува зголемување на грубите честички PM_{10} за околу 10%, додека фините честички со големина до $PM_{2.5}$ се зголемиле за 8% и PM_1 останале приближно еднакви што укажува на тоа дека на фреквентните места со сообраќај ресуспендираната прашина е подоминантен извор во однос на издувните гасови.

Од односот на големината на честичките $PM_{2.5}/PM_{10}$ во периодот кога не е грејна сезона во месец Октомври 2016 може да се види дека на сите локации вредностите се приближно еднакви и релативно ниски во однос на вредностите кои се добиени кога е грејана сезона во месеците Ноември 2016 и Февруари и Март 2017, што укажува на поголем процент на груби честички PM_{10} . Односно ресуспендираната прашина од почвата и патиштата е подоминантен извор во однос на согорувањето. Со почетокот на грејната сезона на повеќето локации следи пораст на овој однос што укажува на зголемена вредност на фините честички како последица на согорувањето.

Ако ги погледнеме разликите на мерните локации, според измерените вредности за целиот период на мерење, влијанието на емисиите на PM_{10} од согорување на биомаса врз вкупните емисии на PM_{10} во воздухот изнесува од 58-70% на локацијата 1, 60-65% на локацијата 2 и 69-76% на локацијата 3. Од овие разлики може да се констатира дека согорувањето во текот на грејната сезона за загревање на домовите ги зголеми концентрациите на PM_{10} честичките за најмалку 58% и е доминантен извор на честички во текот на зимата.

Од разликите кои произлегуваат од локациите 1,2 и 4 во месец Октомври 2016 кога не започната грејната сезона следи дека концентрациите на мерната локација 4 која што е со зголемена фреквенција на

возила се повисоки во однос на локацијата 1 за околу 60% и 65% во однос на локацијата 2. Влијанието на сообраќајот довело до зголемување на концентрацијата на PM_{10} за најмалку 60% и е доминантен извор на честички во урбаниот дел на градот во периодот кога не е грејна сезона.

Концептуалното моделирање е техника на моделирање која не бара современа и релативно скапа опрема за собирање на примероци и сложени софтверски системи за обработка на истите и поради тоа е лесно применлива. За разлика од другите техники на моделирање може да доведе до поголеми отстапувања во презентираниите анализи. Новите техники на моделирање како рецептор моделите кои имаат најголема примена користат современи мерни системи за земање на примероци и преку хемиска анализа на истите утврдувањето на изворите е со поголема точност. Употребата на нови техники на моделирање и користење на друга опрема отвораат можност за понатамошни истражувања во оваа област.