



ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ

**ФАКУЛТЕТ ПО ХИМИЧНО И СИСТЕМНО ИНЖЕНЕРСТВО
КАТЕДРА ИНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГИЯ**

Маг. инж. Нина Христова Илиева

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация

АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ НА КАЧЕСТВОТО НА АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ В СОФИЯ

за придобиване на образователната и научна степен **ДОКТОР**
по научна специалност
„Технология за пречистване на въздуха“

Научен ръководител:

Доц. д-р инж. Николай Козарев

Научно жури:

1. Проф. д-р инж. Иван Домбалов – Председател
2. Доц. д-р инж. Николай Козарев
3. Доц. д-р инж. Мариана Дончева
4. Доц. д-р инж. Екатерина Тодорова
5. Доц. д-р инж. Валентин Камбуrow

София, 2012

Дисертационния труд е написан на 171 страници и съдържа 125 фигури и 49 таблици. Цитирани са 98 литературни източника.

Представеният дисертационен труд е обсъден и приет на защита на заседание на научен съвет на научното звено на катедра „Инженерна екология“, състояло се на 21.12.2011

Публичната защита на дисертационния труд ще се проведе на 14.05.2012 г. от 14.00 часа в зала 424, сграда „А“ на ХТМУ.

Материалите са на разположение на интересуващите се на интернет страницата на ХТМУ и в отдел „Научни дейности“, стая 406, етаж 4, сграда „А“ на ХТМУ.

Увод

В последните десетилетия, в София живее и работи около една седма от населението на Република България. В София са съсредоточени и голям брой промишлени предприятия – източници на различни замърсители на въздуха, най-голямото от които до 2008 година беше КРЕМИКОВЦИ АД. Значими, в това отношение, са и действащите на територията на града топлоелектрически и отоплителни централи.

Големият брой жители в София и засиленият внос на автомобили втора ръка от Европа доведе до рязко повишаване на броя на личните автомобили, регистрирани и употребявани на територията на града. Огромна е и автомобилният поток, определен хората, които живеят извън, но работят в Столицата. Наистина, в София вече функционира един от диаметрите на Софийското метро, но това съвсем не е достатъчно за значително намаляване на автомобилния трафик в града, особено в централната част и по главните пътни артерии.

В редица квартали на София изобщо не е изградена необходимата инфраструктура за централно отопление. Заедно с това, поради значителното нарастване на цените на електроенергията и природния газ, все повече жители се ориентират към употребата на твърди горива за отопление. Това несъмнено допринася за влошаване на качеството на атмосферния въздух (КАВ).

От реализираните, през последните 4-5 години, измервания в действащите на територията на София пунктове за мониторинг става ясно, че въздухът в Столицата се характеризира със значителна степен на замърсяване по отношение на фини прахови частици (PM_{10}) и азотни оксиди. Тези замърсители са характерни най-вече за индустриалните горивни процеси и автомобилния транспорт. По отношение на фините прахови частици, макар и само през есенно-зимния период, сериозен принос има и употребата на дърва за отопление.

Въпреки, че емисиите на вредни вещества от автомобилния трафик и дейността на съществуващите на територията на София топлоелектрически и водно-отоплителни централи намаляват в известна степен през летните месеци, а за транспорта и през няколко от нощните часове, около 1,2 милиона жители са засегнати от наднормено замърсяване на въздуха през твърде голяма част от годината. Ето защо, проблемът за мониторинг и управление на качеството на атмосферния въздух в Столицата е изключително актуален.

Цел на настоящата дисертационна работа е изследването на качеството на атмосферния въздух в София през периода след 2007 година, установяване на основните причини за наднормено замърсяване и разработване на мерки, чието реализиране да доведе до спазване на постановените норми за нивата на основните замърсители на въздуха.

Глава 1. СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА

Замърсяването на въздуха и свързаното с него негативно влияние върху човешкото здраве и околната среда като цяло, е проблем, известен от десетилетия. В исторически план могат да бъдат отбелязани редица случаи на висока степен на замърсяване на въздуха, довели до катастрофални последици. Случаи на висока степен на замърсяване на въздуха, за последните две-три десетилетия, са характерни и за редица райони в България, като Русе, Кремиковци, Стара Загора, Пирдоп-Златица и др.

Металургичният комбинат „Кремиковци“, и съществуващите на територията на града промишлени източници, както и непрекъснато увеличаващия се автомобилен трафик, обуславят значителна степен на замърсяване на въздуха и в София през последните десетилетия.

Управлението на КАВ се характеризира със следните основни дейности:

- Хармонизиране на Българското с Европейското законодателство в областта на опазване на околната среда. Това дефинира целите на управлението на КАВ, а именно – понижаване на степента на замърсяване на въздуха до постигане на постановените норми.
- Мониторинг на КАВ в съответствие с Европейските изисквания в тази насока. Данните от мониторинга се отнасят до определени точки на територията на града. В този смисъл те могат категорично да установят превишения на определени норми, ако има такива, но не са достатъчни за цялостна оценка на КАВ. Независимо от това, данните от мониторинга представляват база за валидиране на математичните модели, използвани за оценяване на КАВ за цялата територия.
- Математично моделиране за установяване на съществуващото КАВ и за оценка на неговото изменение в резултат от предприети мерки и прилагане на избрана стратегия на управление.

1.1. Нормативна база

Хармонизирането на Българското с Европейското законодателство в областта на КАВ е практически завършен процес. Референтен документ в тази насока е Директива 2008/50/ЕО на Европейския Парламент и на Съвета [2]. По отношение на КАВ, хармонизацията засяга следните нормативни актове:

- Закон за чистотата на атмосферния въздух, /Обн. ДВ. бр.45 от 28 Май 1996г., посл. изм. ДВ. бр.88 от 9 Ноември 2010г./
- НАРЕДБА № 1 от 27.06.2005 г. за норми за допустими емисии на вредни вещества (замърсители), изпускани в атмосферата от обекти и дейности с неподвижни източници на емисии, /Обн., ДВ, бр. 64 от 5.08.2005 г., в сила от 6.08.2006 г./
- НАРЕДБА № 5 от 15.04.2003 г. за предотвратяване и намаляване на замърсяването на околната среда с азбест, /Обн., ДВ, бр. 39 от 25.04.2003 г./
- НАРЕДБА № 6 от 26.03.1999 г. за реда и начина за измерване на емисиите на вредни вещества, изпускани в атмосферния въздух от обекти с неподвижни източници /Обн., ДВ, бр. 31 от 6.04.1999 г., изм., бр. 52 от 27.06.2000 г., бр. 93 от 21.10.2003 г./
- НАРЕДБА № 7 от 21 Октомври 2003 г. за норми за допустими емисии на летливи органични съединения, изпускани в околната среда, главно в атмосферния въздух в резултат на употребата на разтворители в определени инсталации /Обн. ДВ. бр.96 от 31 Октомври 2003г., изм. ДВ. бр.20 от 6 Март 2007г., изм. ДВ. бр.67 от 21 Август 2009г., изм. ДВ. бр.40 от 28 Май 2010г./

- НАРЕДБА № 7 от 3.05.1999 г. за оценка и управление качеството на атмосферния въздух /Обн., ДВ, бр. 45 от 14.05.1999 г., в сила от 1.01.2000 г./
- НАРЕДБА № 10 от 6.10.2003 г. за норми за допустими емисии (концентрации в отпадъчни газове) на серен диоксид, азотни оксиди и общ прах, изпускани в атмосферния въздух от големи горивни инсталации /Обн., ДВ, бр. 93 от 21.10.2003 г./
- НАРЕДБА № 11 от 14 Май 2007 г. за норми за арсен, кадмий, никел и полициклични ароматни въглеводороди в атмосферния въздух /Обн. ДВ. бр.42 от 29 Май 2007г./
- НАРЕДБА № 12 от 15 Юли 2010 г. за норми за серен диоксид, азотен диоксид, фини прахови частици, олово, бензен, въглероден оксид и озон в атмосферния въздух /Обн. ДВ. бр.58 от 30 Юли 2010г., в сила от 30.07.2010 г./
- НАРЕДБА № 14 от 23.09.1997 г. за норми за пределно допустимите концентрации на вредни вещества в атмосферния въздух на населените места /Обн., ДВ, бр. 88 от 3.10.1997 г., изм., бр. 46 от 18.05.1999 г., в сила от 1.01.2000 г., бр. 8 от 22.01.2002 г., в сила от 1.01.2002 г., бр. 14 от 20.02.2004 г., в сила от 1.01.2004 г., бр. 42 от 29.05.2007 г., в сила от 1.01.2008 г./
- НАРЕДБА за изискванията за качеството на течните горива, условията, реда и начина за техния контрол /Обн. ДВ. бр.66 от 25 Юли 2003г., посл. изм. ДВ. бр.76 от 21 Септември 2007г./

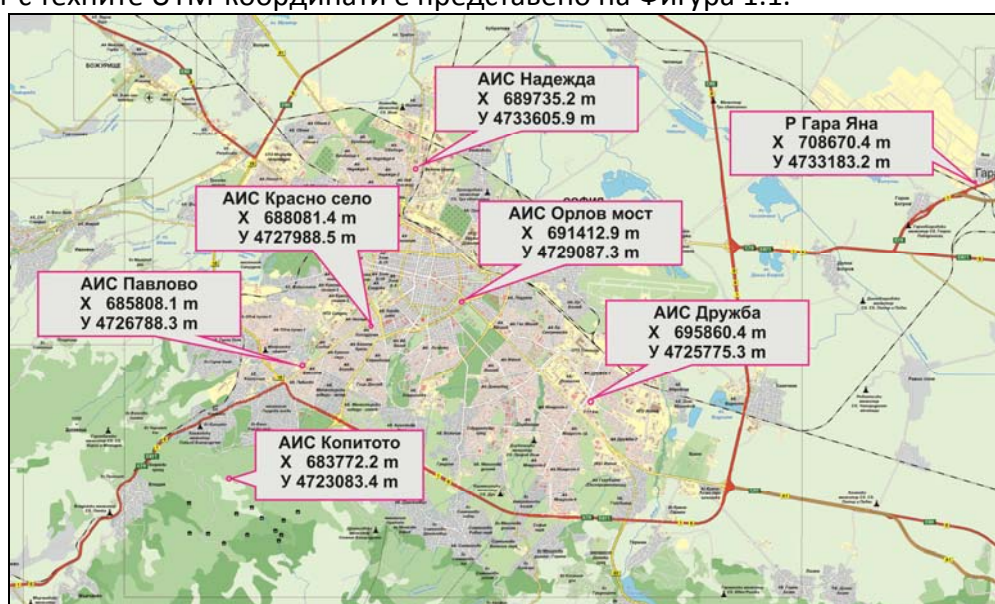
1.2. Мониторинг на качеството на въздуха в София

Качеството на атмосферния въздух в София се наблюдава в 5 пункта за мониторинг (ПМ) на територията на града и два извън него:

- Гара Яна (Р) – европейски код BG0024A – крайградски фонов;
- Надежда (АИС) – европейски код BG0040A – крайградски фонов;
- Дружба (АИС) – европейски код BG0052A – крайградски фонов;
- Орлов мост (АИС) – европейски код BG0054A – градски трафик;
- Красно село (АИС) – европейски код BG0050A – крайградски фонов;
- Павлово (АИС) – европейски код BG0059A – крайградски фонов;
- Копито (АИС) – европейски код BG0070A – извънградски фонов.

Един от тях е с ръчно пробовземане и последващ лабораторен анализ (Р), а останалите са автоматични измервателни станции (АИС). Всички пунктове се обслужват от ИАОС.

Пунктът Гара Яна е разположен в непосредствена близост до металургичния комбинат Кремиковци и има предназначението да измерва въздействието на комбината върху качеството на въздуха в неговата околност. Пункт Копитото е фоново ориентиран. Разположението на пунктовете за мониторинг с техните UTM-координати е представено на Фигура 1.1.



Фигура 1.1. Пунктове за мониторинг на територията и в околностите на София

Основни показатели, характеризиращи качеството на атмосферния въздух в приземния слой на атмосферата са нивата на:

Суспендирани частици	Озон
Фини прахови частици	Олово (аерозол)
Серен диоксид	Бензен
Азотен диоксид и азотен оксид	Полициклични ароматни въглеводороди
Въглероден оксид	Тежки метали - кадмий, никел и живак

1.3. Резултати от мониторинга за периода 2003-2009 г.

Анализът на данните от мониторинга показва, че за периода 2003-2009 г. КАВ в София е трайно застрашено по два от основните замърсители - **фини прахови частици** и **азотни оксиди**.

По отношение на ФПЧ₁₀

1. Във всички крайградски пунктове (с изключение на извънградския фонов пункт Копитото) има превишение на СДН повече от 35 пъти за съответната година.
2. За 2009 г. СГК на ФПЧ₁₀ фини прахови частици е под нормата от 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ само в пункт Гара Яна, което се дължи на спирането на тежките металургични производства в Кремиковци АД.
3. Фоновото ниво на концентрациите на Копитото показват слабите потенциални възможности на полето на вятъра за пренос на замърсители на юг.
4. Превишенията на СДН са главно през студено то полугодие, което се обяснява с голямото количество прах по пътната настилка в следствие от опесъчаването.

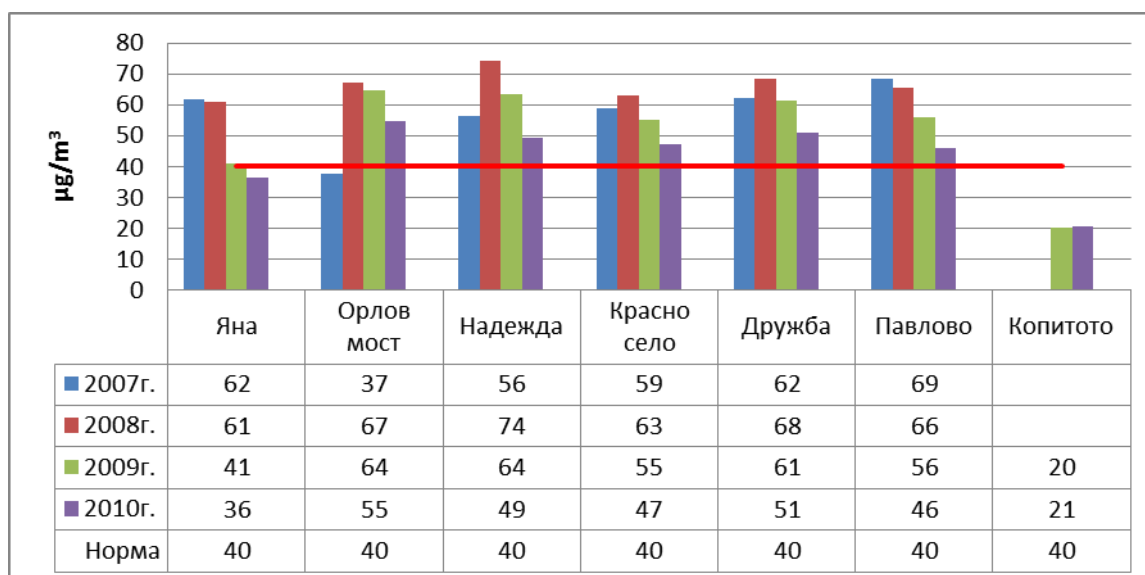
По отношение на азотен диоксид

1. Превишения на СГН за NO₂, за последните години се наблюдават в пунктовете Орлов мост и Красно село, като за всички останали нормата е спазена.
2. По-високи средно-дневни концентрации се наблюдават главно през студено то полугодие, което е свързано с отоплителните котлоагрегати, използващи природен газ.

По-долу ще бъдат разгледани детайлно измерените, в пунктовете за мониторинг, концентрации на ФПЧ₁₀ и NO₂. За анализ и оценка на КАВ е използвана базата данни, предоставени от ИАОС. Оценката на КАВ обхваща периода 2007-2010 г.

1.4. Анализ на измерените концентрации за ФПЧ₁₀

На фиг. 1.6 са представени измерените средногодишни концентрации на ФПЧ₁₀ в пунктовете за мониторинг на територията на София за периода 2007 – 2010г., както и средногодишната норма за ФПЧ₁₀ - 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

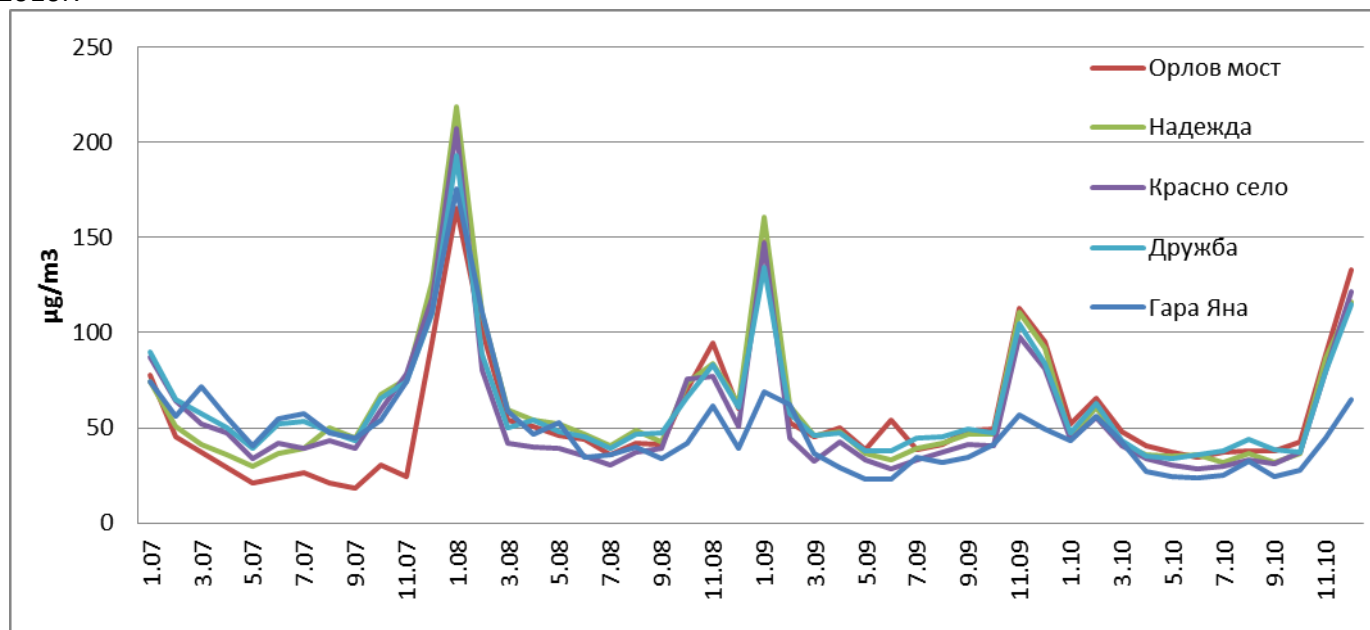


Фигура 1.2 Средногодишна концентрация на ФПЧ₁₀ за периода 2007-2010г.

От фигурата ясно се вижда, че:

- За 2007 и 2008 г. в пункт Гара Яна се наблюдават превишения на средногодишната норма за ФПЧ_{10} , докато за 2009 и 2010г. нормата е постигната. Намаляването на средногодишните концентрации на ФПЧ_{10} , най-вероятно се дължи на прекратяването на дейността на „Кремиковци“ ЕАД.
- В пункта на Орлов мост, освен за референтната 2007г., за всички останали години се наблюдават превишения на средногодишната норма за ФПЧ_{10} . Като се има предвид, че пунктът е транспортно ориентиран, най-вероятно намаляването на средногодишните концентрации на ФПЧ_{10} за 2010г. в сравнение с 2009г. се дължи на пускане на първи метродиаметър, на световната финансова криза, както и на мерките предприети от Столична община.
- В пунктовете в ж.к. Надежда и ж.к. Дружба за периода за всички години се наблюдават превишения на средногодишната норма за ФПЧ_{10} с тенденция за спад на концентрацията на ФПЧ_{10} за 2009 и 2010г. в сравнение с 2008г., което вероятно се дължи на световната финансова криза, както и на предприетите мерки от Столична община.
- В пунктовете в Красно село и Павлово за всички години се наблюдават превишения на средногодишната норма за ФПЧ_{10} . Тук също се забелязва тенденция към намаляване на измерената средногодишна концентрация на ФПЧ_{10} , като в пункта за мониторинг в Павлово за 2010г. е измерена стойност, която е много близка до средногодишната норма и постигането и в бъдещ период не изисква значителни усилия.
- Измерените средногодишни стойности в пункта на Копитото за всички години са значително под средногодишната норма за ФПЧ_{10} . Това се дължи на факта, че този пункт за мониторинг е извънградски фон.

На Фигура 1.3 са представени средно месечните концентрации на ФПЧ_{10} за периода 2007 – 2010г.



Фигура 1.3. Средномесечна концентрация на ФПЧ_{10} за 2007-2010г.

Фигурата показва сезонност на измерените концентрации на ФПЧ_{10} . Най-висока средномесечна концентрация е измерена в пункт Надежда, през януари 2008г. Пиковите стойности на този показател и в останалите пунктове се наблюдават през същия месец. По-високите концентрации на ФПЧ_{10} през зимните месеци се обуславят от климатичните условия (повече дни със скорост на вятъра под 1.5 m/s, продължителни мъгли и инверсии), както и от периодичните източници (битово горене, по-интензивен трафик през зимните месеци в сравнение с летните). Сезонният характер се потвърждава и от резултатите от проведения дисперсионен анализ, представени в таблица 1.1.

В таблица 1.2 е представен броят на измерените превишения на средноденоношната норма ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$) за ФПЧ_{10} за периода 2007 – 2010г, съответстващият им брой дни с неблагоприятни метеорологични условия и броя на редуцираните превишения. С по-тъмен цвят са отбелязани стойностите на редуцираните превишения, които надхвърлят допустимия за една календарна година (35).

Таблица 1.1. Резултати от дисперсионния анализ на фактора сезон

Пункт	F	P-value	F crit
Яна	4.84	0.019638	3.490
Орлов мост	11.13	0.000882	
Надежда	15.03	0.000229	
Красно село	31.77	5.45E-06	
Дружба	21.78	3.81E-05	
Павлово	11.98	0.00064	

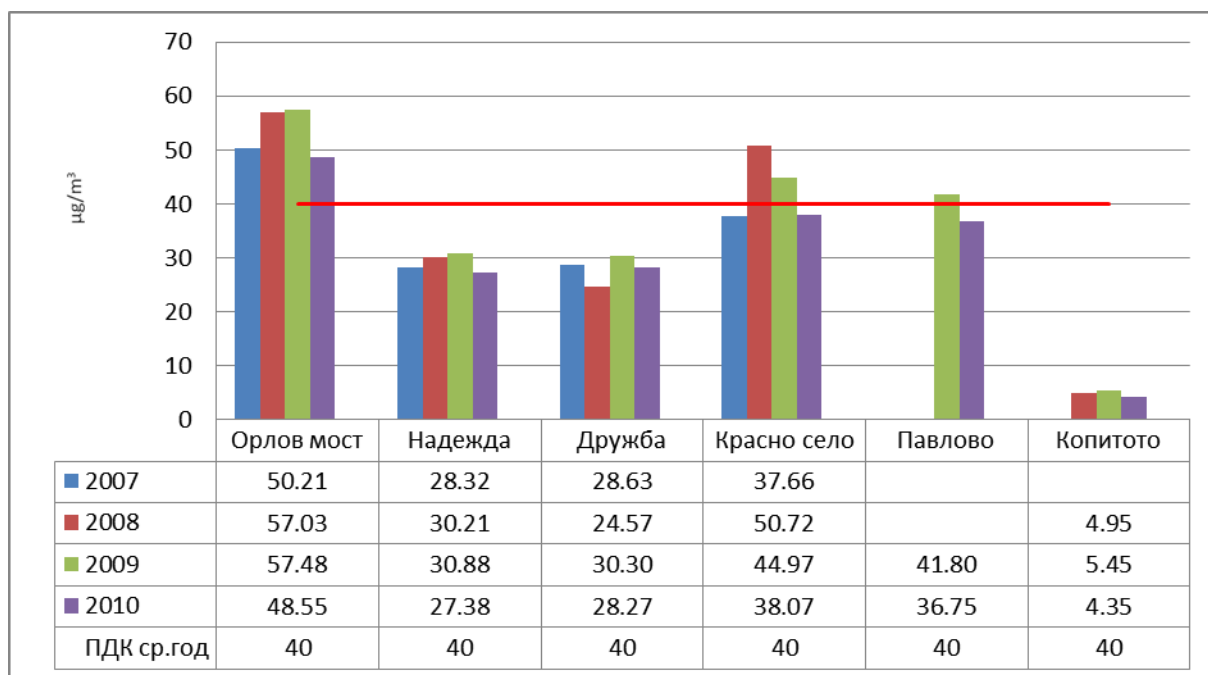
Таблица 1.2 Измерен брой превишения редуциран спрямо дните с неблагоприятни метеорологични условия за периода 2007 – 2010г. в пунктовете за мониторинг

Пункт	Година	Брой измерени превишения	Брой дни със скорост на вятъра $\leq 1.5 \text{ m/s}$	Брой редуцирани превишения годишно
Гара Яна	2007г.	179	55	124
	2008г.	135	36	99
	2009г.	58	35	23
	2010г.	56	13	43
Орлов мост	2007г.	65	25	40
	2008г.	140	42	98
	2009г.	161	66	95
	2010г.	134	34	100
Надежда	2007г.	134	55	79
	2008г.	198	43	155
	2009г.	138	57	81
	2010г.	93	26	67
Дружба	2007г.	172	61	111
	2008г.	189	44	145
	2009г.	156	61	95
	2010г.	118	28	90
Красно село	2007г.	120	52	68
	2008г.	140	36	104
	2009г.	98	51	47
	2010г.	86	23	63
Павлово	2007г.	193	62	131
	2008г.	156	33	123
	2009г.	120	52	68
	2010г.	106	31	75

От таблицата ясно се вижда, че въпреки изключването на дните с превишения получени в резултат на неблагоприятни метеорологични условия, качеството на въздуха е крайно незадоволително. Това е валидно за всички пунктове с изключение на Гара Яна през 2009 г.

1.5. Анализ на измерените концентрации на NO_2

На Фигура 1.4 са представени измерените средногодишни концентрации на NO_2 в пунктовете на територията на Столична община за периода 2007 – 2010г., както и средногодишната норма за NO_2 - $40\mu\text{g}/\text{m}^3$.

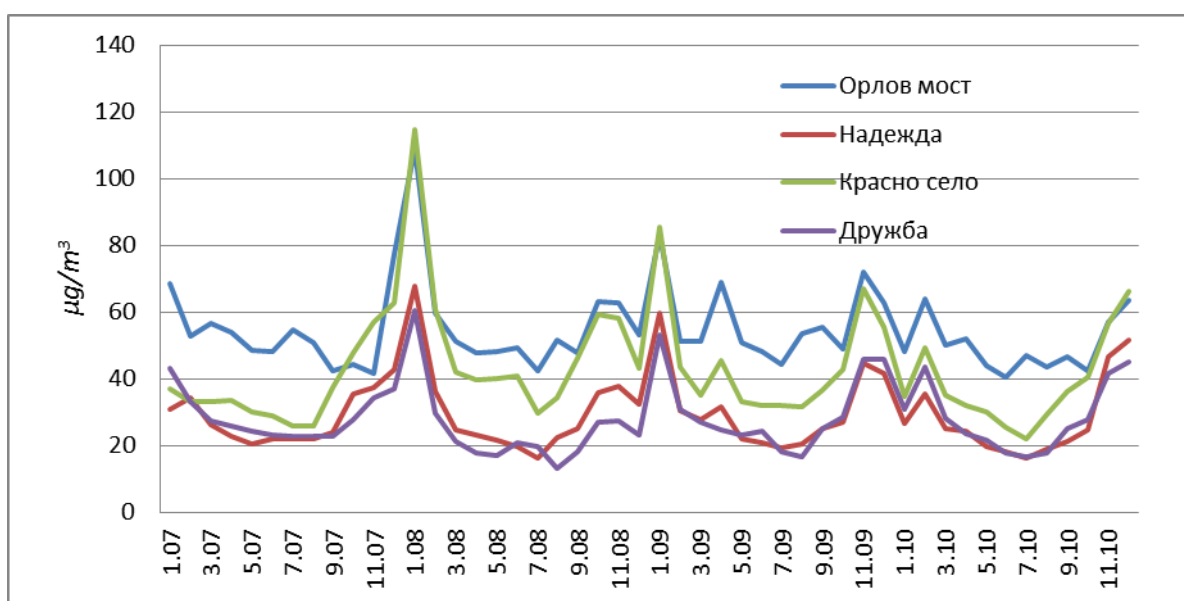


Фигура 1.4. Средногодишна концентрация на NO₂ по пунктове за периода 2007-2010г.

В пункт Орлов мост за всички години се наблюдават превишения на средногодишната норма за NO₂ (40µg/m³). През 2010 г. се наблюдава спад на средногодишната концентрация на NO₂ във всички пунктове, но за Орлов мост, тя все още е над нормата. От фигурата ясно се вижда, че измерените средногодишни стойности в пункта на Копитото за всички години са значително под средногодишната норма за NO₂.

В Таблица 1.3 е представен броят превишения годишно на средночасовата норма + допустимите отклонения (200 µg/m³+ДО) за NO₂ за пунктовете на територията на града за периода 2007 – 2010г, като разрешения брой превишения на е 18.

От таблицата се вижда, че за 2007 броят на превишенията на СЧН е под допустимия във всички пунктове, като през 2008 в пунктовете Орлов мост и Красно село е повече от двойно над допустимите 18, а през 2009 само в пункт Дружба превишенията са под допустимия брой. Към 2010г. е достигнато изискването за КАВ по отношение на средночасовата норма за NO₂ за всички пунктове с изключение на пункт Красно село.



Фигура 1.5. Средномесечна концентрация на NO₂ за 2007 - 2010г.

Таблица 1.3. Брой на превишенията на средночасовата норма за NO₂

Година Пункт	2007	2008	2009	2010
Орлов мост	10	41	44	14
Надежда	0	0	21	0
Дружба	0	0	3	1
Красно село	7	51	77	30
Павлово	-	-	38	16

На фигура 1.5 са представени средномесечните концентрации на NO₂ в пунктовете Орлов мост, Надежда, Красно село и Дружба. И по отношение на азотните оксиди се установява сезонност в изменението на средномесечните стойности на концентрацията.

1.6. Математични модели и софтуерни пакети

Математичното моделиране е неразделна част от управлението на КАВ. Докато оценката на качеството на атмосферния въздух най-често се базира на мониторингови данни, изготвянето на планове и програми без използването на някакъв вид математичен модел е невъзможно. За тази цел, най-изчерпателна информация би осигурило комбинирането на резултатите от моделирането и мониторинга на КАВ.

Дисперсионните модели най-общо могат да се категоризират според техния тип (напр. Гаусови, на Лагранж, Ойлерови) или според приложението им (напр. приложими за улични каньони; модели, приложими за градска среда). Дисперсионният модел се състои от метеорологична част, дисперсионна част, описваща разсейването на замърсителя и химическа част. Понякога тези части са неделими, като напр. някои модели, развити на базата на Гаусовата формула, използват конкретен пред-процесор за метеорология или могат да бъдат заменени, като напр. моделите на Лагранж, използващи почти всяко скоростно поле на вятъра. Различните модели използват различни комбинации от тези части, така, че не винаги е възможно да бъдат причислени към строго определена категория. В Таблица 1.4 са представени основните типове дисперсионни модели и тяхната приложимост за различни случаи.

Таблица 1.4. Матрица на приложимостта на дисперсионните модели

Тип на модела и приложения	Гаусови модели	Лагранжови модели на частиците	Ойлерови модели с отчитане на препятствия	Ойлерови модели с отчитане на терена
Открити пътища			Нама препятствия, скъпоструващо изчисление	Ниска резолюция
Улични каньони	В комбинация с параметризиращ метеорологичен модел	В комбинация с параметризиращ метеорологичен модел	Скъпоструващо изчисление	Продължително изчисление
Градски мащаб	Изисква хомогенна метеорология	Скъпоструващо изчисление	Изчислително неосъществими	
Регионален мащаб	Изисква хомогенна метеорология	Скъпоструващо изчисление	Изчислително неосъществими	

Зелено=“приложим”, Оранжево=“приложим с условия”, лилаво=“неприложим”

Детерминирани (аналитични) модели (Ойлерови и модели на Лагранж) – базират се на физикохимичните закони, материалния и енергийния баланс, кинетиката на топло- и масопредаването, химичното и фазовото равновесие и др. Най-важните предимства на аналитичните модели са тяхната универсалност и валидност за широки граници на изменение на условията. Като недостатък може да се посочи сравнително ниската им точност (Грешката им може да бъде 20 % -50 %).

Повечето от детерминираниите математични модели се базират на т.нар. дифузионно уравнение, което изразява принципа на запазване на масата.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \bar{u} \cdot \frac{\partial C}{\partial x} + \bar{v} \cdot \frac{\partial C}{\partial y} + \bar{w} \cdot \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \cdot \frac{\partial C}{\partial z} \right) + \text{източник} + \text{трансформация}$$

{конвективна част} {дифузионна част}

където:

C - усреднената във времето концентрация;

x, y, z - декартови координати;

$\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ - усреднените във времето компоненти на скоростта на вятъра;

K_x, K_y, K_z - дифузионни коефициенти по съответните направления;

Експериментално-статистически модели - представляват алтернатива на аналитичните. Базирант се на принципа на черната кутия, т.е не изискват познания относно същността на протичащите в обекта на моделиране процеси. Характеризират се с висока точност на предсказване на зависимите величини, но са валидни само за обекта, за който са изведени и само за диапазона на изменение на условията на експерименталното изследване.

Аналитико-експериментални модели - представляват хибрид, при който се прави опит да се обединят добрите страни на експериментално-статистически модели и детерминирани (аналитични) модели.

Гаусовият модел е един от най-широко използваните модели за разпространението на замърсители от точков източник. Базира се на предположението за нормално разпределение на концентрацията на замърсителя по двете перпендикулярни на посоката на вятъра направления. Представлява аналитично решение на опростеното дифузионно уравнение:

$$\bar{u} \frac{\partial C}{\partial x} = K_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + K_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2}$$

$$\text{заедно с отношенията: } \sigma_y^2 = 2K_y \frac{x}{\bar{u}}; \sigma_z^2 = 2K_z \frac{x}{\bar{u}}$$

които представляват стандартни отклонения на хоризонталното и вертикалното разпределение на замърсителите.

$\bar{u}$ - средна скорост на вятъра

K_y, K_z – коефициент на дифузия

Гаусовото уравнение се базира на теоретични експериментални принципи. Грешките му на предсказване достигат до 50%, но най-често се използва заради своята лекота и простота. Гаусовият модел спада към Shortcut моделите, т.нар. опростени модели. [55]

Общо уравнение:

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi i \sigma_y \sigma_z} \left[e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left(e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}} \right) \right]$$

Гаусовата формула по същество представлява аналитико – експериментален модел. Тя е в основата на множество математични модели и софтуерни пакети, като Plume, Traffic Oracle, ScreenView, ISC3, WinDimula, AERMOD и др .

В Европа се използват над 140 модела, някои от които са хармонизирани на национално ниво, но към момента няма такъв, който да се счита за стандартен.

В допълнение, е важно да се отбележи, че американската агенция по околна среда осигурява широк кръг от предпочитани/препоръчвани и други модели чрез техния Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling.

1.7. Изводи

1. Нито една от наличните методики за инвентаризация на емисиите не предлага пълен набор от необходимите емисионни фактори, поради което е подходящо да се използват комбинации от тях.
2. Съществуват и се използват множество математични модели и софтуерни пакети за оценка на КАВ, нокой от тях не се смята за стандартен, нито е приложим за всички случаи.
3. От направения детайлен анализ на данните за измерените стойности на ФПЧ_{10} и NO_2 по пунктове за мониторинг за периода 2007 – 2010г. могат да се обобщят следните изводи:
 - Превишени са средногодишните норми за ФПЧ_{10} във всички пунктове за мониторинг през разглеждания период с изключение на Гара Яна за 2009 и 2010г.;
 - Превишен е разрешения брой на превишенията на средноденонощните норми на ФПЧ_{10} за една година във всички пунктове за мониторинг;
 - В някои от пунктовете има изразена ясна тенденция към намаляване на измерените средногодишни концентрации, което основно се дължи на предприетите мерки в тази посока.
 - Наблюдава се сезонност на измерените концентрации на ФПЧ_{10} , като това вероятно се дължи на битовото горене. По-високите концентрации на ФПЧ_{10} измерени през зимните месеци се обуславят и от климатичните условия (по-висок процент дни със скорост на вятъра под 1,5 m/s, ниски температури, дни с мъгли и температурни инверсии).
 - През разглеждания период се наблюдават превишения в различните пунктове за мониторинг на средногодишните норми за NO_2 , като към 2010г. превишение на СГН се наблюдава само в пунктът при Орлов мост;
 - През разглеждания период се наблюдават превишения на разрешения брой на превишенията на средночасовите норми на NO_2 за една година в различните пунктове за мониторинг, като към 2010г превишение се наблюдава само в пунктът Красно село;
 - В някои от пунктовете има изразена ясна тенденция към намаляване на измерените средногодишни концентрации, което основно се дължи на предприетите мерки в тази посока.
 - Наблюдава се сезонност на измерените концентрации на NO_2 , като това вероятно се дължи на битовото горене и на топлофикационните дружества. По-високите концентрации на NO_2 измерени през зимните месеци се обуславят и от климатичните условия (по-висок процент дни със скорост на вятъра под 1,5 m/s, ниски температури, дни с мъгли и температурни инверсии).

1.8. Основни цели на дисертационната работа

Предвид казаното дотук, дисертационната работа има следните основни цели:

1. Детайлен анализ на качеството на въздуха в София относно азотни оксиди и ФПЧ_{10} , не само в пунктовете за мониторинг, а за цялата територия на Столицата.
2. Установяване на причините за влошеното качество на въздуха в Столицата.
3. Формулиране на подходящи мерки за намаляване на степента на замърсяване на въздуха до удовлетворяване на нормативните изисквания за КАВ.

Глава 2. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ НА ЕМИСИИТЕ НА ОСНОВНИТЕ ЗАМЪРСИТЕЛИ

За удобство при оценката на основните източници на емисии, те са разделени и представени в шест основни сектора:

- промишленост;
- транспорт;
- битови източници;
- строително-ремонтни дейности;

- земеделие и животновъдство;
- кариери, депа, хвостохранилища, табани, открити складове.

2.1. Емисии от промишлени източници

Контрол на Неподвижни източници на емисии на вредни вещества, изпускани в атмосферния въздух се извършва, чрез представените от собствениците и ползватели на обекти резултати от собствени периодични измервания (СПИ) и собствени непрекъснати измервания (СНИ). На тяхна база са изчислени годишните емисии на ФПЧ_{10} и NO_x , за 2007 и 2010г., представени в таблица 2.1.

От таблицата е видно, че има значително намаляване на емисиите на ФПЧ_{10} и NO_x от промишлени източници за 2007 и 2010 г. - около 6 пъти за ФПЧ_{10} и 2 пъти за NO_x . Основната част на това намаление е резултат от спирането на „Кремиковци“ ЕАД. Останалата част от намалените емисии се отдават, както на световната финансова криза, така и на по-сериозните екологични изисквания относно норми за допустими емисии, с които промишлените източници е трябвало да влязат в съответствие.

Значителното е намалял броят на източниците на емисии за 2010 г. в сравнение с 2007 г, с 28 по отношение на ФПЧ_{10} и със 17 по отношение на а за NO_x . На фигура 2.1 е представено разположението на промишлените източници на територията на Столична община, като поради големия им брой са посочени само някои по-големи.



Фигура 2.1 Разположение на промишлените източници на територията на Столична община

Таблица 2.1 Организиран източници на емисии за 2007 и 2010г.

Предприятие	Емисия, t/y			
	ФПЧ ₁₀	NOx	ФПЧ ₁₀	NOx
	2007		2010	
ТЕЦ "София Изток"	371.81	13013.32	185.91	7436.19
ТЕЦ "София"	149.83	5244.09	74.92	2996.62
ОЦ "Земляне"		1415.79		809.03
"ОЦ Люлин"	69.95	2448.2	34.97	1398.97
СОФИЯ МЕД АД	58.2	406.02	58.2	406.02
"ЛАКПРОМ" АД	9.68		9.68	63.08
"Дружба Стъкларски Заводи" АД	555.03	595.39	55.5	352.57
Кодак График Комюникейшън АД	0	40.95	0	32.19
Кремиковци АД	1678.12	5885.07	0	0
София БТ	0.34	21.55	0.34	21.55
ВОЦ „Хаджи Димитър“	18.48	103.92	10.78	60.62
ВОЦ „Суха Река“	11.8	66.39	6.88	38.72
ВОЦ „Левски-Г“	11.64	65.47	6.79	38.19
ВОЦ „Инжстрой“	6.22	35.01		20.42
Стилмет АД	10.82	55.27	4.6	70.97
Екометал Инженеринг	33.79	0	6.18	0
Леармаш	5.79	32.56	1.45	8.14
Сержани ООД	13.64	32.56	7.82	8.14
Елпром Зем	10.85		1.45	
"СТАМ ТРЕЙДИНГ" АД	3.15	31.54	1.58	31.54
Арома АД		10.06	0	10.06
Софарма АД	0.03	5.2	0.03	5.2
Интерпайп АД	2.98	16.79		18.65
АБ „Софстрой“,	24.33		3.24	
АБ „Щрабаг“,	24.33		3.24	
АБ „Орландовци“,	16.66		2.22	
АБ „Пътища и съоръжения“	21.4		2.85	
АБ „Кремиковци“	22.91		3.05	
Ксела България“ ЕООД	15.6	70.2	16.09	72.42
Изола Петров ЕООД		5.6	3.06	3.69
„Кока Кола ХБКБ“ АД	4.87	27.43	2.38	21.2
Компакт ЕООД	0.25		0.25	
Кооперация Христо Ников		11.54		11.54
ОРТ АД	2.38	13.4	2.38	13.4
Микрон 20	2.38	13.4	2.38	13.4
КЕТ АД	2.29		2.29	
Нонвотекс АД		0.55		0.55
МОСВ	4.39	58.51	4.39	58.51
Медиком ЕООД	0.01	6.57	0.49	6.57
Депо Суходол				10.8
Общо	3163.95	29732.35	515.39	14038.95

2.2. Емисии от транспорт

Транспортът е основният, постоянен източник на емисии на територията на Столична община. При моделирането на емисиите от транспорта са заложили данни за площни и линейни източници.

За изчисляване на емисиите на ФПЧ_{10} и NO_x от пътен транспорт източници е използвана най-новата методика на Европейската Агенция по Околна Среда (ЕЕА), разработена по Европейската Програма за мониторинг и оценка (ЕМЕР) към Конвенцията за трансграничното замърсяване на атмосферния въздух на далечни разстояния

За пътните условия в България може с увереност да се приеме, че относителният дял на суспендиран прах от пътните платна представлява повече от 95% от общите емисии на ФПЧ_{10} от автотранспорта. За изчисляване на емисията на ФПЧ_{10} от суспендиране на прах от пътната настилка е необходим пробегът на автомобилите, средното им тегло и количеството прах отложен на пътя (g/m^2), като се използва следната формула:

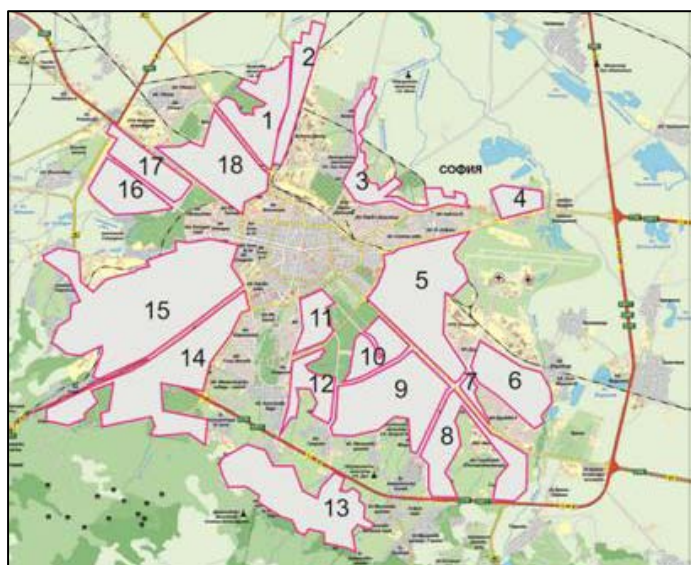
Адаптираните за Р България емисионни фактори от суспендиран прах от пътните платна по категории транспортни средства се получават по формулата:

$$E = k(sL)^{0.91} \times (W)^{1.02},$$

където: E – емисионен фактор (g/vkm); k – множител за фракцията ФПЧ_{10} (0.62); sL – количество прах отложен на пътя (g/m^2); W – средно тегло на МПС (t)

2.2.1 Емисии от площни източници

Площните източници от транспорт са формирани на базата на броя регистрирани моторни превозни средства (МПС) по категории и средногодишния им пробег в рамките на Столична община. Формирани са 18 площни източници от транспорт, представени на фигура 2.2.

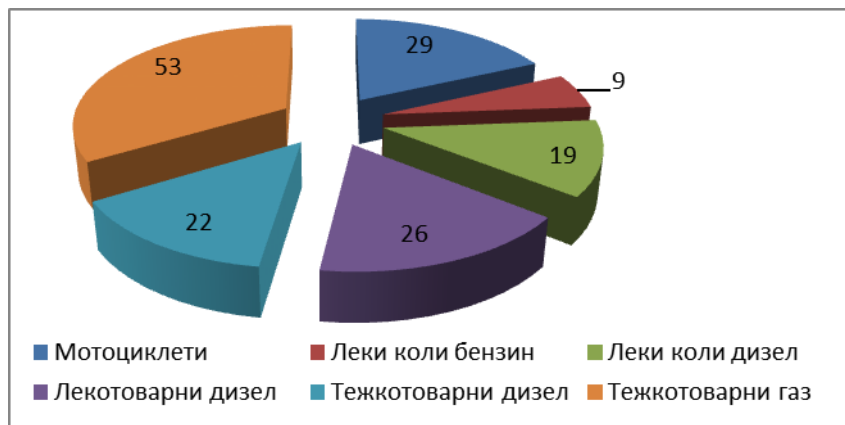


За изчислението на емисиите на ФПЧ_{10} и азотни оксиди са използвани данни за броя на МПС и средния пробег за година. Средният пробег е приет по експертна оценка и е еднакъв за двете години:

- Мотоциклети – 1000 km/y;
- Леки автомобили - 6500 km/y;
- Лекотоварни камиони – 6000 km/y;
- Тежкотоварни – 6000 km/y.

На фигура 2.2 е представен ръстът в проценти на броя регистрирани автомобили по категории и вид гориво.

Фигура 2.2 Разположение на площните източници на емисии на ФПЧ_{10} и NO_x



От фигурата се вижда, че нарастването на броя регистрирани МПС, и е различно за отделните категории, но по вид гориво се забелязва значителен ръст на дизеловите МПС.

Годишните емисии на ФПЧ_{10} и NO_x , за 2007 и 2010г., формирани от площни източници, са представени в таблица 2.3.

Фигура 2.3 Ръст на броя регистрирани автомобили, % за 2010г. в сравнение с 2007г. по категории и вид гориво

Таблица 2.2 Годишна емисия на ФПЧ10 и NOx от площни източници транспорт, както и описание на районите в които те са формирани

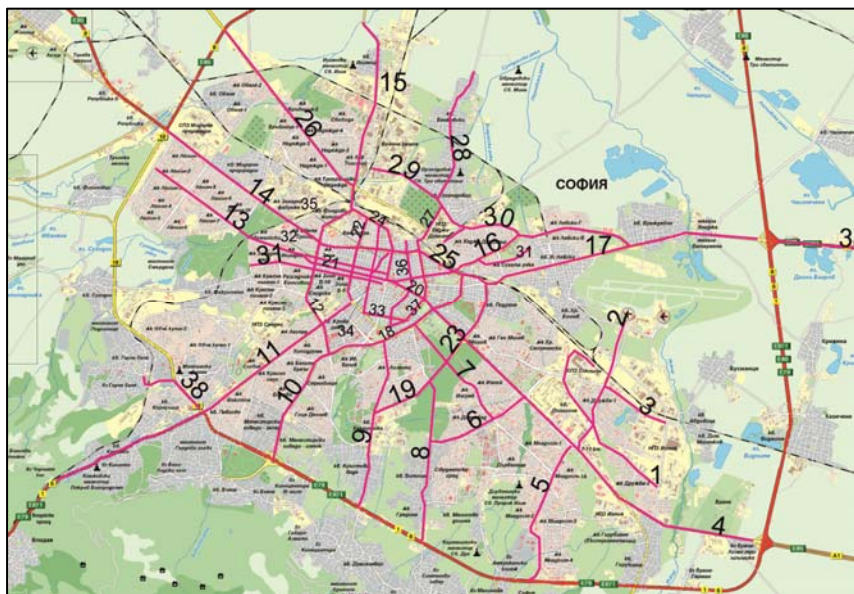
№ на площния източник	Описание	Площ, m ²	Емисия ФПЧ ₁₀ , t/y		Емисия NO _x , t/y	
			2007	2010	2007	2010
1	Жк. Връбница-2, Свобода, Надежда-4, Надежда-2, Лев Толстой, и кв. Илиянци	3660848	279.65	251.60	199.79	235.58
2	Военна рампа	1475910	112.74	101.44	80.55	94.98
3	Кв. Бенковци, Орландовци и жк. Левски-Г	3319673	253.59	228.16	181.17	213.62
4	Кв. Враждебна	1447939	110.61	99.51	79.02	93.18
5	Кв. Подуяне, Полигона, жк. Гео Милев, Яворов, Христо Смирненски	8802739	672.43	605.00	480.40	566.46
6	Жк. Дружба-1 и НПЗ Изток	4027715	307.67	276.82	219.81	259.19
7	7-ми 11-ти километър	364230.2	27.82	25.03	19.88	23.44
8	Жк. Младост-1А, Младост-3, Младост-4, НПЗ Изток и кв. Горобляне	4856935	371.02	333.81	265.06	312.55
9	Жк. Дървеница, Младост-1, Младост-2 и Студентски град	6761388	516.50	464.70	369.00	435.10
10	Жк. Изток, Изгрев и Дианабад	2338293	178.62	160.71	127.61	150.47
11	Жк. Лозенец	1780748	136.03	122.39	97.18	114.59
12	Кв. Хладилника, Кръстова гора, Витоша и жк. Градина	2293602	175.21	157.64	125.17	147.59
13	ВЗ Габаро-Азмата, Киноцентъра, Симеоново-Драгалевци, Симеоново-север, Симеоново-юг, кв. Драгалевци и Симеоново	6648043	507.84	456.91	362.81	427.81
14	Жк. Хиподрума, Белите брези, Красно село, Борово, Бъкстон, павлово, Манастирски ливади-запад, вз Килиите, Бело-водски път, Бояна, местност Гърдова глава и кв. Бояна	9119082	696.60	626.74	497.66	586.82
15	Жк. Разсадника, Красна поляна 1-3, Лагера, Славия, Овча купел 1и 2, кв. Факултета, Горна баня, Карпузица, вз Горна баня и НПЗ СРЗ Средец	1.36E+07	1038.89	934.71	742.21	875.17
16	Жк. Люлин 3-7	2647274	202.22	181.94	144.47	170.35
17	Жк. Люлин 1-2 и Люлин 8-10	2756985	210.60	189.48	150.46	177.41
18	Жк. Връбница 1 и 3, Надежда-1, Триъгълника-надежда, Света Троица, Захарна фабрика, Фондови жилища и кв. Модерно предградие	5580065	426.26	383.51	304.53	359.08
Общо			6224.30	5600.08	4446.77	5243.39

При формирането на площните източници на емисии от транспорт, представени на 2.2, емисията е изчислена от общия брой регистрирани автомобили в g/s, след което е нормирана към общата урбанизирана територия на град София и в резултат е получена емисия в g/s.m². След което тази емисия е емитирана от реалната площ на всеки площен източник в m², така се получава равномерно разпределение на емисията от целия площен източник. Неопределеността при изчисленията произтича от:

- честота на използване на регистрираните автомобили;
- използването на среден пробег в града;
- движение в града на МПС с друга регистрация;
- еднакво количества прах отложен на пътя за всички площни източници;
- невъзможност за оценка на реалната емисията денонощно, седмично и сезонно.

2.2.2 Емисии от линейни източници

Линейните източници представляват основните пътни артерии, пътищата от националната пътна мрежа и магистрални пътни участъци на територията на общината. За изчисляването на емисиите от натоварените трасета е извършено детайлно преброяване през 2007г на преминаващите за 1 час МПС по булеварди и улици с интензивно движение, а за 2010г. са направени само контролни преброявания (бул. Цариградско шосе, бул. Ал. Стамболийски, бул. А. Малинов и бул. Дондуков).



Резултатът от контролното преброяване показва намален брой на преминаващите МПС за 2010 г. с около 10%. На фиг. 2.4 е представено разположението на линейните източници от транспорт, като имената на улиците и булевардите, представени в Таблица 2.3, съответстват на номерата на източниците от фигурата. В същата таблица са представени данни за изчислените годишни емисии на ФПЧ_{10} и NO_x от всеки източник за 2007 и 2010 г.

Фигура 2.4. Разположение на линейните източници на емисии на ФПЧ_{10} и NO_x на територията на София

Таблица 2.3 Емисии на ФПЧ_{10} и NO_x от линейни източници на транспорта за 2007 и 2010г.

№	Наименование на улицата	Дължина, km	Емисия ФПЧ_{10} , t/y		Емисия NO_x , t/y	
1	2	3	4	5	6	7
			2007г.	2010г.	2007г.	2010г.
1	Бул. Проф. Цветан Лазаров	5.74	31.73	28.56	23.70	21.33
2	Бул. Брюксел	3.77	27.36	24.62	16.20	14.58
3	Бул. Искърско шосе	2	11.06	9.95	8.26	7.43
4	Бул. Цариградско шосе	11.5	58.90	53.01	203.62	183.26
5	Бул. Ал. Малинов	4.66	44.93	40.44	32.34	29.10
6	Бул. Д-р Г. М. Димитров	2.81	13.63	12.26	9.66	8.70
7	Бул. Драган Цанков	3.4	18.64	16.77	13.24	11.91
8	Бул. Симеоновско шосе	4.44	32.80	29.52	23.24	20.92
9	Бул. Черни връх	5.51	41.91	37.72	29.96	26.96
10	Бул. България	4.67	80.39	72.35	54.81	49.33
11	Бул. Цар Борис III	9.6	73.38	66.04	50.83	45.74
12	Бул. Константин Величков	1.47	12.74	11.47	9.19	8.27
13	Бул. Царица Йоана	5.15	7.26	6.53	25.24	22.72
14	Бул. Сливница	8	68.61	61.75	48.71	43.84
15	Бул. Рожен	4.89	31.01	27.91	22.31	20.08
16	Бул. Владимир Вазов	4.7	4.90	4.41	18.21	16.39

1	2	3	4	5	6	7
17	Бул. Ботевградско шосе	7.6	82.89	74.61	59.37	53.44
18	Бул. Евлоги и Христо Георгиеви	3.08	5.00	4.50	24.34	21.91
19	Бул. Никола Й. Вапцаров	1.31	12.43	11.19	8.59	7.73
20	Бул. Цар Освободител	1.45	11.78	10.98	40.72	37.96
21	Бул. Тодор Александров	2	3.16	2.84	10.71	9.64
22	Ул. Опълченска	2.43	2.89	2.60	10.13	9.11
23	Бул. П. К. Яворов	1.54	21.36	19.23	15.18	13.66
24	Бул. Княгиня Мария Луиза	2.55	5.65	5.09	19.80	17.82
25	Бул. Ген. Данаил Николаев	1.96	6.49	5.84	23.50	21.15
26	Бул. Ломско шосе	5.55	32.71	29.44	22.92	20.63
27	Ул. Каменоделска	1.04	4.67	4.20	3.36	3.02
28	Ул. Първа българска армия	2.41	10.88	9.79	8.24	7.42
29	Ул. Резбарска	2.28	23.62	21.26	17.95	16.15
30	Бул. Ал. Стамболийски	3.74	3.36	3.03	11.56	10.40
31	Ул. Пиротска	2.36	1.12	1.01	3.82	3.44
32	Бул. Патриарх Евтимий	1.2	3.01	2.71	10.11	9.10
33	Бул. Христо Ботев	2.46	3.65	3.28	12.30	11.07
34	Бул. Стефан Стамболов	0.855	0.12	0.11	0.41	0.37
35	Ул. Г. С. Раковски	2.6	2.65	2.38	9.01	8.11
36	Бул. В. Левски	2.73	6.21	5.59	21.04	18.94
37	Път Е79	9	116.82	105.14	104.76	94.29
38	Бул. Ситняково	1.34	17.73	15.95	12.59	11.33
39	Бул. Иван Гешов	1.77	24.84	22.36	17.15	15.43
40	Бул. Дондуков	1.68	12.85	11.56	8.68	7.82
41	Ул. Скопие	0.9	16.40	14.76	11.32	10.18
42	Бул. Тодорини кукли	7.54	9.97	8.97	7.05	6.35
43	Св. Св. Кирил и Методи	2.28	11.36	10.23	7.66	6.90
44	Бул. Никола Петков	2.11	19.12	17.21	14.18	12.76
45	Бул. М. Бунева	4.28	1.70	1.53	12.52	11.27
46	Път 1	1.59	7.52	6.77	7.65	6.88
Общо		165.95	1041.22	937.47	1126.16	1014.85

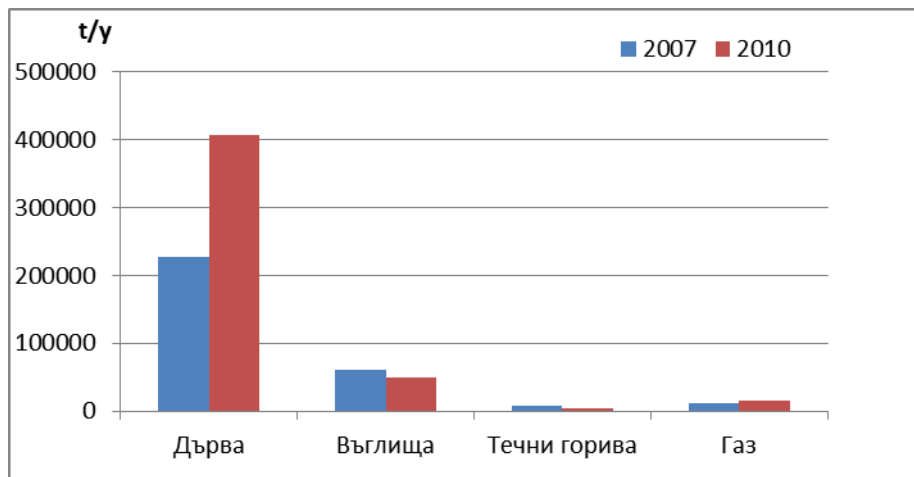
Неопределеността при изчисленията произтича от:

- еднакво количества прах отложен на пътя за цялата територия
- невъзможност за реална оценка на емисията по сезони, поради липса на достатъчен брой наблюдения на трафика през годината

2.3. Емисии от битови източници

За изчисляване на емисиите на фини прахови частици и азотен диоксид от битови източници е използвана методиката на ЕЕА, описана в т. 3.2. В раздел Енергия се разглеждат различни групи горивни процеси. В група Малки горивни източници е разгледано битовото горене, което включва камини, готварски и отоплителни печки, локални отоплителни инсталации и други.

За изчисляването на емисиите от бита са необходими количествата и вида на използваните в бита горива. На база получаваната от горивата енергия и съответния емисионен фактор, се изчислява емисията на съответния замърсител в атмосферния въздух.



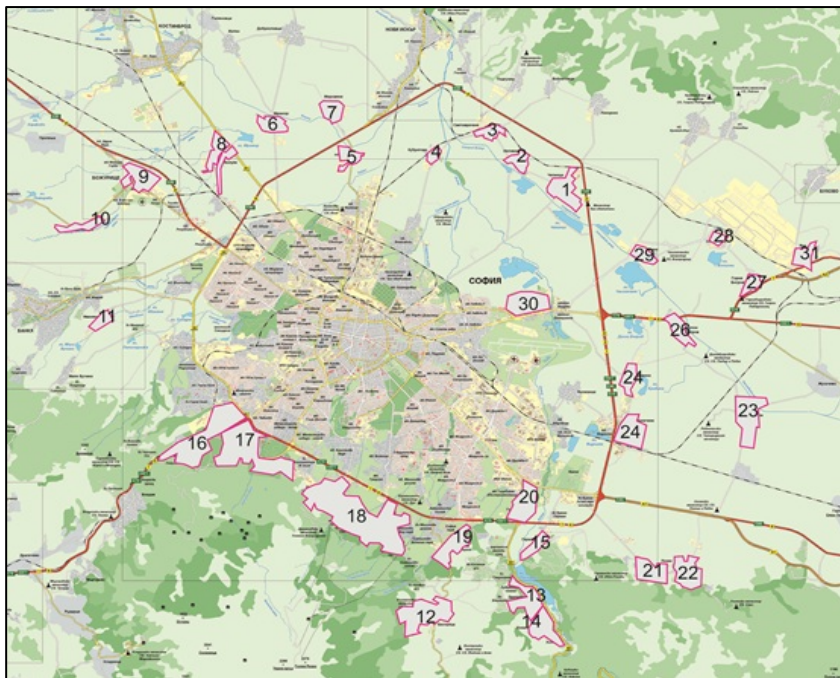
Фигура 2.5. Динамика на използваните количества изкопаеми горива за 2007 и 2010г

На Фигура 2.5 е представено сравнение на количествата използвани горива по вид за 2007 и 2010г. От фигурата се вижда, че има значително увеличение на количествата дърва използвани за битови нужди - с около 44% и 30%-но увеличение на използвания природен газ. Потреблението на въглища и течни горива в битовия сектор е намаляло съответно със 17 и 30%. В Таблица 2.4 са представени годишните емисии на ФПЧ_{10} и NO_x , в тона за година,

за 2007 и 2010г. от битови източници и площта на съответния източник

Таблица 2.4. Годишни емисии на ФПЧ_{10} и NO_x в за 2007 и 2010г. от битови източници

№	Район	Площ m^2	2007		2010	
			ФПЧ_{10} t/y	NO_x t/y	ФПЧ_{10} t/y	NO_x t/y
1	2	3	4	5	6	7
1	с. Чепинци	1183638	57	11	94	16
2	с. Негован	547645.9	26	5	43	7
3	с. Световрачене	493333.6	24	5	39	6
4	с. Кубратово	248858.7	12	2	20	3
5	кв. Требич	469209.9	23	4	37	6
6	с. Мрамор	806281.3	39	8	64	11
7	с. Мирояне	794541.3	38	7	63	10
8	с. Волуяк	829313.9	40	8	66	11
9	гр. Божурище	1137393	55	11	90	15
10	с. Гурмазово	293011.5	14	3	23	4
11	с. Иваняне	398630.4	19	4	32	5
12	с. Бистрица	2105852	102	20	167	28
13	с. Панчарево	896758.5	43	8	71	12
14	с. Кокаляне	1286797	62	12	102	17
15	с. Герман	607280.2	29	6	48	8
16	кв. Княжево	2508237	121	24	198	33
17	кв. Бояна	3671643	177	34	290	48
18	кв. Драгалевци, кв. Симеоново	5997223	289	56	474	79
19	в.з. Бункера	1112569	54	10	88	15
20	кв. Горубляне	1128306	54	11	89	15
21	с. Горни Лозен	1094089	53	10	87	14
22	с. Долни Лозен	1187547	57	11	94	16
23	с. Равно Поле	809752.2	39	8	64	11
24	с. Казичене	1291029	62	12	102	17
25	с. Кривина	503604.6	24	5	40	7
26	с. Долни Богров	513354.4	25	5	41	7
27	с. Горни Богров	395259.8	19	4	31	5
28	кв. Ботунец	254812.4	12	2	20	3
29	с. Челопечене	525484.6	25	5	42	7
30	кв. Враждебна	1476824	71	14	117	19
31	с. Яна	830072.2	40	2	66	11
	Общо		1707	326	2800	466



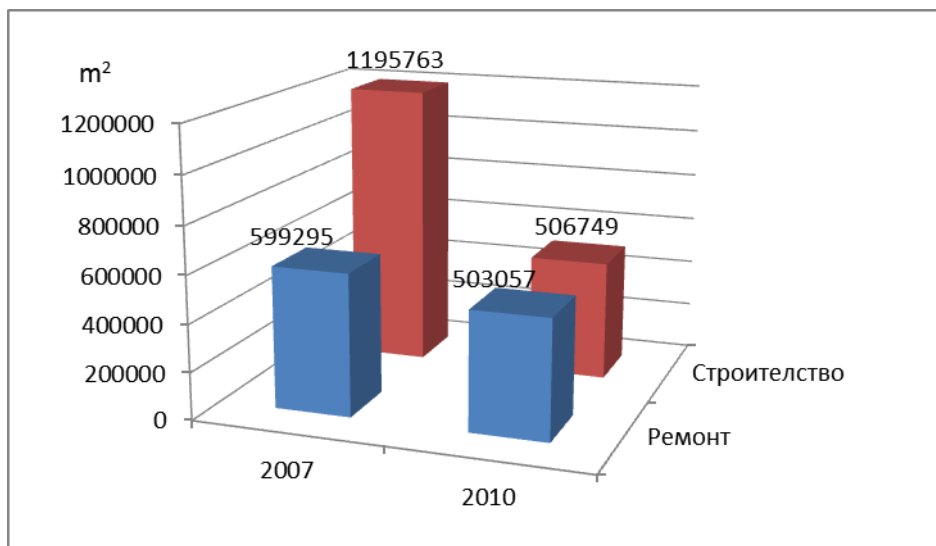
Фигура 2.6 Разположение на площните източници от бита на емисии на ФПЧ_{10} и NO_x на територията на Столична община

невъзможността да бъде определен точния брой домакинства използващи само твърди горива за битово отопление; невъзможността да бъдат оценени точните количества изгаряни в даден момент изкопаеми горива; невъзможността да бъде отчетена различната височина на изпускане на замърсителя за конкретен район; приета е равномерна денонощна емисия.

2.4. Емисии от строителство и ремонтни дейности

За изчисляване на емисиите на прах от строителство и ремонт е използвана същата методика на ЕЕА, описана по-горе. В група индустриални процеси, подгрупа минерална индустрия са разгледани процесите на строителство и ремонт и са представени съответните емисионни фактори (SNAP CODE: 040624).

Важно е да се отбележи, че в методиката са представени емисионни фактори от строителство



Фигура 2.7. Застроена и ремонтирана площ за 2007 и 2010г.

и ремонт, които касаят само емисията на ФПЧ_{10} , като се приема че емисиите на азотен диоксид от строителство са включени в сектор транспорт. За да бъдат изчислени емисиите на фини прахови частици от строителство и ремонт е необходима информация за застроените и ремонтирани площи (m^2) по години и по райони. Необходимата информация включва общата застроена или ремонтирана площ в София, по райони, като целите на оценката се приема, че тя е равномерно разпределена за отделните райони. Общата застроена и ремонтирана площ е представено графично на Фигура 2.7. Общата застроена и ремонтирана площ за 2010г., сравнена с 2007г. е значително по-малко - с около 60%, което е в пряка зависимост от световната финансова криза. По отношение площите ремонтирани пътища, намалението е с около 15%.

От таблицата се вижда значителното увеличение на емисиите на ФПЧ_{10} за 2010г., което е около 30 % и се дължи на повишеното използване на дърва в бита, които се характеризират с високо пепелно съдържание и използването им оказва значително въздействие върху общата емисия на фини прахови частици от бита. При азотните оксиди се наблюдава увеличение с около 40% на общите емисии, което основно се дължи на повишеното потребление на природен газ като гориво в бита. На Фигура 2.6 е представено разположението на площните източници от бита.

Неопределеността при изчисленията произтича от:

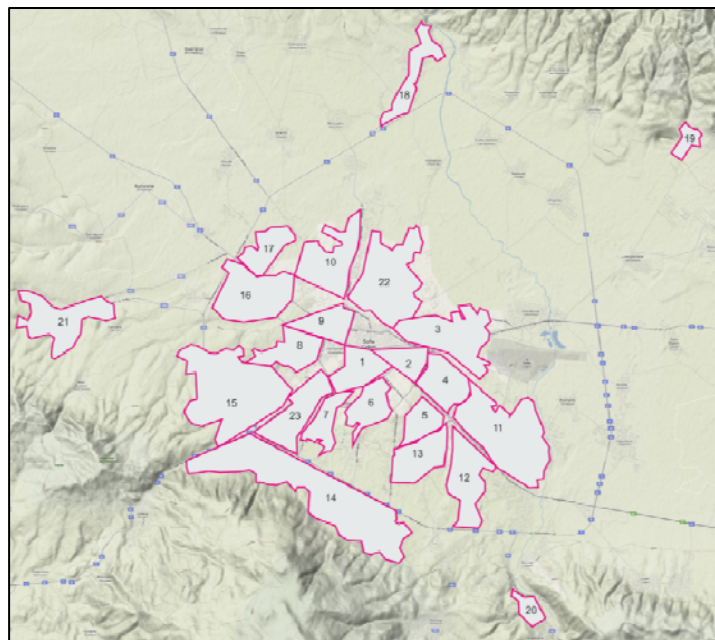
се приема, че тя е равномерно

В Таблица 2.5 са представени годишните емисии на ФПЧ₁₀ в тона за година за 2007 и 2010г. от строителни източници, както и разпределената емисия на тези замърсители в тона за година по площни източници от които те се емитират.

Таблица 2.5 Годишни емисии на ФПЧ₁₀ от строителство и ремонт по източници за 2007 и 2010г.

№	Район	Площ m ²	ФПЧ ₁₀	
			2007 t/y	2010
1	Средец	9279444	27.61	18.28
2	Оборище	2258853	9.58	10.12
3	Подуяне	7673999	16.66	17.77
4	Слатина	4346073	26.41	13.52
5	Изгрев	2362547	12.44	8.10
6	Лозенец	3101292	34.30	19.54
7	Триадица	2772295	37.50	15.98
8	Красна поляна	3951761	136.10	61.13
9	Илинден	3190642	5.38	8.68
10	Надежда	6051102	21.97	13.81
11	Искър	11653520	41.01	22.32
12	Младост	5731236	57.49	24.99
13	Студентски град	4296590	32.96	10.26
14	Витоша	17630350	80.03	54.14
15	Овча купел	14178110	30.92	14.11
16	Люлин	7346537	20.96	13.99
17	Връбница	2930469	15.53	9.57
18	Нови Искър	3581949	42.56	21.76
19	Кремиковци	957267.9	39.31	18.73
20	Панчарево	1063363	50.19	23.46
21	Банкя	6232043	13.37	8.35
22	Средец	3526135	5.25	18.96
23	Красно село	5698693	13.26	8.95
Общо			770.78	436.54

От таблицата може да се направи извод, че по отношение на общо генерираната емисия на ФПЧ₁₀ от строителство и ремонт, се наблюдава около 40% намаляване на емисията в сравнение с референтната 2007г.



Фигура 2.8 Разположение на площните източници от строителство и ремонт на емисии на ФПЧ₁₀ на територията на Столична община

При формирането на всички 23 площни източници на емисии от строителство и ремонт, представени на Фигура 2.8, емисията е изчислена на база на данните от Столична община за строителството и ремонта по

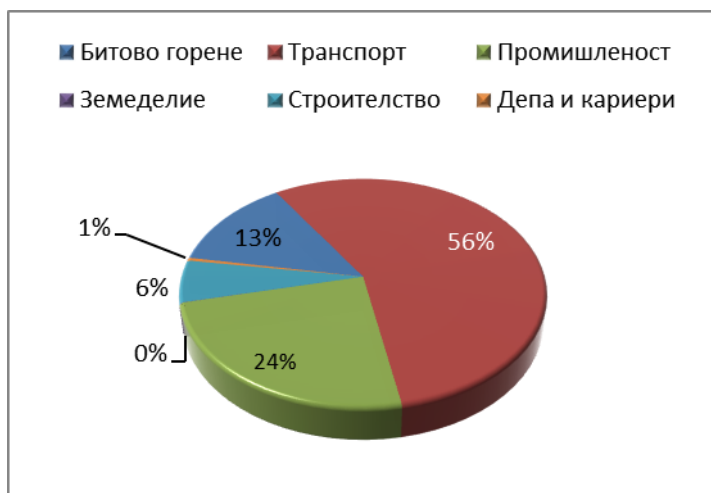
райони g/s, след което е нормирана към общата урбанизирана територия на град София и в резултат е получена емисия в g/s.m². След което тази емисия е емитирана от реалната площ на всеки площен източник в m², така се получава равномерно разпределение на емисията от целия площен източник. Неопределеността при изчисленията произтича от:

- невъзможността да бъде определен точният обем строителни и ремонтни дейности по отделните квартали;
- невъзможността да бъдат оценени строителните и ремонтни дейности по време на извършване в годината;
- невъзможността да бъде отчетена различната височина на изпускане на замърсителя.

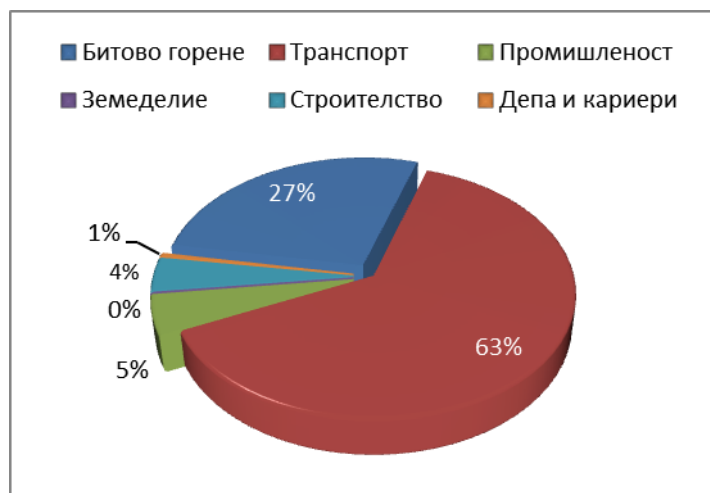
2.5. Анализ на емисиите

2.5.1 Дялово участие на отделните сектори към общата емисия на съответния замърсител

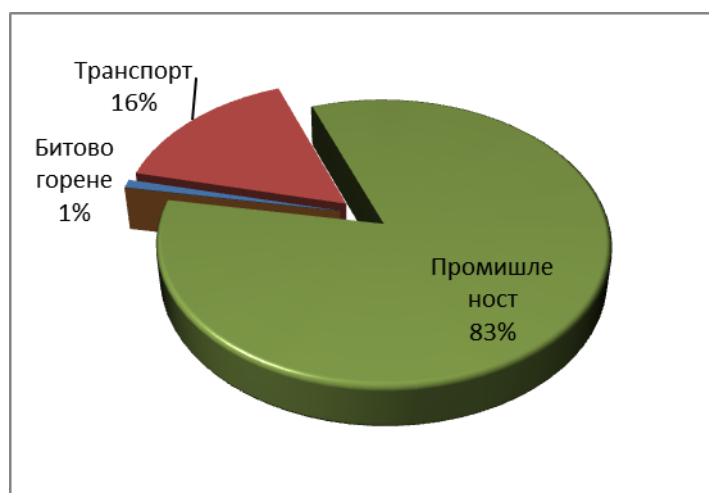
На фигуриФигура 2.10 Фигура 2.12 е представен делът на отделните сектори към общата емисия на дадения замърсител.



Фигура 2.10 Принос на отделните сектори към общата емисия на ФПЧ₁₀ за 2007г.



Фигура 2.9 Принос на отделните сектори към общата емисия на ФПЧ₁₀ за 2010г.



Фигура 2.11 Принос на отделните сектори към общата емисия на NO_x за 2007г.



Фигура 2.12 Принос на отделните сектори към общата емисия на NO_x за 2010г.

От фигурите по-горе ясно се забелязват настъпилите промени, но като цяло се запазва основния принос на сектор транспорт, дори търпи увеличение с около 9%. При сектор промишленост се забелязва значително намаляване на приноса към емисията на ФПЧ₁₀ с около 19% , докато при сектор битово горене се наблюдава увеличаване на емисията с 14%.

От фигурите по-горе ясно се забелязват настъпилите промени, но като цяло се запазва основния принос на сектор промишленост, наблюдава се намаление с около 15%, което изцяло се дължи на прекратяването на дейността на „Кремиковци“ ЕАД. При сектор транспорт се забелязва увеличение на емисията на NO_x с около 14% , а при сектор битово горене се наблюдава увеличаване на дела му към общата емисия с 1%, което се дължи на увеличеното потребление на природен газ.

Като цяло и за двата замърсителя, като основни емитери се явяват секторите промишленост и транспорт, като по отношение на ФПЧ₁₀, за 2010г. към тях се добавя и сектор битово горене.

2.5.2 Пренос на замърсители от други райони

Замърсяването от други райони може да влияе върху нивото на регионалния фон, който в случая е от съществено значение. В района около град София няма крупни източници на емисии, преносът на които може да окаже съществено влияние върху качеството на въздуха и конкретно върху концентрациите на ФПЧ_{10} и NO_2 . Основната част от фона в Столична община се формира от съществуващите източници на емисии разгледани в предната точка. Трябва да се отбележи че фоновите стойности измерени в АИС Копитото и по двата замърсителя са близки до средния фон за страната.

Процентното съотношение на емисиите от различните източници е представено в следващата таблица. Като несъществени са означени емисиите от източниците, чието участие е под 1% (съгласно указанията към формулярите, включени в работния документ на службите на Комисията и базирани на Решение 2004/224/ЕО, за несъществен се смята сектор, чийто принос е под 3%).

Таблица 2.6 Участие на отделните източници на емисии на ФПЧ_{10} и NO_x на територията на Столична община

№	Източник на емисия	Годишна емисия на ФПЧ_{10}				Годишна емисия на NO_x			
		2007 г.		2010 г.		2007 г.		2010 г.	
		тон	%	тон	%	тон	%	тон	%
1	Промисленост	3152	24	514	5	29727	83	14010	68
2	Транспорт	7266	56	6538	63	5573	16	6258	30
3	Земеделие и животновъдство	3	-	3	-	Несъществена	-	Несъществена	-
4	Битово отопление	1707	13	2800	27	326	1	466	2
5	Строителство и ремонт	771	6	437	4	Несъществена	-	Несъществена	-
6	Депа, насипища	56	-	43	-	Несъществена	-	Несъществена	-
7	Природни източници	Несъществена	-	Несъществена	-	Несъществена	-	Несъществена	-
8	Трансгранични	Несъществена	-	Несъществена	-	Несъществена	-	Несъществена	-
9	Други	Несъществена	-	Несъществена	-	Несъществена	-	Несъществена	-
	Общо	12954	100	10334	100	35626	100	20734	100

2.6. Изводи

Въз основа на направения анализ на емисиите могат да бъдат формулирани следните изводи:

- Приносът на природни източници, трансграничния пренос на замърсители, както и други източници към замърсяването на въздуха над София е несъществен, както за 2007, така и за 2010г..
- Съществен принос към замърсяването на въздуха с азотни оксиди имат секторите промишленост, транспорт и битово горене, а към замърсяването му с ФПЧ_{10} и секторите строителство, и депа и кариери.

По отношение на емисиите на ФПЧ_{10} :

- С основен дял в емисиите на ФПЧ_{10} е секторът транспорт, като за 2010 г. е с 9 %-но увеличение спрямо 2007 г.
- Делът на промишлените източници е намалял с 19%, поради прекратяването на дейността на „Кремиковци“, АД и привеждането в съответствие с нормите за допустими емисии на останалите предприятия.
- Делът на сектор битово горене се е увеличил с 14%

По отношение на емисиите на NO_x :

- Секторът с основен принос към общата емисия на NO_x е промишлеността и за двете години, като се наблюдава спад с около 15% през 2010 г. в сравнение с 2007 г.
- Делът на секторите транспорт и битово горене се е увеличил съответно с 14% и 1%.

Глава 3. МАТЕМАТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ НА КАЧЕСТВОТО НА АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ В СОФИЯ

За оценка на влиянието, което оказват отделните източници върху КАВ на територията на гр. София, е извършено дисперсионно моделиране на разпространението на ФПЧ_{10} и NO_x за 2007 г. и 2010 г.

3.1. Методика и условия на математичното моделиране

Силно изразеният релеф на областта в района на гр. София изисква безусловно да бъде използван математичен модел, който отчита топографията на района. Ето защо, за дисперсионно моделиране на разпространението на замърсителите се прилага утвърденият в световната практика модел AERMOD, като необходимите топографски данни са получени от Trinity Consultants Dallas, Texas.

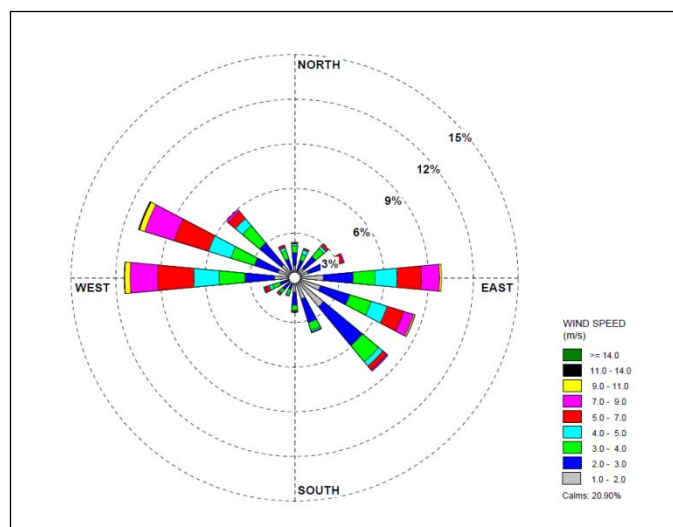
При настоящото изследване е избрана област с размери 40000 на 40000 m. В нея е дефинирана полярна мрежа от рецептори с радиус 20 km. За по-детайлно моделиране на разпространението на замърсителите, е дефинирана вътрешна, по-фина мрежа на рецепторите, с радиус 1000 m. Фината мрежа покрива централната част на гр. София, като двете мрежи имат общ център. Техните параметри са дадени в Таблица 3.1.

Освен това, в изследваната област са дефинирани и 7 дискретни рецептора в определени точки на Столична община, съответстващи на пунктовете за мониторинг.

Таблица 3.1. Параметри на мрежата - рецептори

	Параметър	Мярка	Стойност
Груба мрежа	Размер по радиуса	m	20000
	стъпка на завъртане	deg	10
	Разстояние между рецепторите	m	1000
Фина мрежа	Размер по радиуса	m	750
	стъпка на завъртане	deg	20
	Разстояние между рецепторите	m	250
	Височина на рецепторите	m	2

За дисперсионното моделиране са използвани почасови метеорологични данни за 2007 и 2010 г. от станция София-летище. Метеорологичните файлове съдържат редица параметри, от които почасовите записи на скоростта на вятъра и неговата посока, облачност и температура, анализирани по долу.



Фигура 3.1 Роза на вятъра за 2007г. Тихо време 20.9%

Рози на вятъра

На фигури 3.1 и 3.2 са представени розите на вятъра за две години – референтната 2007г. и 2010г. Средната годишна скорост за 2007 и 2010г. е 2.60 и 2.63 m/s, съответно.

Както се вижда от фигурите най-високи скорости (над 9 m/s) има вятърът, който духа от запад, следван от този от запад-северозапад. Силни ветрове с по-малка честота има и от другите, основни посоки на зоналния пренос за територията на страната ни – изток и изток-югоизток. С най-малка честота са ветровете от югозападната четвърт на хоризонта, поради заслона от Витоша.

Референтната 2007г. е била много топла година, когато средната януарска температура е била 4.4°C. Средната годишна температура е 11.9°C,

което е с 2°C по-висока от 9.9°C - климатичната норма (1961-1990). През юли е измерена и най-високата за тези 4 години абсолютна температура от 41.2°C, а през декември средната месечна температура (минус 9.9°C) е била най-висока.

Облачност

Един от метеорологичните параметри, от които зависи състоянието на атмосферната стабилност (условията за възникване на вертикални турбулентни движения) е облачна покривка.

При липса на вятър или при откриване на непълни записи в почасовия метеорологичен файл моделът AERMOD не извършва изчисления за съответния час. Това може да се изрази в определени различия между изчисленията по модела и измерените за определен времеви период концентрации. Независимо от това, доколкото „особените“ метеорологични ситуации не се характеризират с дълготрайност, изчисленията

по модела AERMOD стойности на концентрациите могат „обосновано“ да бъдат използвани за оценка на степента на замърсяване на въздуха.

3.2. Проверка на адекватността на модела

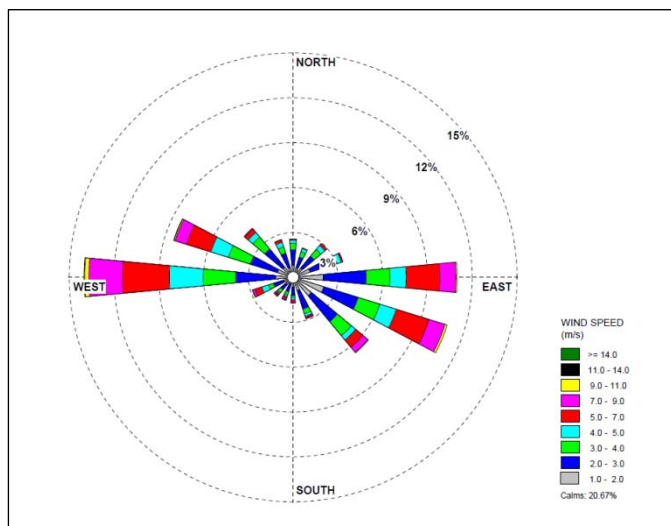
Преди използването на какъвто и да било математичен модел трябва да бъде проверена неговата адекватност. Това се прави посредством сравняване на предсказани от модела стойности със съответните им, по място и време, измерени стойности.

За пунктовете Гара Яна и Павлово не са налични надеждни данни по отношение на азотен диоксид за 2007г. По тази причина те са изключени при проверката за неопределеност на модела относно споменатия замърсител. През 2010г. за пункта в Павлово е направена проверка за неопределеност.

Освен това, пункт Копитото се характеризира със значително по-голяма надморска височина от останалите и е от типа „извънградски фонув“. Този пункт за мониторинг не е показателен за качеството на въздуха в столицата и измерените в него стойности на концентрациите на замърсителите не са взети предвид при оценка на неопределеността на математичния модел.

В табл.3.2 са представени измерени и изчислени по модела показатели на качеството на въздуха за пунктовете Красно село, Павлово, Дружба, Надежда, Орлов мост и Гара Яна за 2007г. Във всички пунктове стойностите на измерените и изчислените показатели отговарят на изискванията на Приложение №8 от Наредба 12/30.07.2010г., с изключение на азотен диоксид в пунктовете Орлов мост и Красно село. Анализът на получените резултати показва, че математичният модел може да бъде използван за оценка на качеството на атмосферния въздух в Столична община.

В табл. 3.3 са представени измерени и изчислени по модела показатели на качеството на въздуха за пунктовете Красно село, Павлово, Дружба, Надежда, Орлов мост и Гара Яна за 2010г. Във всички пунктове стойностите на измерените и изчислените показатели отговарят на изискванията на Приложение №8 от Наредба 12/30.07.2010г. Анализът на получените резултати показва, че математичният модел може да бъде използван за оценка на качеството на атмосферния въздух в Столична община.

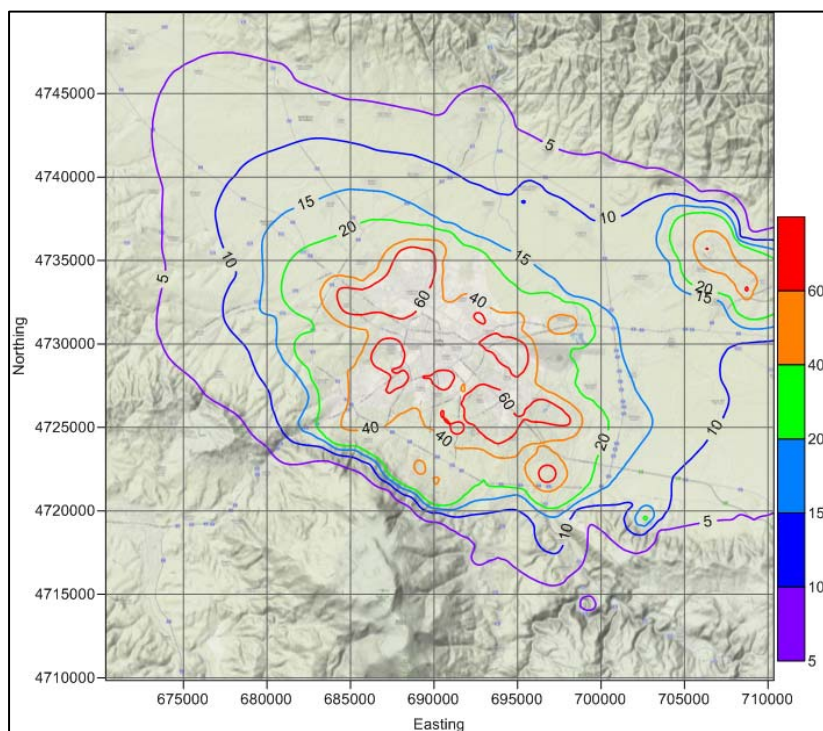


Фигура 3.2 Роза на вятъра за 2010г. Тихо време 20.67%

Таблица 3.3 Неопределеност на модела за 2007г.			
Показател / Пункт	Измерена $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Изчислена $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Грешка %
Средногодишна концентрация на ФПЧ_{10}			
Гара Яна	62.0	70.7	14.0
Дружба	62.6	67.3	7.5
Надежда	56.5	65.9	16.7
Павлово	68.3	48.8	28.6
Красно Село	64.7	72.1	11.4
Орлов мост	37.8	54.1	43.1
Средногодишна концентрация на NO_2			
Гара Яна	няма данни	36.45	-
Дружба	28.60	25.65	-10.30
Надежда	28.81	22.95	-20.30
Павлово	няма данни	15.8	-
Красно Село	39.47	23.65	-40.08
Орлов мост	50.21	30.45	-39.35
90.4 Перцентил за 24-часова концентрация на ФПЧ_{10}			
Гара Яна	112.6	113.8	1.1
Дружба	111.4	102.3	-8.2
Надежда	87.4	116.4	33.2
Павлово	115.2	90.9	-21.1
Красно Село	110.4	113.9	3.2
Орлов мост	73.4	98.4	34.1
99.8 Перцентил за едночасова концентрация на NO_2			
Гара Яна	няма данни	441.3	-
Дружба	114.1	148.1	28.9
Надежда	150.18	214.9	43.1
Павлово	няма данни	122.1	-
Красно Село	203.85	146.0	-28.4
Орлов мост	204.85	244.1	19.2

Таблица 3.2 Неопределеност на модела за 2010г.			
Показател / Пункт	Измерена $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Изчислена $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Грешка %
Средногодишна концентрация на ФПЧ_{10}			
Гара Яна	36.52	46.19	26.48
Дружба	50.96	62.50	22.64
Надежда	49.41	57.90	17.18
Павлово	45.93	50.55	10.06
Красно Село	46.95	66.84	42.36
Орлов мост	54.48	49.42	9.29
Средногодишна концентрация на NO_2			
Гара Яна	няма данни	23.34	-
Дружба	28.16	29.34	4.19
Надежда	27.36	26.15	4.42
Павлово	36.80	26.93	-26.80
Красно Село	38.29	28.62	-25.20
Орлов мост	48.55	35.73	-26.40
90.4 Перцентил за 24-часова концентрация на ФПЧ_{10}			
Гара Яна	65.00	81.55	25.5
Дружба	82.28	104.4	26.9
Надежда	87.53	109.3	24.9
Павлово	82.77	96.6	16.7
Красно Село	86.95	113.9	31.0
Орлов мост	98.87	97.6	1.3
99.8 Перцентил за едночасова концентрация на NO_2			
Гара Яна		255.4	
Дружба		225.6	
Надежда		288.0	
Павлово		134.9	
Красно Село		175.5	
Орлов мост		272.0	

3.3. Резултати от Математичното моделиране за ФПЧ_{10}



Фигура 3.3 Средногодишна концентрация на ФПЧ_{10} , $\mu\text{g}/\text{m}^3$, от всички източници, за 2007 г.

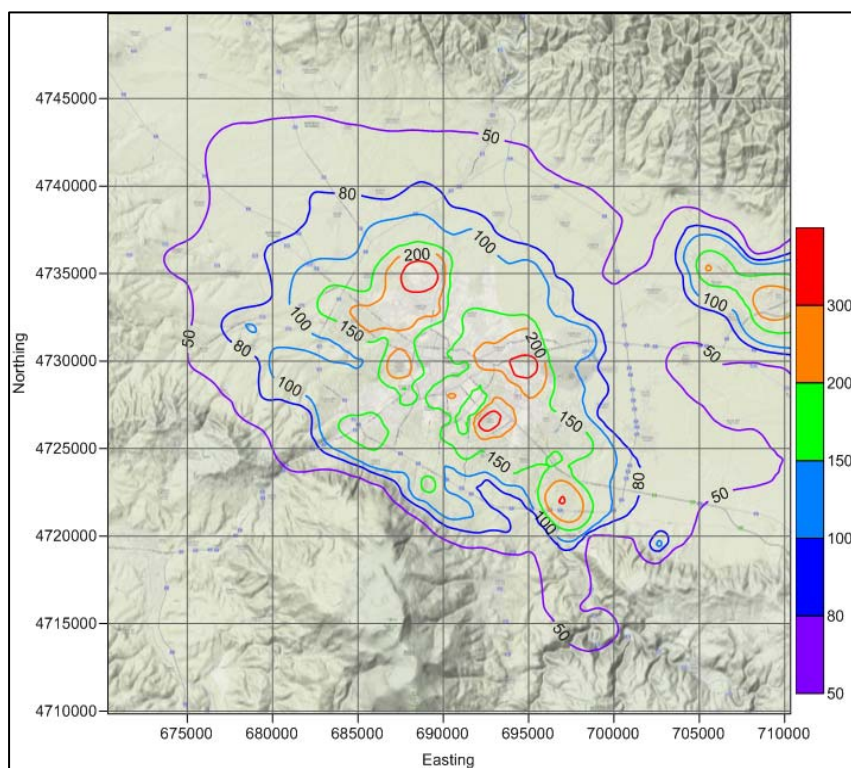
На Фигура 3.3 е представено разпределението на средногодишните стойности на концентрацията на ФПЧ_{10} от всички източници, за 2007 г. Оранжевата изолиния очертава областите с концентрации над СГН за ФПЧ_{10} от $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, а зелената – концентрации над средногодишния долен оценъчен праг (ДОП) за опазване на човешкото здраве от $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Червената линия загражда областите, в които средногодишната норма е превишена с повече от 50 %.

В Таблица 3.4 е представен приносът на отделните сектори към формирането на средногодишната концентрация на ФПЧ_{10} в отделните пунктове за мониторинг.

Таблица 3.4 Абсолютен принос на отделните сектори към средногодишната концентрация на ФПЧ_{10} , в специалните рецептори, за 2007 г.

Пункт за мониторинг	Всички сектори	Депа и кариери		Транспорт		Битово горене		Промишленост		Строителство	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%
Красно село	72.09	0.02	0.03	62.53	86.74	3.85	5.34	0.96	1.33	4.73	6.56
Павлово	48.8	0.012	0.02	39.59	81.13	5.5	11.27	0.8	1.64	2.89	5.92
Дружба	67.28	0.2	0.30	58.61	87.11	3.89	5.78	1.39	2.07	3.18	4.73
Надежда	65.94	0.11	0.17	57.58	87.32	3.11	4.72	2.81	4.26	2.31	3.50
Орлов мост	54.08	0.05	0.09	45.76	84.62	3.42	6.32	1.52	2.81	3.32	6.14
Копитото	5.19	0.002	0.04	4.02	77.46	0.71	13.68	0.09	1.73	0.36	6.94
Гара Яна	70.7	0.032	0.05	3.72	5.26	4.15	5.87	62.57	88.50	0.23	0.33

Анализът на данните от таблицата показва, че относно фините прахови частици, с изключение

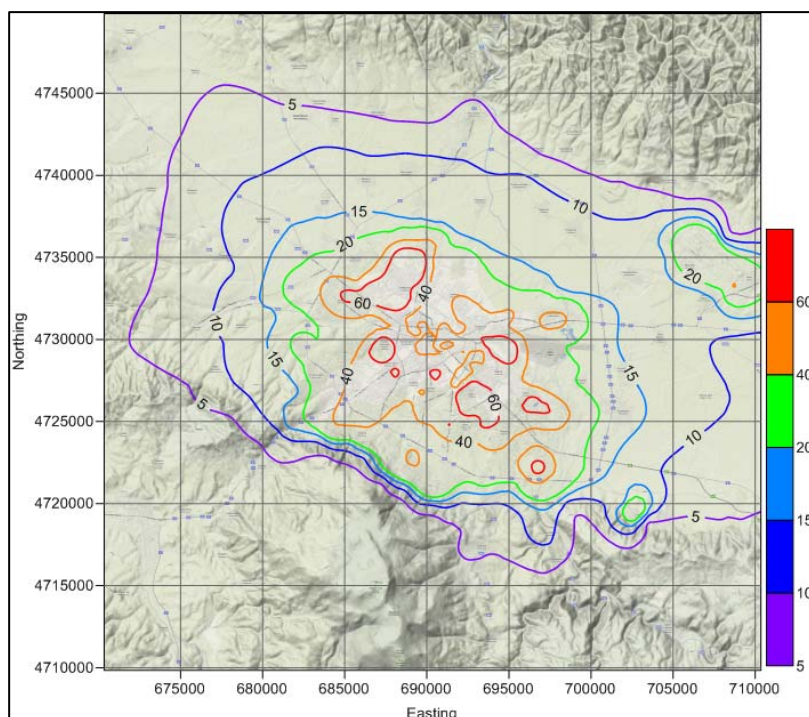


Фигура 3.4 Максимални 24-часови стойности на концентрацията на ФПЧ_{10} , $\mu\text{g}/\text{m}^3$, от всички източници, за 2007г.

на Гара Яна, във всички пунктове за мониторинг, най съществена роля играе автомобилният транспорт. Пунктът за мониторинг Гара Яна е разположен съвсем близо до металургичния комбинат „Кремиковци АД, който през 2007 г. е в експлоатация. Той се характеризира с множество неорганизиран източници на фини прахови частици с нулева или твърде малка височина на емитиране. С това се обяснява фактът, че за 2007 година основният дял във формирането на средногодишната концентрация на ФПЧ_{10} в ПМ Гара Яна се пада на промишлените източници.

На Фигура 3.4 е представено разпределението на максималните 24-часови концентрации на ФПЧ_{10} , обусловени от всички групи източници. Най- висока стойност $407.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, се получава на

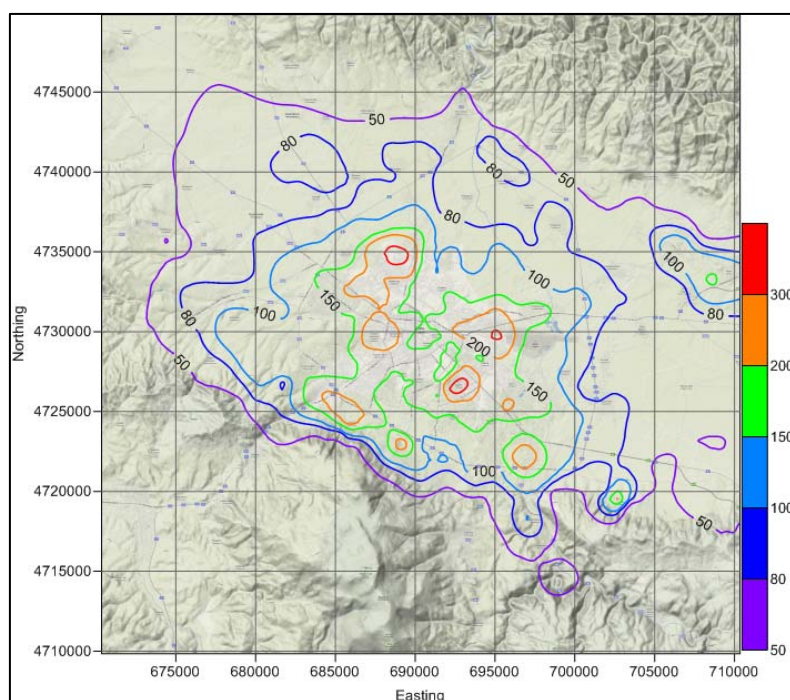
22.11.2007 г. в рецептор с УТМ-координати 692347.3 Е, 4726379 N и надморска височина 572.40 m. Този рецептор се намира в квартал „Изгрев” на София. Предвид датата и местоположението, може да се приеме, че секторите строителство и ремонтни дейности, земеделие и животновъдство, както и кариери, депа, хвостохранилища, нямат принос за формиране на тази стойност. На същата дата и в същия рецептор се получава и максимумът на 24-часовата стойност, обусловена от транспорта. Тя възлиза на $376.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, т.е приносът от транспорта за този рецептор и за този ден представлява 92.5 %. Лилавата изолиния на Фигура 3.4 огражда зоната, в която максималните стойности на средноденонощната концентрация на ФПЧ_{10} надвишават СДН от $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Практически става дума за цялото Софийско поле. Както за средногодишната, така и за максималните стойности на 24-часовата концентрация на ФПЧ_{10} , приносът на автомобилният транспорт остава най-значим с изключение на пункт Гара Яна, където промишлеността е с 92.96%-ен принос.



Фигура 3.5 Средногодишна концентрация на ФПЧ₁₀, µg/m³, от всички източници, за 2010 г.

основният принос е от сектор промишленост.

На фиг. 3.7 е представено разпределението на максималните 24-часови концентрации на ФПЧ₁₀,

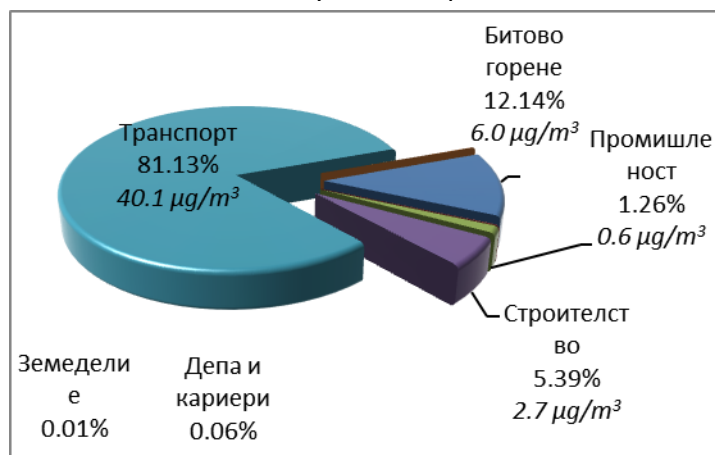


Фигура 3.7. Максимални 24-часови стойности на концентрацията на ФПЧ₁₀, µg/m³, от всички източници, за 2010 г.

реализира своята максимална 24-часова концентрация и секторът транспорт, но в рецептор на 3700 m на запад и 7900 m на север. Анализът на метеорологичната обстановка на 14.11.2010 г. показва, че става дума за неблагоприятни метеорологични условия, а именно наличие на температурна инверсия и слаб вятър (средноденонощна скорост 0.9 m/s от запад-северозапад). Лилавата изолиния на фиг. 3.7 показва, че максималните 24-часови стойности на концентрацията на ФПЧ₁₀ превишават

На фиг. 3.5 е представено разпределението на средногодишните стойности на концентрацията на ФПЧ₁₀ за 2010 г. На фигурата са начертани изолинии за стойности в диапазона 5 – 60 µg/m³. Оранжевата изолиния очертава области, в които нормата за средногодишната концентрация е превишена. В зоните, очертани с червена линия нормата 40 µg/m³ се надвишава с повече от 50 %.

На фигура 3.6 е представен приносът на отделните сектори към формирането на средногодишната концентрация на ФПЧ₁₀ в ПМ Орлов мост за 2010г.Както в този, така и във всички останали пунктове за мониторинг основният принос е от сектор транспорт, следван от сектор битово горене, с изключение на пункта в Гара Яна, където



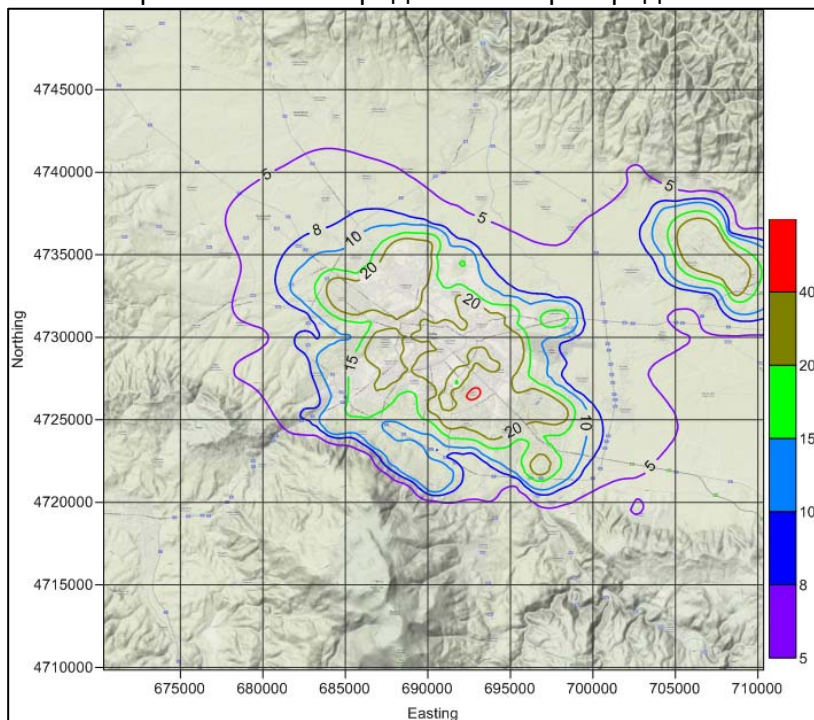
Фигура 3.6. Принос на отделните групи източници към средногодишната концентрация на ФПЧ₁₀ в ПМ Орлов мост, за 2010 г

обусловени от всички групи източници. Най-висока стойност 364.6 µg/m³, се получава на 14.11.2010 г. в рецептор с UTM-координати 692347.31E, 4726378.99N и надморска височина 572.40 m. Този рецептор се намира в кв. Изгрев. Предвид местоположението, може да се приеме, че секторите, земеделие и животновъдство, кариери, депата, хвостохранилища, нямат принос за формиране на тази стойност. На същата дата

СДН в цялото Софийско поле. В градската част на столицата са показани области, в които максималните стойности надвишават СДН повече от 6 пъти. Такива зони се наблюдават в кварталите „Левски“, „Връбница“, „Надежда“ и „Изгрев“.

3.4. Резултати от математичното моделиране за NO₂

На фиг. 3.8 е представено разпределението на средногодишните стойности на



Фигура 3.8. Средногодишна концентрация на NO₂, µg/m³, от всички източници, за 2007 г.

концентрацията на NO₂ в изследваната област. Максимумът (табл. 15), 45.32 µg/m³, се получава в рецептор с UTM-координати 692918.46E и 4726778.91N. Този рецептор се намира в кв. „Изгрев“ на София. Много близо до него е и рецептора, в който се получава максималната средногодишна концентрация, 42.44 µg/m³, обусловена от автомобилния транспорт. На фигурата са начертани изолинии на средногодишната концентрация за диапазона от 5 до 40 µg/m³. Тъмно зелената изолиния огражда зоните със средногодишна концентрация на NO₂ 50 % от СГН. Червената изолиния очертава областта, в която средногодишна концентрация на NO₂ надхвърля постановената норма

Таблица 3.5. Абсолютен принос, µg/m³, на отделните сектори към средногодишната концентрация на NO₂ в ПМ, за 2007 г.

Пункт за мониторинг	Всички сектори	Транспорт	Битово горене	Промисленост
Красно село	23.65	20.91	0.34	2.40
Павлово	15.80	13.25	0.49	2.06
Дружба	25.65	20.70	0.35	4.60
Надежда	22.95	19.22	0.28	3.45
Орлов мост	30.45	27.79	0.32	2.34
Гара Яна	36.45	1.41	0.16	34.88

В таблица 3.5 е представен приносът на отделните сектори към средногодишната концентрация на NO₂, изчислена за отделните пунктове за мониторинг. Във всички пунктове, с изключение на ПМ Гара Яна, транспортът е с основен принос. Същото съотношение и на приносите се запазва и за 2010 г.

На фиг. 3.9 е представено разпределението на максималните средночасови стойности на концентрацията на NO₂, обусловени от въздействието на всички източници, за 2010 г. Максималните средночасови стойности на концентрацията на азотен

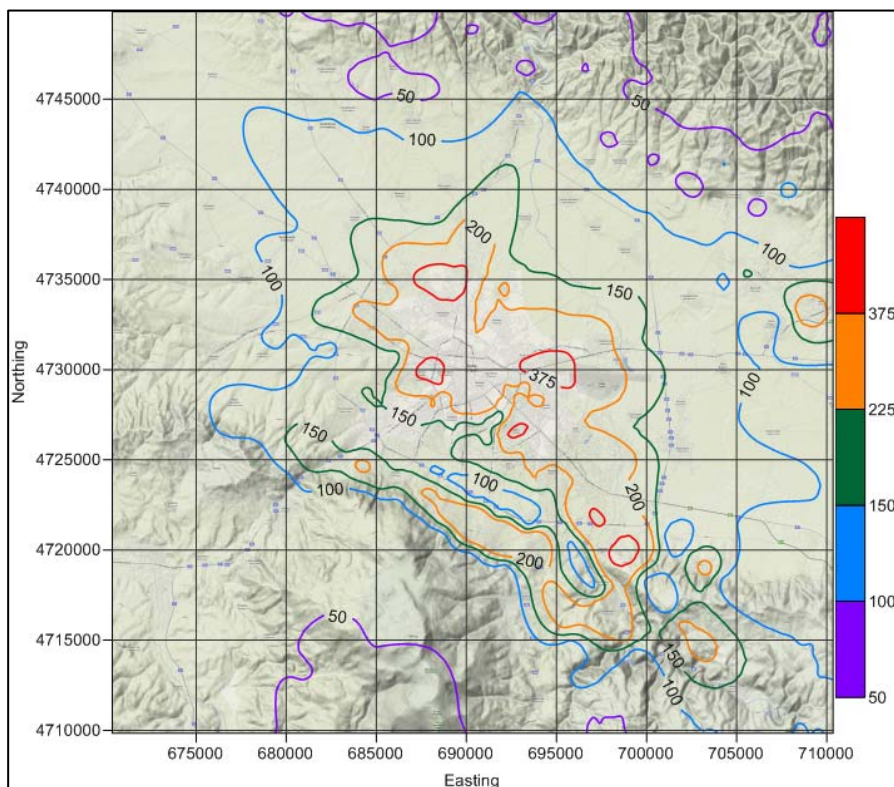
диоксид отбелязват значителни превишения на постановената СЧН – 200 µg/m³.

Абсолютният максимум се получава в рецептор с UTM-координати 698703.55E и 4719884.51N, на 15.11.2010 г. в 5 часа. Този рецептор е разположен югоизточно от село Герман. Максималната стойност възлиза на 686 µg/m³.

На фигурата са начертани изолинии за стойности на максималната едночасова концентрация 50, 100, 150 225, и 375 µg/m³. Освен в района на Герман и Панчаревското езеро, високи стойности се получават южно от Околовръстното шосе, в селата Бистрица, Симеоново и Драгалевци. Там максималните едночасови концентрации надхвърлят СЧН.

Изброените зони в никакъв случай не могат да се характеризират с прекалено интензивен трафик.

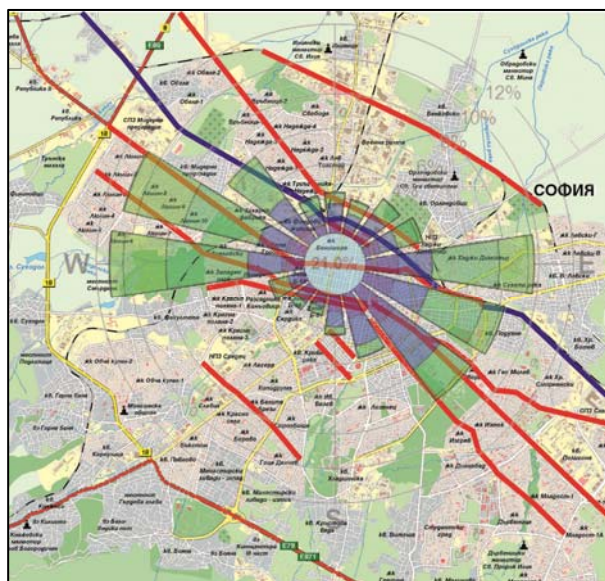
Тъй като става дума за зимен период, изчислените стойности могат да бъдат резултат от въздействието на битовото горене и промишлените източници



Фигура 3.9 Максимални 1-часови стойности на концентрацията на NO_2 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$, от всички източници, за 2010 г.

Жилищен комплекс „Дружба“ се характеризира с почти 100 % използване на централно отопление. Предвид това, приносът на сектор битово горене (8.17 %) към формирането на максималната едночасова концентрация на NO_2 в пункта за мониторинг се дължи на метеорологичните условия в 22 часа на 08.12.2010. Скоростта на вятъра е 1 m/s , а посоката му - 200° , т.е. от кв. „Горубляне“, където битовото горене е основен начин на отопление.

3.5. Обективни причини за наднормено замърсяване на въздуха в София с FPCH_{10} и NO_x



Фигура 3.10 Ориентация на основни транспортни артерии с интензивен трафик, в София спрямо розата на вятъра за 2007 година

вятъра.

Както бе споменато, максималната едночасова стойност на концентрацията на NO_2 в пункта Гара Яна се определя в 100 % от въздействието на разположените в непосредствена близост източници от Кремиковци АД.

В пункта за мониторинг Надежда отново имаме 100-процентово въздействие на един от секторите върху максималната едночасова концентрация на NO_2 , но в този случай доминиращият сектор е автомобилният транспорт.

Сравнително по-високият дял на промишлеността при формиране на максималната едночасова концентрация на NO_2 в пунктовете Красно село и Павлово вероятно се дължи на дейността на ТЕЦ „Земляне“.

В зоните от града, където има условия за влошена вентилацията, разположени върху ниските тераси и в близост до интензивни източници на замърсители на въздуха епизодично е възможно да се появяват сравнително високи концентрации на замърсители, поради „застой“ в атмосферната циркулация, а в някои от тях и при пренос от други съседни части на София или от Перник.

Важна особеност на линейната инфраструктура на София е фактът, че редица големи булеварди, с интензивен трафик, имат направление, съвпадащо или твърде близко до направлението на преобладаващите ветрове. Това може да се види на представената на фигура 3.10.

Ориентацията на пътни трасета по направление еднакво или близко до това на вятъра води до слабо разсейване на емитираните от транспорта замърсители встрани от трасето и натрупването им (повишаване на концентрацията) по посоката на

Така, при вятър от сектора 270 – 315°, следва да се очакват високи степени на замърсяване в югоизточните квартали на София. За северозападните зони това ще се случва при вятър от сектора 90 - 135°.

Разбира се, казаното по-горе е обективна даденост, но то трябва да се има предвид при разработване на транспортната схема на града в дългосрочен план.

Тъй като, при нулева скорост на вятъра моделът не извършва изчисления, едно допълнително изследване е посветено на математичното моделиране на разпространението на газови замърсители в атмосферния въздух при особени метеорологични ситуации.

3.5.1 Разпространение на газов замърсител при тихо време

Разпространението на газовите замърсители във въздуха се осъществява по два начина, а именно – конвекция и дифузия. При отсъствие на вятър притокът на свеж въздух, както и изнасянето на замърсител от областта отсъстват, а движението на въздушните маси е преди всичко във вертикално направление, с различна интензивност, в зависимост от стабилността на атмосферата.

В този случай конвекцията оказва слабо влияние и разпространението на замърсителя се лимитира от дифузията. Той се натрупва в областта и стойностите на концентрацията му се изменят както в пространството, така и във времето. Тихото време може да доведе до натрупване на големи количества замърсител в атмосферата над определена област, след което, при определена промяна в метеорологичната обстановка, може да се стигне до висока степен на замърсяване на приземния слой на атмосферата.

Общото за всички известни и използвани математични модели за описание на разпространението на газови замърсители в атмосферата е това, че се поставят две основни цели, а именно, определяне на ефективната височина на изпускащото устройство (ИУ) и определяне на параметрите на разсейване на замърсителя в пространството и времето.

Ефективната височина на ИУ се дефинира като $H_{ef}=H_s+\Delta h$, където H_s представлява геометричната височина на ИУ, а Δh отчита издигането на замърсителя в резултат от началната скорост на емитираните газове и действието на гравитационните сили.

Величината Δh зависи от скоростта на вятъра. В публикуваните различни зависимости за нейното изчисляване обаче, тя фигурира в знаменател и очевидно, те не са приложими при нулева скорост на вятъра. На пръв поглед изглежда възможен подход, при който се задава не нулева, но малка стойност за скоростта на вятъра. Трябва обаче веднага да се отбележи, изчисленията по този начин стойности за Δh са нереалистични. От казаното дотук следва, че разпространението на замърсители в атмосферата при отсъствие на вятър е особен случай и изисква използването на математичен модел от така наречения „rigorous“ тип.

3.5.2 Математично моделиране на разпространението на газов замърсител в атмосферата при отсъствие на вятър

За симулиране на разпространението на газов замърсител в атмосферния въздух, в настоящото изследване е използван софтуерният пакет **PHOENICS**, описан в т. 1.5.4.

Математичен модел

В средата на PHOENICS [95] разпространението на замърсители в зададена област от атмосферата може да бъде описано със система частни диференциални уравнения от вида

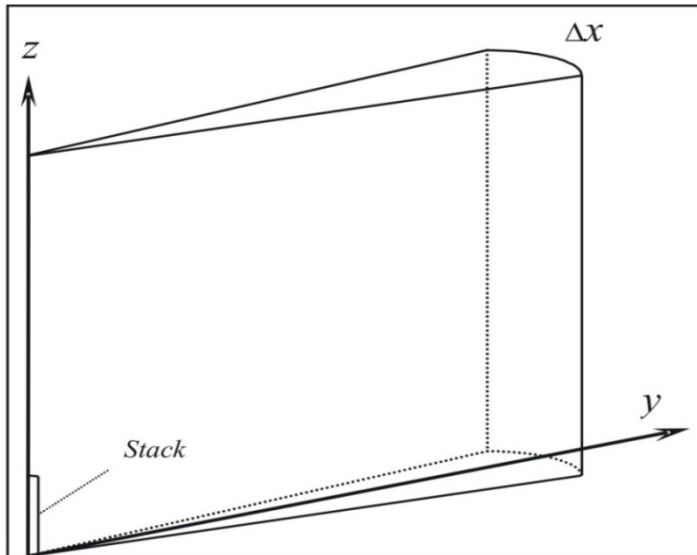
$$\frac{\partial(r_i \rho_i \varphi_i)}{\partial \tau} + \text{div}[r_i \rho_i V_i \varphi_i - r_i K_i \text{grad}(\varphi_i)] = r_i S_i, i = 1, 2 \quad (1)$$

Тук φ_i представлява някаква количествена характеристика на фаза i , като кинетична енергия, скорост, концентрация на определен компонент, енталпия/температура, и др. При разпространение на газови замърсители във въздуха, процесът е еднофазов, $r_i = 1$ и уравнение (1) придобива вида:

$$\frac{\partial(\rho \varphi)}{\partial \tau} + \text{div}[\rho V \varphi - K \text{grad}(\varphi)] = S \quad (2)$$

Описание на геометрията на изследваната област

При липса на вятър, най-подходяща за описание на геометрията на изследваната област от



Фигура 3.11. Геометрия на изследваната област от атмосферата

атмосферата е цилиндрично-поляризната координатна система. При нея, дадена точка в пространството се дефинира посредством следните координати: x – ъгъл на завъртане, rad ; y – разстояние от оста на цилиндъра, m ; и z – разстояние от долната основа на цилиндъра, m . Тъй като замърсителят се разпространява еднакво във всички посоки (за всяка стойност на x), задачата за математично моделиране на разсейването на замърсителя може да се дефинира като двумерна, както е показано на Фигура 3.11

Променливите, характеризиращи процеса на разпространение на газов замърсител във въздуха, са P , T , v , w и C . Тяхното изменение в пространството и времето се описва със система от пет частни диференциални уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho P)}{\partial \tau} + \text{div}[\rho V P - K \text{grad}(P)] &= S_p \\ \frac{\partial(\rho v)}{\partial \tau} + \text{div}[\rho V v - K \text{grad}(v)] &= S_v \\ \frac{\partial(\rho w)}{\partial \tau} + \text{div}[\rho V w - K \text{grad}(w)] &= S_w \\ \frac{\partial(\rho T)}{\partial \tau} + \text{div}[\rho V T - K \text{grad}(T)] &= S_T \\ \frac{\partial(\rho C)}{\partial \tau} + \text{div}[\rho V C - K \text{grad}(C)] &= S_C \end{aligned} \quad (3)$$

където: V – вектор на скоростта, m/s ; T_0 – температура на въздуха на земната повърхност, K ; K_i – обемна част на фаза i ; ρ_i – плътност на фаза i , kg/m^3 ; τ – време, s ; V_i – вектор на скоростта на фаза i , m/s ; K_i – дифузионен коефициент за фаза i , $kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$; P – динамична съставка налягането, Pa ; v – скорост на флуида по направление y , m/s ; w – скорост на флуида по направление z , m/s ; T – температура, K ; C – концентрация на замърсителя, mg/m^3 ; F – гравитационна сила, $kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-2}$; M_{mix} – молекулна маса на сместа въздух/замърсител, $g \cdot mol^{-1}$; g – земно ускорение $m \cdot s^{-2}$; r_s – вътрешен радиус на комина, m ; H_s – височина на комина, m ; w_s – скорост на

димните газове на изход от комина, $m \cdot s^{-1}$; T_s – температура на димните газове, K ; T_0 – температура на въздуха на земната повърхност, K ; X_t – размер на областта по направление x , rad ; Y_t – размер на областта по направление y , m ; Z_t – размер на областта по направление z , m ; За отчитане на турбулентността на потока непосредствено над комина модел LEVEL.

Замърсяване на въздуха със серен диоксид от индустриален източник, при тихо време

Описаният по-горе математичен модел е приложен за симулиране на разпространението на серен диоксид при отсъствие на вятър. Замърсителят се емитира от индустриален комин. Параметрите на изпускащото устройство, емисията и областта на изследване са представени в Таблица 3.6

Индустриалният комин е дефиниран като източник на маса с дебит 9.94 kg/s . За температурата, вертикалната скорост и концентрацията на SO_2 в димните газове (представени в Таблица 3.6) се приема, че само конвекцията оказва влияние върху стойността на съответната величина в центъра на клетката, т.е. дифузията е пренебрегната.

Горната граница на изследваната област е дефинирана като свободна повърхност, през която се допуска както изход, така и вход на маса, в зависимост от стойността на налягането.

Граничните и началните условия за решаване на системата (3) са представени в таблица 3.7.

Таблица 3.6. Параметри на комина, емисията и областта на изследване

Параметър	Мерни единици	Стойност
H_s	m	325.0
r_s	m	5.0
w_s	$m\ s^{-1}$	5.0
T_s	K	353
C	$mg\ m^{-3}$	672
T_0	K	283
$\partial T/\partial z$	$deg\ m^{-1}$	-0.006
X_t	rad	0.179
Y_t	m	2005
Z_t	m	2500

Таблица 3.7. Гранични и начални условия

Позиция	Величина	Стойност
Гранични условия		
$z=0; 0 \leq y \leq 2005$	T	283.0
	v	0.00
$z=Z_t; 0 \leq y \leq 2005$	T	268.0
	P	0.00
Начални условия		
$0 \leq y \leq 2005; 0 \leq z \leq 2500$	T	$283+z\ \partial T/\partial z$
	P	$10\ (Z_t - z)$
	C, v, w	0.00

Резултати от математичното моделиране

Скоростното поле се установява сравнително бързо, за около 10 min, след което то практически не се променя.

Математичният модел е решен за период от 5 часа. Получените резултати за разсейването на SO_2 са представени на фиг. 3.12.

Получените резултати показват, че при отсъствие на вятър, в пространството над източника се натрупва значително количество замърсител, което може да доведе до сериозно замърсяване на приземния слой на атмосферата при последваща промяна в метеорологичните условия.

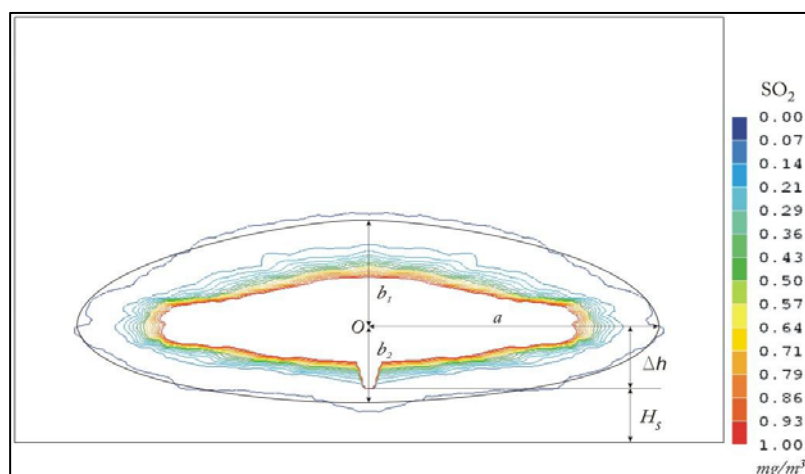
3.5.3 Ефективна височина

Ефективната височина е важна характеристика на изпускащите устройства и в голяма степен определя нивото на замърсяване на въздуха в приземния слой на атмосферата. Тя се дефинира като сума на геометричната височина на комина и издигането на димните газове в резултат на началната им скорост и действието на гравитационната сила.

Важността на ефективната височина, като характеристика на изпускащите устройства (ИУ), определя нейното изчисляване като един от централните моменти във всеки математичен модел или софтуерен продукт, предназначен за оценяване на степента на замърсяване на въздуха в резултат от дейността на съществуващи и бъдещи обекти.

Силно влияние върху издигането на димните газове оказва скоростта на вятъра. По тази причина тя се отчита във всички известни и използвани зависимости за определяне на ефективната височина. В публикуваните зависимости скоростта на вятъра фигурира в знаменател, което означава, че при нулева скорост на вятъра тези зависимости са неприложими. При различна от нула, но твърде ниска стойност на скоростта, те дават нереалистични резултати.

Математично моделиране на издигането на димни газове при отсъствие на вятър



Фигура 3.12 Ефективна височина на изпускащото устройство

Представеният по-горе модел е използван за симулиране на разпространението на газов замърсител SO_2 в атмосферата. Получените резултати дават основание да се приеме, че при отсъствие на вятър, димните газове се транспортират на определена височина над източника и след това замърсителят се разпространява основно в радиално направление, както се вижда на Фигура 3.12. Всяка от изолиниите на концентрацията на замърсителя може да се апроксимира с две полуелипси, които се характеризират с: еднакви полуоси в хоризонтално направление a ; различни полуоси във

вертикално направление b_1 и b_2 ; общ център O .

Очевидно, разстоянието от центъра на елипсите до земната повърхност представлява ефективната височина на изпускащото устройство H_{ef} . Оттук издигането на димните газове е

$$\Delta h = H_{ef} - H_s \quad (4)$$

Експеримент

Таблица 3.8 Основни нива x_{0i} и стъпки на вариране Δ_i

№	Кодиран фактор	Реален фактор	x_0	Δ
1	x_1	$\partial T / \partial z$	-0.0075	0.0015
2	x_2	T_0	293	10
3	x_3	T_s	403	50
4	x_4	w_s	10	5

Факторите, от които зависи издигането на димните газове са: вертикалната скорост на газовете на изход от изпускащото устройство; температурата на изпусканите газове; температурата на околния въздух; температурният градиент на атмосферата. За установяване на зависимостта между издигането на димните газове Δh и факторите, които го определят, е проведен планиран

числен експеримент, с използване на описания по-горе модел. Основните нива и стъпките на вариране на споменатите фактори са представени в Таблица 3.8, а планът на експеримента и получените резултати – Таблица 3.9

Таблица 3.9 План на експеримента и стойности на Δh

№	x_1	x_2	x_3	x_4	Δh	№	x_1	x_2	x_3	x_4	Δh
	-	-	-	-	m		-	-	-	-	m
1	+1	-1	-1	-1	379	13	+1	-1	+1	+1	454
2	-1	-1	-1	-1	710	14	-1	-1	+1	+1	1001
3	+1	+1	-1	-1	302	15	+1	+1	+1	+1	536
4	-1	+1	-1	-1	667	16	-1	+1	+1	+1	861
5	+1	-1	+1	-1	430	17	+1	0	0	0	456
6	-1	-1	+1	-1	820	18	-1	0	0	0	890
7	+1	+1	+1	-1	379	19	0	-1	0	0	643
8	-1	+1	+1	-1	834	20	0	+1	0	0	536
9	+1	-1	-1	+1	496	21	0	0	-1	0	454
10	-1	-1	-1	+1	945	22	0	0	+1	0	643
11	+1	+1	-1	+1	430	23	0	0	0	-1	509
12	-1	+1	-1	+1	779	24	0	0	0	+1	670

Резултати

T_0 , T_s и температурният градиент на атмосферата $\partial T / \partial h$ определят еднозначно разликата между температурата на околния въздух и димните газове на нивото на комина H_s .

$$\Delta T = T_s - \left(T_0 + H_s \frac{\partial T}{\partial h} \right) \quad (5)$$

Тогава броят на факторите, определящи издигането на димните газове може да се намали до 3, а именно: $X_1 \equiv -(\partial T / \partial h) / \Gamma$; $X_2 \equiv \Delta T$; и $X_3 \equiv V_s$. Тук $\Gamma = -0.00976 \text{ deg/m}$, представлява адиабатичното понижение на температурата по височина на атмосферата.

На базата на така дефинираните фактори е изведен математичен модел за изчисляване на издигането на димните газове от вида:

$$\Delta h = A \left(-\frac{1}{\Gamma} \frac{\partial T}{\partial h} \right)^\alpha \left(T_s - T_0 - H_s \frac{\partial T}{\partial h} \right)^\beta V_s^\gamma \quad (6)$$

Стойностите на A , α , β , и γ са определени посредством логаритмуване на (8) и извеждане на линеен регресионен модел

$$\ln \Delta h = b_0 + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 + b_3 \ln x_3, \text{ от където}$$

$$A = \exp(b_0); \alpha = b_1, \beta = b_2, \text{ и } \gamma = b_3.$$

На базата на данните за Δh от Таблица 3.9, за параметрите на модела (6) са получени следните стойности: $A=270.32$; $\alpha = 1.57477$; $\beta = 0.16583$, и $\gamma = 0.21553$.

Таблица 3.10 Точност на предсказване

№	Δh_{exp} m	Δh_{calc} m	Грешка %	№	Δh_{exp} m	Δh_{calc} m	Грешка %
1	379	361	-4.7	13	562	529	-5.9
2	710	686	-3.4	14	1001	1002	0.1
3	328	342	4.3	15	536	518	-3.3
4	667	650	-2.5	16	917	982	7.1
5	430	417	-2.9	17	456	451	-1.0
6	820	791	-3.5	18	890	856	-3.8
7	379	409	7.9	19	643	651	1.2
8	834	775	-7.1	20	589	632	7.3
9	496	458	-7.7	21	562	582	3.6
10	945	869	-8.1	22	643	682	6.1
11	430	434	0.9	23	509	553	8.6
12	779	824	5.7	24	670	700	4.5

Точността на предсказване на модела е оценена в Таблица 3.10, където Δh_{exp} представлява издигането на димните газове, определено при числения експеримент с използване на пакета PHOENICS, а Δh_{calc} е изчислената по модела (6) стойност. От Таблица 3.10 се вижда, че максималната грешка е 8.6 %. Средната относителна грешка е 4.6%.

3.6. Изводи

Анализът на получените резултати от математичното моделиране дава основание да бъдат направени следните изводи:

1. Качеството на атмосферния въздух в Столична община се характеризира със сериозни превишения на постановените норми, както по отношение на фини прахови частици ФПЧ_{10} , така и по отношение на азотен диоксид NO_2 .
2. Значителни превишения на съответните норми се отчитат, както за 2007, така и за 2010 г.

Основните източниците на замърсяване с ФПЧ_{10} са:

1. **Битовото горене за отопление.** Изгарят се големи количества въглища и дърва, като последните имат значителен принос в замърсяването на въздуха с фини прахови частици ФПЧ_{10} . Освен това, при битово горене праховите частици се емитират на малка височина, което определя по-високи стойности на концентрацията в приземния слой на атмосферата.
2. **Автомобилен транспорт**
 - 2.1. Интензивният трафик, обуславя значителни емисии на ФПЧ_{10} при работата на двигателите с вътрешно горене;
 - 2.1.1. Задръстванията на множество важни кръстовища в града, обуславят повишени емисии на ФПЧ_{10} от работата на двигателите на празен ход, износването на гуми, асфалтова настилка и фрикционен материал на автомобилните спирачки.
 - 2.1.2. Натрупаните на пътното платно пясък, пръст, соли и др. са източници на фини прахови частици. Дори при отсъствие на вятър, това води до замърсяване на въздуха поради турбулизация на приземния въздушен слой от движението на автомобилите. Замърсяването на линейната инфраструктура се дължи на:
 - дейностите по зимното поддържане;
 - непочистени автомобилни гуми на превозни средства, използвани при строителни и изкопни работи, както и такива, които се паркират извън предназначенията за целта места;
 - наличие на площи покрай улици и булеварди, предвидени за озеленяване или за тротоари, но нереализирани като такива, което води до свличане на земни маси на пътното платно.
 3. Лошото състояние на пътната настилка (наличието на дупки) води до последващо интензивно износване (изронване) на асфалтовия пласт.

Основните източниците на замърсяване с азотен диоксид са:

1. **Битовото горене за отопление.** За отопление се употребяват значителни количества твърди горива. Количествата емитирани от това азотен диоксид не са доминиращи в сравнение с останалите сектори, но имат важно значение за качеството на атмосферния въздух, главно поради малката височина на изпускане и ниската вертикална скорост на димните газове.
2. **Промислените източници на територията на общината.** С най- голяма роля по отношение на общите количества на емитираните в атмосферата азотен диоксид са промислените източници. Сред тях, най-значими са „Кремиковци“ АД (за 2007 г.) и действащите на територията на общината топлоелектрически и отоплителни централи. Въпреки това обаче, те не са доминиращи в замърсяването на въздуха в приземния слой на атмосферата, защото емисиите от тях се характеризират с:
 - голяма височина на изпускане на димните газове;
 - висока температура на димните газове;
 - висока вертикална скорост на газовия поток на изход от изпускащите устройства. Както бе показано по-горе, спирането на експлоатацията на „Кремиковци“ АД не води до подобряване на качеството на атмосферния въздух в София.
3. **Автомобилният транспорт.** Той е „отговорен“ в най-голяма степен за замърсяването на въздуха с азотен диоксид в столицата и особено в централната ѝ част. По отношение на общото количество на емитираните за година азотен диоксид, автомобилният транспорт се нарежда на второ място след промислените източници. За сметка на това обаче той е доминиращият фактор за качеството на атмосферния въздух в столицата, както по отношение на средногодишната, така и по отношение на едночасовата концентрация на азотен диоксид.

Глава 4. МЕРКИ ЗА НАМАЛЯВАНЕ НА ЗАМЪРСЯВАНЕТО НА ВЪЗДУХА В СОФИЯ С PM_{10} И NO_2

4.1. Краткосрочни и средносрочни мерки за подобряване на КАВ за периода 2010-2012 година

Предвидените краткосрочни и средносрочни мерки (2011-2012 г.) включват:

- регулярно механично почистване и периодично измиване на главните пътни артерии (минимум 2 пъти годишно);
- почистване и поддръжка на отводнителните шахти;
- механично почистване на второстепенните квартални улици;
- поддръжка на пътната настилка;
- затревяване на площите покрай линейната инфраструктура за предотвратяване на свличането на земни маси на платното;
- ремонт на тротоари и бордюри;
- пускане в експлоатация на участъка Бистрица-Симеоново от южната дъга на Околовръстното шосе.

Реализацията на мерките за 2011-2012 година ще осигури:

- намаляване на емисиите на $ФПЧ_{10}$ от линейните транспортни източници с 11.1% спрямо 2010г.
- намаляване на емисиите на $ФПЧ_{10}$ от площните транспортни източници с 40 % спрямо 2010 г.
- намаляване на емисиите на NO_x , от линейните транспортни източници с 11.0 % спрямо 2010 г.
- намаляване на емисиите на NO_x от площните транспортни източници с 10.0 % спрямо 2010 г.

Таблица 4.1 Изменения на емисиите на NO_x и ФПЧ₁₀ за периода 2010-2012 г

Сектор	ФПЧ ₁₀ , t/y		NO ₂ , t/y	
	2010	2012	2010	2012
Всички	10334	10334	20734	20734
Депа, кариери	43	43	0	0
Транспорт	6538	4172	6258	5622
Битово горене	2800	2800	466	466
Земеделие	3	3	0	0
Промислени	514	514	14010	14010
Строителство	437	437	0	0

Предвижданите мерки за периода 2010-2012 година засягат само сектора транспорт. Измененията в емитираните количества азотни оксиди и фини прахови частици за периода 2010 - 2012 година са дадени в табл. 4.1.

Ефектите от мерките за периода 2010 - 2012 година, върху средногодишните концентрации на ФПЧ₁₀ и NO₂, средноденонощната концентрация на ФПЧ₁₀ и средночасовата концентрация на NO₂, в пунктовете за мониторинг, са представени в таблици 4.2 – 4.5.

Таблица 4.3. Изменение на средногодишната концентрация на NO₂ в резултат от приетите мерки за периода 2010-2012 г.

Пункт	СГК, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Изменение, %
	2010	2012	
Красно село	28.62	25.97	-9.3
Павлово	26.93	18.42	-31.6
Дружба	29.34	26.82	-8.6
Надежда	26.15	23.85	-8.8
Орлов мост	35.73	27.72	-22.4
Гара Яна	23.34	23.15	-0.8

Таблица 4.2. Изменение на максималната средночасова концентрация на NO₂ в резултат от приетите мерки за периода 2010-2012 г.

Пункт	Максимална СЧК, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Изменение, %
	2010	2012	
Красно село	210.50	193.00	-8.31
Павлово	151.3	140.00	-7.50
Дружба	267.25	242.89	-9.12
Надежда	346.82	312.95	-9.77
Орлов мост	297.03	267.90	-9.81
Гара Яна	270.03	269.90	-0.06

Таблица 4.5. Изменение на максималната 24-часова концентрация на ФПЧ₁₀ в резултат от приетите мерки за периода 2010-2012 г.

Пункт	Максимална СЧК, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Изменение, %
	2010	2012	
Красно село	193.32	146.62	-24.16
Павлово	157.73	137.80	-12.6
Дружба	199.52	154.46	-22.58
Надежда	204.82	131.73	-35.69
Орлов мост	182.30	137.27	-24.70
Копитото	35.96	27.20	-24.36
Гара Яна	183.55	182.37	-0.64

Таблица 4.4. Изменение на средногодишната концентрация на ФПЧ₁₀ в резултат от приетите мерки за периода 2010-2012 г.

Пункт	СГК, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Изменение, %
	2010	2012	
Красно село	66.84	46.43	-30.53
Павлово	50.55	36.85	-27.10
Дружба	62.50	43.61	-30.22
Надежда	57.90	39.01	-32.63
Орлов мост	49.43	36.49	-26.18
Копитото	5.42	3.98	-26.57
Гара Яна	46.19	45.19	-2.16

Анализът на данните в таблиците показва, че намалените емисии на фини прахови частици и азотни оксиди, обусловени от автомобилния транспорт, водят до:

Таблица 4.6 Перцентилни стойности на СДК на ФПЧ₁₀ и СЧК за NO₂

Пункт за мониторинг	ФПЧ ₁₀	NO ₂
	90.4-ти	99.8-ми
Красно село	83.70	159.29
Павлово	74.01	121.47
Дружба	74.79	198.00
Надежда	74.20	259.52
Орлов мост	71.50	245.55
Гара Яна	79.66	254.25

- намаляване на средногодишната концентрация и максималните 24-часови концентрации на ФПЧ₁₀ във всички пунктове за мониторинг, като най-голям е ефектът за ПМ Надежда;
- намаляване на средногодишната концентрация на NO₂ във всички пунктове за мониторинг, като за ПМ Гара Яна намалението е незначително;
- намаляване на максималните средночасови концентрации на NO₂ във всички пунктове за мониторинг, като за ПМ Гара Яна намалението е незначително.

- В таблица 4.6 са представени стойности на 90.4-перцентил за 24-часовата концентрация на ФПЧ_{10} и 99.8-перцентил за едночасовата концентрация на NO_2 в отделните пунктове за мониторинг, за 2012г.

От нея се вижда, че по отношение на 24-часовата концентрация на ФПЧ_{10} , СДН са нарушени във всички пунктове за мониторинг.

4.2. Дългосрочни мерки за подобряване на КАВ за периода 2012-2014 година

Дългосрочните мерки (до 2014 г.) включват:

- регулярно почистване и измиване на главните пътни артерии;
- регулярно механично почистване и периодично измиване на вътрешно- кварталните улици (минимум 2 пъти годишно);
- пускане в експлоатация на втори метро-диаметър, което да доведе до 10 % намаление на автомобилния трафик спрямо 2010 г.;
- намаляване на количествата на използваните за отопление твърди горива с 20 % спрямо 2010 г.;
- увеличаване на дела на автомобилите с катализатор за намаляване на емисиите на NO_x , ФПЧ_{10} и CO с 5 % спрямо 2010 г.;
- използване на ниско-азотни горелки при промишлените горивни процеси за намаляване на емисиите на NO_2 от промишлеността с 5 % спрямо 2010г.

4.3. Дисперсионно моделиране на замърсяването на въздуха в гр. София с ФПЧ_{10} и NO_2 след изпълнението на дългосрочните мерки

Дисперсионното моделиране е реализирано с отчитане на настъпилите, в резултат на изпълнението на предвидените краткосрочни, средносрочни и дългосрочни мерки, редукции на емисиите от съответните сектори.

Изчислението на приземните стойности на концентрациите са извършени за дефинираната в предишните изследвания мрежа от рецептори и за метеорологичните условия за 2010 г.

4.3.1 Замърсяване на въздуха с фини прахови частици ФПЧ_{10}

Максималната средногодишна стойност (всички източници) възлиза на 60.65 (151.25 % от СГН) и се получава в рецептор с координати 692347.31E и 4726378.99N, в квартал „Изгрев“. В същия рецептор реализира своя максимум на средногодишната концентрация и сектор транспорт - 52.69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Високи средногодишни стойности на концентрацията на ФПЧ_{10} обуславят автомобилният транспорт и битовото горене, 52.69 и 22.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ съответно. Следователно, в кв. „Изгрев“ транспортът обуславя 86.9 % от средногодишната концентрация на ФПЧ_{10} .

Максималната 24-часова концентрация, 208.20, от всички източници, се получава на 14 ноември, в рецептор с координати 692347.31E, 4726378.99N.

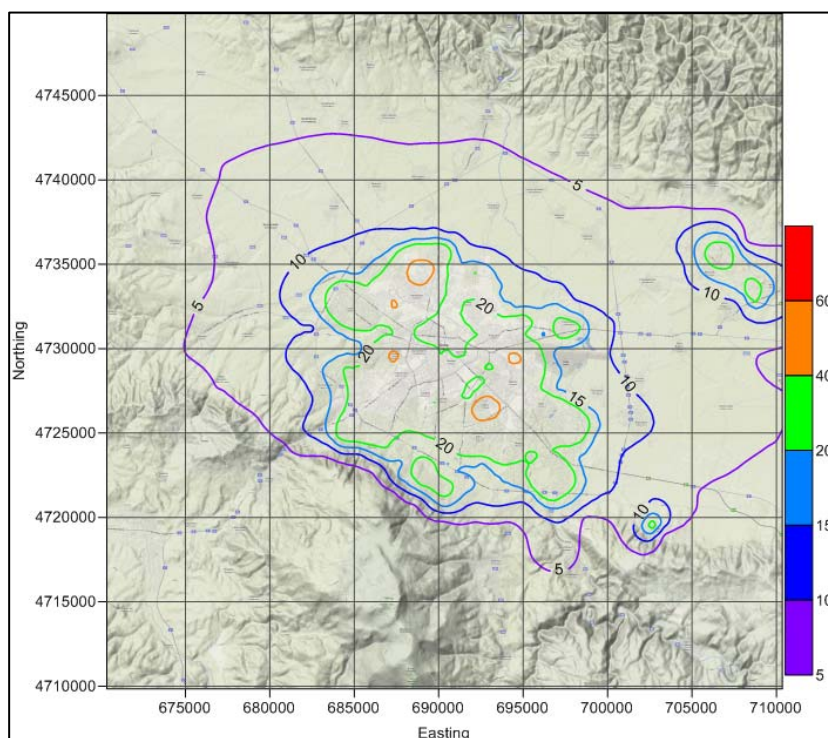
Както се вижда от табл. 4.7, максималните 24-часови стойности на концентрацията на ФПЧ_{10} , във всички пунктове на територията на общината са твърде високи. Тъй като нормативната уредба допуска 35 превишения на СДН (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) годишно, в таблица 4.11 са дадени стойностите на съответния перцентил. По този показател, като се изключи пункт Копитото, в нормата е само пункт Павлово, макар превишенията за останалите пунктове да не са с повече от 10.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Пунктът Орлов мост е на границата на допустимото.

На фигура 4.1 е представено разпределението средногодишната концентрация на ФПЧ_{10} , от всички източници, за 2014 г.

Оранжевата изолиния очертава области, в които нормата за средногодишната концентрация е превишена. Червена изолиния отсъства, защото стойностите над 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ се помещават в диапазона до максималната средногодишна концентрация 60.65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. За 2014 година средногодишната норма за ФПЧ_{10} е превишена в сравнително малки области в кварталите „Надежда“, „Подуяне“, „Изгрев“ и „Красна поляна“.

Таблица 4.7 Замяряване на въздуха с ФПЧ₁₀, от всички източници на замяряване, в пунктовете за мониторинг

Пункт	Средно-годишна	Максимална 24-часова	90.4-перцентил
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Красно село	34.81	112.56	60.60
Павлово	25.84	96.30	49.94
Дружба	31.78	114.81	56.01
Надежда	31.45	109.93	60.21
Орлов мост	25.43	102.36	51.02
Копитото	3.05	20.52	7.70
Гара Яна	30.94	127.02	54.51



Фигура 4.1 Средногодишна концентрация на ФПЧ₁₀, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, от всички източници, за 2014 г.

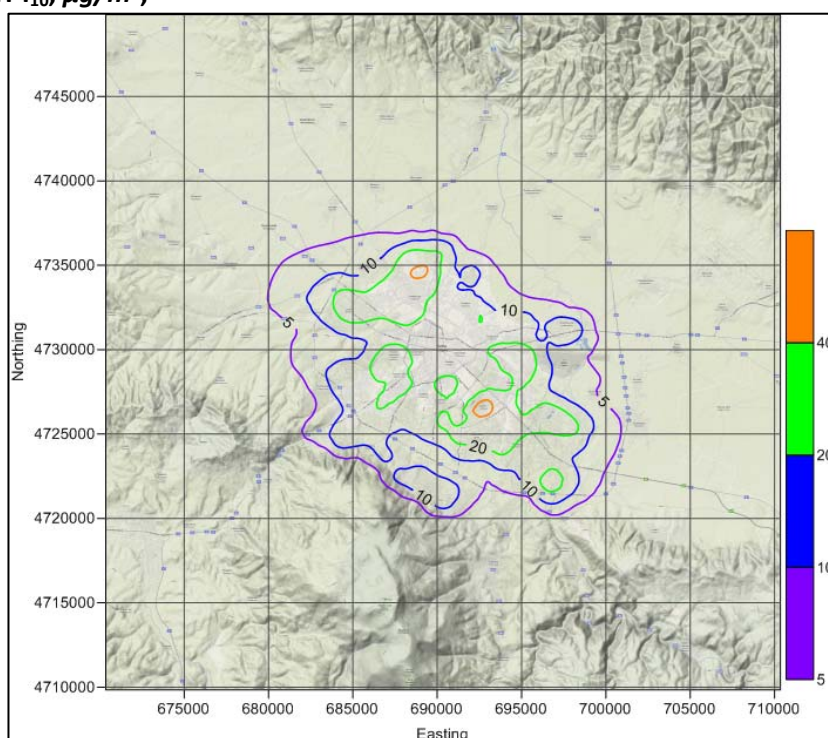
перцентилните (90.4 %) стойности за диапазон от 15 до 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Зоните, очертани от лилавата изолиния, се характеризират с повече от 35 превишения на нормата за 24-часовата концентрация на ФПЧ₁₀ през календарната година, т.е. изискванията относно качеството на атмосферния въздух не са спазени.

На фиг. 4.3 е представено разпределението на перцентилните (90.4) 24-часови стойности на концентрацията на ФПЧ₁₀, обусловени от транспорт. Начертани са изолинии, които отговарят на стойности на 90.4- перцентил от 10 до 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Жълтата изолиния очертава площите, където броят на превишенията на СДН са повече от 35 за една календарна година.

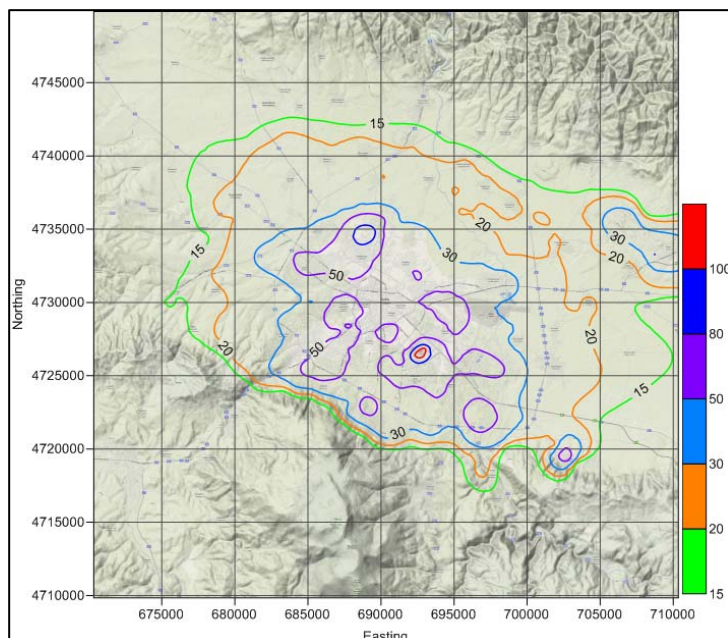
На фиг. 4.2 е показано разпределението на средногодишните стойности на концентрацията на ФПЧ₁₀ за 2014 г., обусловени от въздействието на автомобилния транспорт. Веднага се вижда, че в кварталите „Надежда“ и „Изгрев“ транспортът причинява замяряване, на годишна база, над 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, макар и в твърде малки области.

За цялата територия на столицата, транспортът обуславя средногодишни стойности между 10 и 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Замяряването на въздуха в Столична община по отношение на 24-часовите стойности на концентрацията на ФПЧ₁₀ е представено на фиг. 4.3. На нея са начертани изолинии на



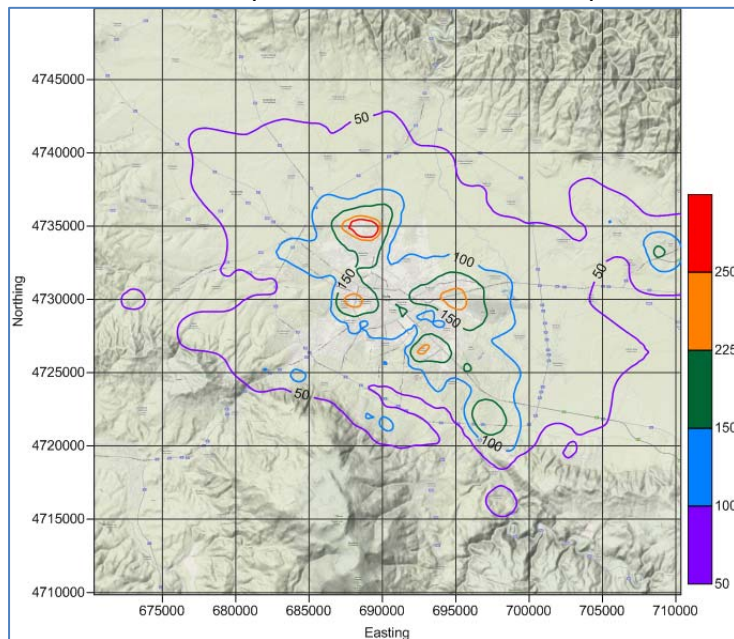
Фигура 4.2 Средногодишна концентрация на ФПЧ₁₀, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, от автомобилен транспорт, за 2014 г.



Фигура 4.3 Перцентилни (90.4) 24-часови стойности на концентрацията на PM_{10} , $\mu g/m^3$, от всички източници, за 2014 г.

реализира своя максимум на средногодишната концентрация и сектор транспорт – $29.25 \mu g/m^3$.

Максималната едночасова стойност на концентрацията на NO_2 , обусловена от всички източници, възлиза на $548.85 \mu g/m^3$ и се получава на 15 ноември, в 5 часа сутринта. Рецепторът, в който се регистрира този максимум, има координати 698703.55E, 4719884.51N и надморска височина 757.30 m - в района на с. Герман. В същия рецептор и по същото време реализират своята максимална стойност на средночасовата концентрация на

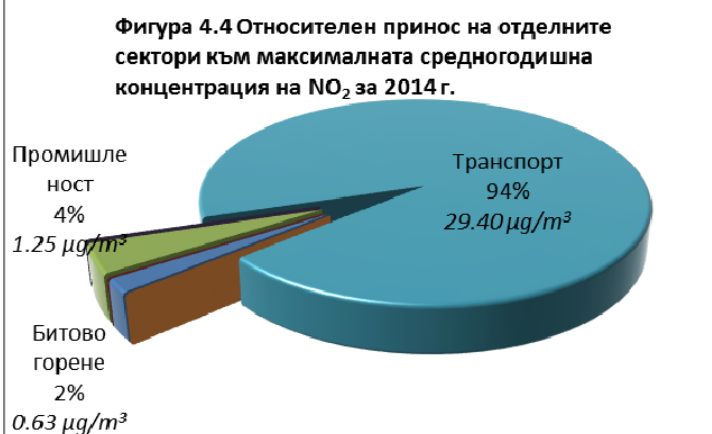


Фигура 4.4 Перцентилни (99.8) 1-часови стойности на концентрацията на NO_2 , $\mu g/m^3$, от всички източници, за 2014г.

Сравнението на двете предишни фигури дава възможност да се направи изводът, че автомобилният транспорт е основният фактор, който обуславя нарушението на изискванията за качество на атмосферния въздух, по отношение на средноденонощната норма за PM_{10} в голяма част от територията на София. Както можеше да се очаква, транспортът е доминиращият източник на замърсяване на атмосферния въздух с PM_{10} за кварталите „Изгрев“ и „Надежда“.

4.3.2 Замърсяване на въздуха с азотен диоксид NO_2

Максималната средногодишна стойност (всички източници) възлиза на $31.28 \mu g/m^3$, и се получава в рецептор с координати 692347.31E и 4726378.99N, в квартал „Изгрев“. В същия рецептор



NO_2 промишлените източници и те имат 100 % принос за получения резултат.

Относителният принос на отделните сектори към формирането на максималната средногодишна стойност на концентрацията на NO_2 е представен на фиг. 4.4. На факта, че приносът на транспорта към максималната стойност на средногодишната концентрация на NO_2 възлиза на 94 % следва да се обърне особено внимание. Автомобилният транспорт се характеризира с твърде ниски емисии през нощните часове поради ниската интензивност на трафика. След като за 80 % от времето той реализира 94 % от максималната средногодишна стойност следва да се предположи, че при едночасов период на осредняване, за кв. „Изгрев“ той представлява доминиращ източник на замърсяване с NO_2 . Доколкото максималната средногодишна

концентрация на NO_2 , може да се каже, че по този показател КАВ в Столична община към 2014 година ще бъде удовлетворително.

На фиг. 4.4 е представено разпределението на 99.8-перцентилните стойности на едночасовата концентрация на NO_2 , обусловени от всички източници на замърсяване. Начертаните изолинии съответстват на 19^{-тата} по големина стойност на едночасовата концентрация на NO_2 за съответните точки от изследваната област. Оранжевата и червената изолиния отговарят на 99.8-перцентилни стойности от 225 и $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Това означава, че в макар и малки по размер области западно от центъра на София, кв. „Изгрев“, кв. „В. Левски“ и северните части на кв. „Надежда“, към 2014 година могат да се очакват повече от 18 превишения на средночасовата норма за NO_2 годишно, за което транспортът ще допринася с повече от 90%.

От направения дотук анализ на замърсяването на въздуха в Столична община с азотен диоксид става ясно, че автомобилният транспорт влияе най-силно върху едночасовите стойности на концентрацията на NO_2 и сам по себе си обуславя нарушаване на изискването относно броя допустими превишения за една календарна година. Това, най-вероятно се дължи на характерните, за множество пътни артерии и кръстовища, задръствания в пиковите часове на автомобилен трафик. Ориентацията на основни пътни трасета спрямо направлението на преобладаващите ветрове също допринася в голяма степен получаването на високи стойности на концентрацията на азотен диоксид за едночасов период на осредняване.

4.4. Нова транспортна схема на гр. София

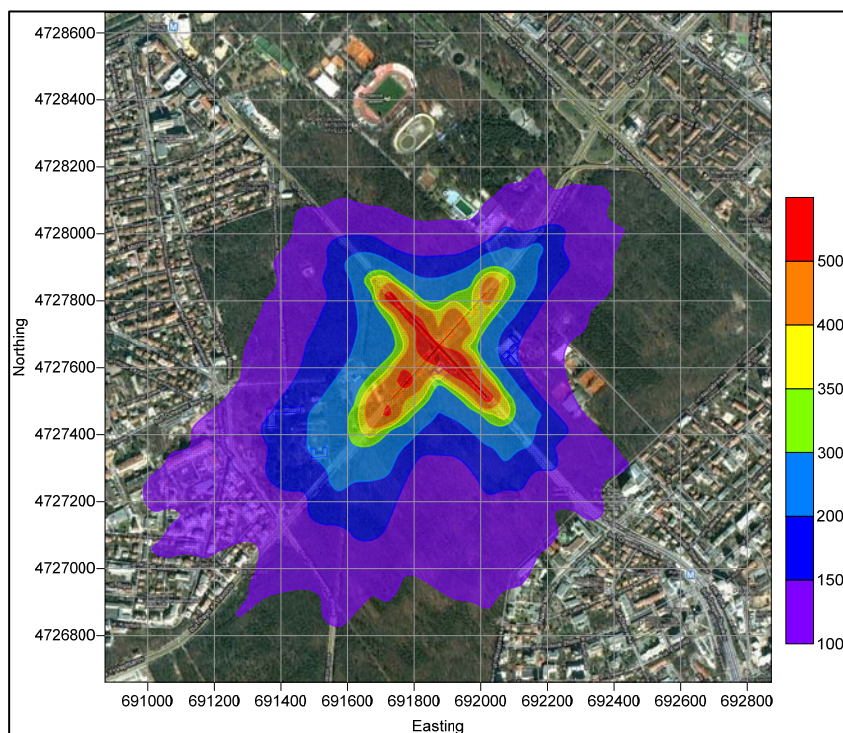
4.4.1 Изграждане на система от кръстовища на две нива

За оценяване на ефекта от предложената реорганизация на трафика е реализирано математично моделиране и компютърно симулиране на замърсяването на въздуха с азотни оксиди за преди и след изграждане на кръстовище на две нива „Д. Цанков“ – „П. К. Яворов“ с използване на

данни от детайлно преброяване за сутрешен пиков час. Математичното моделиране е извършено за два случая: преди и след реализация на проекта, за област с размери $2 \times 2 \text{ km}$ и изчислителна мрежа с 1681 рецептора.

Резултати

На фиг. 4.5 е представено разпределението на максималните стойности на концентрацията на NO_x за период на осредняване 1 час, за обхванатия в изследването деветмесечен период. Лилавият контур на фиг. 4.5 обхваща точките от изследваната област, за които, в определени часове на деветмесечния период, се превишават долният, а в близост до вътрешната му граница - и горният оценъчен праг за NO_x при едночасов период на осредняване. За червения контур, максималните едночасови стойности варират от 500



Фигура 4.5 Разпределение на максималните едночасови концентрации на NO_x , $\mu\text{g}/\text{m}^3$, за периода преди реализация на проекта

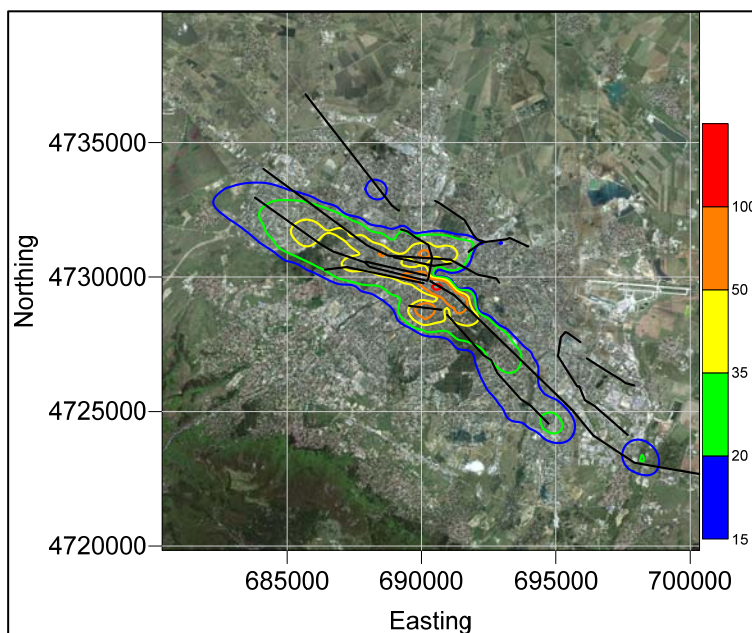
$\mu\text{g}/\text{m}^3$ до глобалния максимум $711.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Стойности на максималната едночасова концентрация, равни или по-големи от долния оценъчен праг от $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ се получават на около 200 m западно от ул. „Златовръх“, на около 580 m

от кръстовището по посока на центъра, около 100 m от бул. „Цариградско шосе“ и в непосредствена близост до парк-хотел „Москва“.

Представеното на фиг. 4.5 разпределение дава информация за максималните получени концентрации на NO_x в различните точки на изследваната област. Тук обаче трябва да се отбележи, че тези максимални стойности се получават в различни моменти от времето, като абсолютният максимум се получава на 05.11.09, 8 часа сутринта и възлиза на $711.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

На фиг. 4.6 е представено разпределението на максималните едночасови стойности на концентрацията на NO_x , след реализацията на проекта, за обхванатия в изследването деветмесечен период. След реализацията на проекта максималните едночасови стойности в района на ул. „Златовръх“ (фиг. 4.7) са значително по-ниски от долния оценъчен праг от $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. На около 550 m от кръстовището по посока на центъра, около 150 m от бул. „Цариградско шосе“ и в непосредствена близост до парк-хотел „Москва“ стойностите на максималните средночасови концентрации са под $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Стойности на максималната средночасова концентрация, равни или по-големи от ПДК ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), се получават върху площ, която е многократно по-малка от съответстващата ѝ на фиг. 4.5.



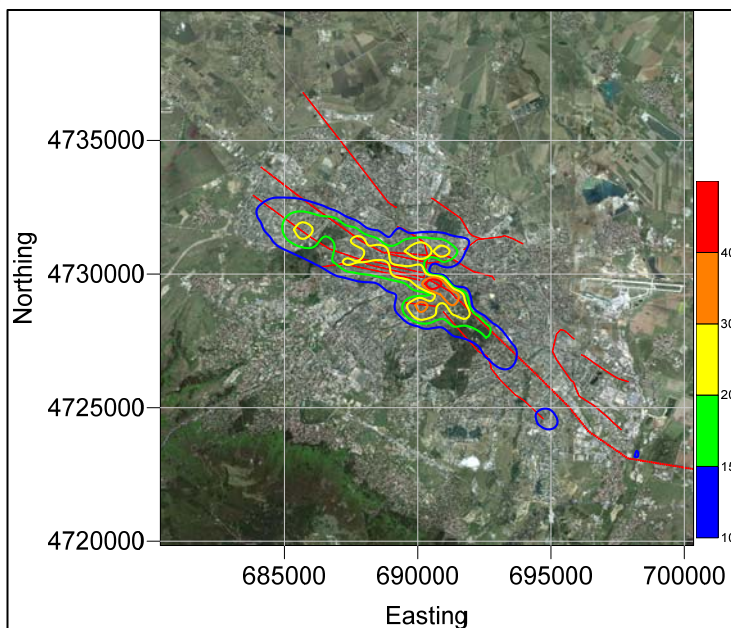
Фигура 4.6. Средночасова концентрация на NO_x , при вятър 110° със скорост 2.1 m/s, преди изграждане на скоростните връзки

до значително намаляване на натовареността на тези булеварди, а от тук и до по-ниски концентрации на азотен диоксид.

За оценка на такъв проект е проведено дисперсионно моделиране с BREEZE AERMOD, като параметрите на изследваната област са същите като и в предишните изследвания за оценка на КАВ в София. Пътните артерии, включени в изследването са представените на фигура 3.10, а именно - Бул. Цариградско шосе, Бул. Царица Йоана, Бул. Сливница, Бул. Мария Луиза, Бул. Данаил Николаев, Бул. Тодор Александров, Бул. Цар Освободител, Бул. Ал. Стамболийски, ул. Пиротска, Бул. Първа Българска армия, ул. Св.Св. Кирил и Методи, Бул. Ломско Шосе, Бул. Патриарх Евтимий, ул. Резбарска, Бул. Цветан Лазаров, Бул. Искърско

4.4.2 Изграждане на скоростни връзки – северна и южна дъга на околновръстен път

От анализът на причините за наднормено замърсяване с азотен диоксид, представен в трета глава на дисертацията, е ясно, че ориентацията на ключови булеварди в София по посока на вятър с висока честота, наред с фактът, че транспортът е с най-висок принос към замърсяването на въздуха с азотен диоксид са основни предпоставки за регистрирането на наднормени стойности на концентрацията му. Ето защо, изграждането на нова северна дъга и завършването на южната дъга на околновръстния път на Столицата до магистрала „Люлин“ би довело



Фигура 4.7. Средночасова концентрация на NO_2 , при вятър 110° със скорост 2.1 m/s, след изграждане на скоростните връзки

Шосе и Бул. Драган Цанков.

Изследването е проведено за две посоки на вятъра - 110° и 295°, при скорост на вятъра 2.1 m/s. Предполага се 50 % намаление на трафика по споменатите булеварди, тъй като се очаква, че преходите Дружба-Надежда-Люлин и обратно, както и преходите Младост-Бъкстон-Овча купел-Люлин и обратно ще бъдат извършвани с предпочитание на споменатите северна и южна дъга.

Резултатите относно приземната концентрация на азотен диоксид, обусловена от автомобилния транспорт за двата периода – преди и след изграждане на скоростните връзки, при вятър 110° са представени на фигура 4.6 и 4.7.

Резултатите от сравнителния анализ за периодите преди и след изграждане на скоростните връзки са резюмирани в таблица табл. 4.8.

Таблица 4.8. Максимални стойности на средночасовата концентрация на NO₂ и площи с концентрация C≥15 µg/m³

	Посока на вятъра 1100		Посока на вятъра 2950	
	Максимална средночасова конц. µg/m ³	Площ с конц. C≥15 µg/m ³ , km ²	Максимална средночасова конц. µg/m ³	Площ с конц. C≥15 µg/m ³ , km ²
Преди	157.3	35.27	189.8	33.77
След	78.6	1185	94.9	8.66

От таблицата се вижда, че максималните стойности на концентрацията на NO₂ се понижават около два пъти, докато засегнатите площи с концентрация C≥15 µg/m³ – около три до четири пъти.

4.5. Изводи

Анализът на получените резултати дават основание да бъдат направени следните изводи:

1. Реализацията на предвидените мерки ще доведе до:
 - 1.1. Значително намаляване на средногодишните стойности на концентрацията на ФПЧ₁₀, и спазване на нормата за **всички пунктове за мониторинг**.
 - 1.2. Значително намаляване на средногодишните стойности на концентрацията на NO₂, и спазване на нормата за **цялата територия на Столична община**.
 - 1.3. Значително, **но недостатъчно** намаляване на 90.4-перцентил за 24-часовите стойности на концентрацията на ФПЧ₁₀, за пунктовете Красно село, Дружба, Надежда, и Гара Яна. За пункт Орлов мост стойността на 90.4-перцентил за 24-часовите стойности на концентрацията на ФПЧ₁₀ е много близо до допустимата граница 50 µg/m³.
 - 1.4. Значително, намаляване на стойностите на 99.8-перцентил за едночасовите стойности на концентрацията на NO₂, и спазване на нормата **във всички пунктове за мониторинг, но не за цялата територия на града**.
2. С по-голям брой от допустимите за една календарна година превишения на 24-часовата концентрация на ФПЧ₁₀ и едночасовата концентрация на NO₂ се характеризират малки по площ области от територията на София. И за двата замърсителя на въздуха тези превишения се дължат на автомобилния транспорт.
3. Важна обективна причини за констатациите по т. 2 са:
 - 3.1. ориентацията на основни пътни артерии, с интензивен трафик, спрямо направлението на преобладаващите ветрове;
 - 3.2. висок процент на часове със скорост на вятъра под 1.5 m/s, температурна инверсия или наличие на мъгла;
 - 3.3. разположението на София в затворено поле, с лоша вентилация.

За по-нататъшно подобряване на КАВ в Столична община и окончателно решаване на проблема, могат да се направят следните препоръки:

- намаляване на задръстванията посредством изграждане на кръстовища с две нива на движение;
- цялостно изграждане на южната дъга на Околовръстното шосе, която да осигури бърза връзка между магистрала „Тракия“, магистрала „Люлин“ и път Е80, за да се отклони напълно транзитният трафик и да се осигури удобна и предпочитана връзка между южните квартали на столицата.
- в по-далечна перспектива – изграждане на нова северна дъга на Околовръстното шосе, **по-близо до сегашните черти на града**, за облекчаване на връзката между северните квартали и да се избегне транзитното преминаване през града от и към северозападна България.

Ефектът от реализацията на последните три мерки е оценен посредством математично моделиране, въз основа на резултатите от което могат да се направят слените изводи:

1. Изграждането кръстовище на две нива бул. „Д. Цанков“ - бул. „П. Яворов“ ще доведе до:
 - Двукратно намаляване на емитираните количества замърсители, въпреки предвиденото 10 % увеличение на преминаващите МПС.
 - Двойно намаляване на концентрациите на замърсителите в жилищните райони и зелените площи около кръстовището.
2. В резултат на изграждането на новите северна и южна дъга на Околовръстен път максималната средночасова стойност на концентрацията на азотни оксиди ще намалее с 50%, а площите, над които средночасовата концентрация на този замърсител е над 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ще намалят 4 пъти

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящият дисертационен труд е посветен на проблема за оценка и управление на качеството на атмосферния въздух в София. Във връзка с това е извършено следното:

1. Направен е анализ на КАВ в София, базиран на мониторингови данни за периода 2005-2009 г.. Резултатите от този анализ показват, че въздухът на София се характеризира с наднормено замърсяване само по отношение на азотен диоксид и фини прагови ФПЧ₁₀.
2. За гореспоменатите два замърсителя е извършен детайлен анализ на данни от съществуващите, на територията на София, пунктове за мониторинг за периода 2007-2010 г. Установени са сериозни превишения на допустимите концентрации и по двата замърсителя, като се наблюдава ясно изразена сезонност на измерените стойности за всички пунктове за мониторинг.
3. Направена е инвентаризация на емисиите на основните замърсители към референтната 2007 година, като са обхванати следните сектори: промишленост; транспорт; битово горене; строителни и ремонтни дейности; земеделие и животновъдство; кариери, депа, хвостохранилища и насипища.
4. С използване на модела AERMOD е реализирано математично моделиране на разпространението на ФПЧ₁₀ и NO₂ за 2007 година, в резултат от което са потвърдени очакваните сериозни превишения на допустимите концентрации, не само в пунктовете за мониторинг, а и за значителни площи на територията на София
5. Направен е анализ на настъпилите обективни изменения за секторите промишленост, транспорт, битово горене и строителни и ремонтни дейности. В резултат на това са дефинирани и съответните изменения в емисиите на NO_x и ФПЧ₁₀.
6. Извършено е математично моделиране на разпространението на ФПЧ₁₀ и NO₂ за 2010 година. Резултатите от него показват, че и за 2010 г. качеството на въздуха по отношение на NO_x и ФПЧ₁₀ е крайно незадоволително. Проведеният анализ показва, че секторите транспорт и битово горене имат основен принос към замърсяването на въздуха и предвижданите от Столична община мерки за подобряване на КАВ следва да бъдат насочени в това направление.
7. Чрез математично моделиране на КАВ са оценени ефектите от предвидените в Програмата на Столична община краткосрочни, средносрочни и дългосрочни (до 2014 г.)

мерки. Получените резултати показват, че по отношение на азотния диоксид, няма да бъдат постигнати изискванията на нормативната уредба и за 2014 година, за която се очакват по-голям от допустимия брой превишения на средночасовата концентрация на NO₂.

8. Направен е задълбочен анализ на причините за наднорменото замърсяване на въздуха в София с NO₂. Установени и доказани са две обективни причини за наднорменото замърсяване на въздуха в София с NO₂:
 - София е разположена между значителни планински масиви, които обуславят лоша вентилация на Софийското поле (голям брой дни с вятър със скорост до 1.5 m/s), т.е. задържане и натрупване на емитираните азотни оксиди над София.
 - Предвид характерната за София роза на вятъра е установено, че много от ключовите пътни артерии са ориентирани по направление, еднакво или близко до това на преобладаващите ветрове. Това води до слабо разсейване на емитираните азотни оксиди и от тук до високи стойности на средночасовата им концентрация, особено в часовете на интензивен трафик.
9. За оценяване на височината на издигане на газови замърсители при отсъствие на вятър е разработен оригинален математичен модел, който отчита влиянието на параметрите на изпускащите устройства и метеорологичната обстановка. Моделът се характеризира с висока точност на предсказване (средна относителна грешка – 5%). Този модел може да бъде интегриран в изчислителните процедури на софтуерните продукти за по-прецизна оценка на КАВ.
10. Предложено е, за решаване на проблема със замърсяването на въздуха с азотни оксиди, да бъде се реорганизира транспортната схема на града както следва:
 - Изграждане на редица кръстовища на две нива в за избягване на характерните за София задръствания.
 - Завършване на строителството на южната дъга на „Околовръстно шосе“.
 - Изграждане на нова северна дъга на „Околовръстно шосе“.
11. Ефектът от горните предложения е доказан въз основа на математично моделиране на разпространението на азотни оксиди преди и след реализацията на съответните проекти

Научни и научно-приложни приноси

1. За оценяване на височината на издигане на газови замърсители при отсъствие на вятър е разработен оригинален математичен модел, който отчита влиянието на параметрите на изпускащите устройства и метеорологичната обстановка. Моделът се характеризира с висока точност на предсказване (средна относителна грешка – 5%). Този модел може да бъде интегриран в изчислителните процедури на софтуерните продукти за по-прецизна оценка на КАВ.
2. Установени и доказани са две обективни причини за наднорменото замърсяване на въздуха в София с NO_2 :
 - София е разположена между значителни планински масиви, които обуславят лоша вентилация на Софийското поле (голям брой дни с вятър със скорост до 1.5 m/s), т.е. задържане и натрупване на емитираните азотни оксиди над София.
 - Предвид характерната за София роза на вятъра е установено, че много от ключовите пътни артерии са ориентирани по направление, еднакво или близко до това на преобладаващите ветрове. Това води до слабо разсейване на емитираните азотни оксиди и от тук до високи стойности на средночасовата им концентрация, особено в часовете на интензивен трафик.
3. Реализирано е математично моделиране на разпространението на ФПЧ_{10} и NO_2 на територията на София за 2007 и 2010 година.
4. Реализирано е прогнозно математично моделиране на разпространението на ФПЧ_{10} и NO_2 на територията на София за с отчитане на краткосрочни, средносрочни и дългосрочни мерки за подобряването на КАВ.
5. Разработките в дисертационния труд са в основаната на Програма КАВ на Столична община

Списък на публикации по дисертацията

1. N. Kozarev, **N. Ilieva**, Gas Pollutant Dispersion in the Atmosphere at Particular Meteorological Conditions, Journal of University of Chemical Technology and metallurgy, v. 46, 1, 2011, p. 61-66
2. N. Kozarev, **N. Ilieva**, Plume rise in particular meteorological conditions, Journal of University of Chemical Technology and metallurgy, v. 46, 3, 2011, 305-308
3. Kozarev N., S. Stoyanov, **N. Ilieva**, Air Pollution in Port Areas, Proceedings EMPA – BUL/017/02, Sofia, 2004, 175-184.

Научни конференции, на които са докладвани резултати, свързани с дисертационния труд

1. **Н. Илиева**, К. Камбурова, Н. Козарев, Д. Асенов, Оценка на приложимостта на компютърен пакет TRAFFIC ORACLE за количествено определяне на емисиите от автомобилен транспорт, III-та НАУЧНА ПОСТЕРНА СЕСИЯ, ХТМУ, 2006
2. **Н. Илиева**, Козарев Н., Йорданова С., Оценка на замърсяването на въздуха от автомобилния транспорт, Научна конференция с международно участие „60 години Неорганична химия“, ХТМУ, София, Ноември 2005.