

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
УНИВЕРСИТЕТ „ПРОФ. Д-Р АСЕН ЗЛАТАРОВ” - БУРГАС

инж. Димитринка Славова Иванова

ИЗСЛЕДВАНЕ ЗАМЪРСЯВАНЕТО С ПЪТЕН НАНОС ПО
ОСНОВНИ И ВТОРОСТЕПЕННИ ТРАНСПОРТНИ
АРТЕРИИ В ГРАД БУРГАС

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертационен труд, представен за присъждане на образователна и научна степен “Доктор” по научна специалност: „Екология и опазване на околната среда”, Професионално направление: 4.2. Химически науки

Научни ръководители
Доц. д-р Александър Димитров
Доц. д-р Йорданка Ташева

Бургас, 2022 год.

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
УНИВЕРСИТЕТ „ПРОФ. Д-Р АСЕН ЗЛАТАРОВ” - БУРГАС

инж. Димитринка Славова Иванова

ИЗСЛЕДВАНЕ ЗАМЪРСЯВАНЕТО С ПЪТЕН НАНОС ПО
ОСНОВНИ И ВТОРОСТЕПЕННИ ТРАНСПОРТНИ
АРТЕРИИ В ГРАД БУРГАС

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертационен труд, представен за присъждане на образователна и научна степен “Доктор” по научна специалност: „Екология и опазване на околната среда”, Професионално направление: 4.2. Химически науки

Научни ръководители
Доц. д-р Александър Димитров
Доц. д-р Йорданка Ташева

Бургас, 2022 год.

Дисертационният труд е обсъден на разширен катедрен съвет при катедра „Екология и опазване на околната среда“, Университет „Проф. д-р Асен Златаров” – гр. Бургас, на заседание, състояло се на 6.07.2022 г. и е насочен за разкриване на процедура за защита пред жури, определено със заповед на Ректора на Университет „Проф. д-р Асен Златаров”.

Дисертационният труд съдържа 127 страници, 17 таблици и 32 фигури. В библиографията са включени 121 заглавия.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на2022 г.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в катедра “Екология и опазване на околната среда”

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ

АИС - Автоматична измервателна станция
ГВС - Гориво-въздушна смес
ГМТ - Горна мъртва точка
ДВГ - Двигател с вътрешно горене
ДМТ - Долна мъртва точка
ЕБУ - Електронен блок за управление
ЕС - Европейски съюз
ЕФ - Емисионен фактор
ЗЧАВ - Закон за чистотата на атмосферния въздух
ИС - Изпускателна система
КАВ - Качество на атмосферния въздух
КДН - Коефициент на дневно натоварване
КМН - Коефициент на месечно натоварване
КСН - Коефициент на сезонно натоварване
КЧН - Коефициент на часово натоварване
МВР - Министерство на вътрешните работи
МДК - Максимално допустима концентрация
МПС - Моторни превозни средства
НСИ - Национален статистически институт
ОГ - Отработени газове
ПК - Предохранителна концентрация
ПЧ – Прахови частици
РЗИ - Регионална здравна инспекция
РИОСВ - Регионална инспекция по околна среда и води
РОУКАВ - Район за оценка и управление на качеството на атмосферния въздух
СН - Въглеродороди
ФПЧ – Фини прахови частици
ICP-MS - Масспектрометър с индуктивно свързана плазма

ВЪВЕДЕНИЕ

С всяка измината година проблемът за замърсяването на въздуха и опазването на неговата чистота става все по-актуален. В миналото димящите комини на заводите и интензивността на автомобилното движение се считаха за сигурен белег на стопански напредък, днес обаче те се превръщат в основен проблем за нашето съществуване. В началото на XXI век пред човечеството стои проблема как да се защити от себе си. Несъмнено, днес един от основните съвременни глобални проблеми е замърсяването на въздуха в големите градове. В съчетание с глобалното затопляне и промените в климата този проблем е причина за приемането на редица международни нормативни актове, отнасящи се до емисиите на основни замърсители във въздуха [5].

През последните години с урбанизирането на населените места, все повече нараства ролята на автотранспорта, като най-динамично развиващ се източник на емисии в световен и регионален мащаб. Практически всички видове транспорт са източници на замърсяване на атмосферата, но автомобилния транспорт заема челна позиция. Всеки автомобил отделя неоглямо количество замърсители, които бързо се разсейват в атмосферата и не предизвикват неблагоприятни последици. При значително съсредоточаване на автомобилните средства обаче възниква общо замърсяване на въздуха, като вредните емисии се изхвърлят и разпространяват в приземния слой на равнището на активното му използване от човека. Вредното въздействие на емисиите се свежда най-общо до влошаване качеството на атмосферният въздух, намаляване видимостта на атмосферата, микроклиматични промени, замърсяване на почвата, влошаване състоянието на растителността и опасност за здравето на населението.

Автотранспортът представлява непрекъснато, целогодишно действащ източник на прахови частици, които са основен атмосферен замърсител на въздуха. Те са резултат от прякото изхвърляне на моторните превозни средства и суспендирането на разпрашена материя по пътното платно. При определяне на емисиите на суспендирани прахови частици от моторните превозни средства се прилага Европейски подход на Европейската агенция по опазване на околната

среда и Американски подход на Американската агенция по опазване на околната среда. В предвид непостояното поддържане на транспортната мрежа в Р. България, по-подходящ е Американския подход. В основата на този подход участва наличието на пътен нанос по пътните платна. До момента у нас липсват литературни проучвания и експериментални изследвания за състоянието на повърхностния нанос. В тази връзка настоящият дисертационен труд е изключително актуален и навременен както за Бургас, така и за всички големи населени места в страната.

Цел на настоящата дисертационна работа е изследване и оценка на пътния нанос от транспортната схема на град Бургас, с отчитане влиянието на различни фактори.

Основни задачи на настоящият дисертационен труд са:

- Набиране на представителен обем данни за характеризирание на транспортната схема в град Бургас;
- Набиране на представителен обем данни за интензивността на моторните превозни средства на територията на град Бургас;
- Въвеждане в действие на методика за пробонабиране и анализ на пътен нанос по асфалтирани пътни настилки на Американската агенция по опазване на околната среда;
- Пробонабиране на пътен нанос по основни и второстепенни транспортни артерии на град Бургас;
- Определяне гранулометричен състав на пробите пътен нанос;
- Изследване съдържанието на тежки метали в пътния нанос.

Глава 1. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

Тенденцията е замърсяването от моторните превозни средства да нараства все повече както в световен, така и в регионален мащаб, поради увеличаването на техния брой. По официална информация от Община Бургас - Дирекция МПДТ, регистрираните МПС са както следва: за 2017 - 117 011 бр.; за 2018 - 119 852 бр.; за 2019 - 121 287 бр.

Данните показват нарастване на броя на регистрираните автомобили на територията на Община Бургас. Особено голям процент от регистрираните МПС (76%) се пада на леките автомобили, които в най-голяма степен влияят за повишаване на транспортния трафик [11, 122].

България има стратегическо географско положение в Европа. През страната преминават пет трансевропейски коридори, който са свързващото звено между производството и потреблението на материалните блага, които се произвеждат или добиват в световната и национална икономика. Автомобилният транспорт е основен вид в страната, който обслужва голям дял от вътрешните и международни товаропотоци. От него зависи развитието на всички други отрасли. Чрез него се осъществява икономическата и социална дейност [5].

Точното определяне на замърсяването от автомобилният транспорт в рамките на населените места е изключително трудно поради това, че силно се влияе както от метеорологичните условия, така и от променливата интензивност на трафика, вида на горивата, състоянието на използвания автомобилен парк и много други фактори.

1.1. Методи за определяне замърсяването от моторни превозни средства (подвижни източници)

1.1.1. Метод на непрекъснатия мониторинг

Даването на обективна информация за пространствено-времевите изменения на замърсителите на околната среда по определени показатели, може да се реши само върху основата на система от контролни пунктове за наблюдение, така наречените пунктове за мониторинг (под пункт или станция за мониторинг се разбира мястото, в което чрез измерване се установяват нивата на определените замърсители в дадена среда). Условието при избор и брой на местата на

пунктовете се извършва въз основа на данни за топографските особености на местността и метеорологичните условия, трафика на моторни превозни средства и нивата на замърсителите.

Националната система за мониторинг на околната среда извършва оценка на качеството на атмосферния въздух върху територията на страната, разделена на 6 Района за оценка и управление на качеството на атмосферния въздух (РОУКАВ), утвърдени със Заповед № 969/21.12.2013 г. на министъра на околната среда и водите.

Дейността на Националната система за мониторинг на КАВ се регламентира със Заповед на Министъра на околната среда и водите №РД 489/26.06.2019 г., в т.ч. брой, вид на пунктовете, контролирани атмосферни замърсители, методи и средства за измерване [68].

Контролът за качеството на атмосферния въздух в град Бургас към 01.01.2020 г. се осъществява от пет станции за мониторинг: АИС „Долно Езеро“, АИС „Меден Рудник“, ДОАС-РИОСВ (диференциална оптична автоматична система), АИС „Славейков“, Мобилна станция за контрол качеството на въздуха на Община Бургас

В Община Бургас са доставени и монтирани 2 броя нови автоматични измервателни станции (АИС) за ФПЧ₁₀ и ФПЧ_{2,5}. Станциите са ситуирани в двора на ПГЕЕ “К. Фотинов“ в ЦГЧ и подблоковото пространство на бл. 73-75 в к-с „Лазур“. В момента се разработва софтуера за надграждане на Информационната система за предоставяне на информация в реално време за измерените концентрации на замърсителите [23, 69].

1.1.2. Емисионни фактори и математическо моделиране.

На практика много малка част от измервателните станции са транспортно ориентирани, освен това конкретните нива на замърсяване от моторните превозни средства в близост до транспортните артерии не могат да бъдат определени експериментално, тъй като аналитичните прибори отчитат общото ниво на замърсяване, в това число и замърсяването от моторните превозни средства. Определянето на чистия дял на замърсяването от моторните превозни средства практически може да се осъществи по пътя на математическото

моделиране с последващ анализ на данните от постоянно действащите станции за мониторинг.

За изчисляване на емисиите необходими за моделирането, могат да се използват различни методи. Във всички случаи, обаче емисията се определя базирайки се на твърди факти и предположения. Следователно, за намиране на метод, по който трябва да се даде оценка за работоспособността на модела е определящо да се използват по възможност повече твърди факти и да се намали броя на допусканията.

Емисиите на отделните категории превозни средства се оценяват на базата на емисионни фактори които отразяват корелацията на количеството емисии на съответния замърсител. При определяне на емисиите от транспорта се прилагат два подхода: Европейски и Американски. Европейският подход за определяне емисии на прахови частици залага на емисиите от износване на гумите, пътната настилка и спирачките, като се приема, че за условията на Европа 95% от емисиите се дължат на износване на пътната настилка и 5% на износване на гумите и спирачките [46]. Докато Американският подход, включва в изчисляването на емисиите за фини прахови частици и пътният нанос, отложен върху пътната настилка [35]. В България се наблюдава наличие на видим суспендиран прах по пътните платна от транспортната схема на големите градове, което дава основание да се предполага, че за нас Американския подход ще е по-подходящ за изчисляване на емисиите от прахови частици от моторните превозни средства.

1.1.3. Изчисляване на емисионни фактори на прах по Американската методика

Тази част от разпръснатите частици по пътната настилка, която може да бъде събрана чрез измитане или изсмукване се нарича общо прахово натоварване. При отсъствие на непрекъснато допълване с частици, повърхностното натоварване на пътя би трябвало да достигне равновесни стойности в които количеството на утаените частици се изравнява с количеството на новопостъпилите.

Американската методика за изчисляване на емисионни фактори (E_f) на прах се базира на следното уравнение:

$$E_f = k (sL)^{0.91} * (W)^{1.02}, \text{ g/km}$$

където:

sL - пътен нанос, (g/m²);

k - коефициент, зависещ от аеродинамичния размер на частиците;

W - средна маса на моторните превозни средства, които пътуват по пътя, (t).

Пътният нанос представлява, несвързани помежду си твърди частици (най-често почва, пясък и др.) с аеродинамичен диаметър равен или по-малък от 75 μm.

Равновесната му стойност, обозначена като sL, зависи от много фактори, най-важните от които са: средна скорост на МПС; средно дневен трафик; брой пътни платна; средно дневен трафик на платно; делът на тежкотоварните превозни средства; наличие или отсъствие на бордюри, канавки и платна за паркиране.

В случаите, когато не могат да бъдат определени стойности за sL, Американската агенция по опазване на околната среда предлага препоръчителни такива, представени в табл. 1. Ниските стойности за sL от таблицата предполагат отлично състояние на асфалтовата настилка, което за условията на България не е характерно. Ето защо, цел на тази работа е да се направи измерване на пътния нанос при нашите условия, за да се определи какво е състоянието му по транспортните схеми в големите градове.

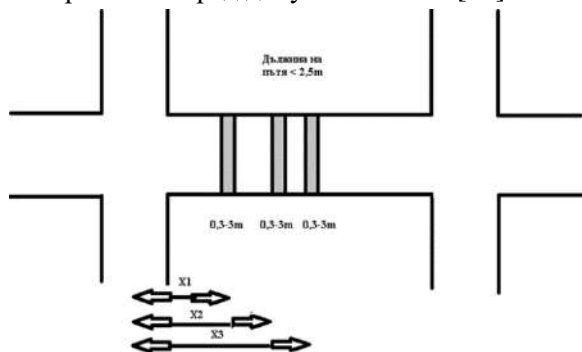
Таблица 1. Пътен нанос sL по пътната настилка, (g/m²)

Средно дневен трафик	< 500	500÷5000	5000÷10000	> 10000
Основно ниво, g/m ²	0,6	0,2	0,06	0,03÷0,015

1.2. Метод за пробонабиране на пътен нанос

Събирането на проба от пътната настилка е предшествано от маркиране на изследвания участък от пътя, а вземането на пробата от маркирания участък става с преносима прахосмукачка от осева до осева линия. (Ако на повърхността на пътната настилка се намира много насипен материал може да се използва освен прахосмукачка и метална метла.) За пътните сегменти, който са с дължина до 1 km са взети по две проби с различна ширина на маркирания участък, в зависимост от замърсяването на пътната настилка при извършване на

пробонабирането. За пътен сегмент с дължина над 1 km, но под 2,4 km са взети три проби на три произволни разстояния както е показано на фиг. 1. Широчината на маркирания участък за видимо замърсен път е до 0,3 m, а за чист път до 3 m. Минималната необходима проба за анализ е 400 g. Процедурите за събиране и анализ на пробите от пътната настилка са извършени според документ AP-42 [35].



Фиг. 1. Схема за вземане на проби по пътната настилка

1.3. Ситов анализ

За да се определи гранулометричния състав на взетите проби от пътната настилка (общото прахово натоварване) и съдържанието на пътен нанос в пробите сме използвали ситов анализ. Използваната апаратура е представена на снимка 1.

За целта при механичното сухо пресяване на изследваните проби са използвани набор от сита с размери 10 mm, 2 mm, 1 mm, 850 μm , 500 μm , 150 μm , 106 μm , 75 μm .



Снимка 1. Вибрационна машина CISA VA200N със сита.

1.4. Лазерен дифракционен анализ

За да се определи гранулометричния състав на пътния нанос сме използвали *лазерен дифракционен анализ*.

Използваната апаратура е представена на снимка 2.



Снимка 2. Апарат за лазерен дифракционен анализ Analysette 22.

1.5. Лабораторен анализ с ICP-MS СПЕКТРОМЕТЪР

За да се определи съдържанието на тежки метали в пътен нанос сме използвали спектрометърът ICP-MS, представен на снимка 3. Той осигурява разлагане, атомизиране и йонизиране на водни разтвори, в който се разделят и в последствие регистрират йони на база отношението маса/заряд. ICP-MS включва устройство за пробовъвеждане, интерфейс, йонна оптика и мас анализатор.



Снимка 3. Индуктивно свързана плазма със спектрометър ICP-MS

Глава 2. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

2.1. Изследвана територия

Град Бургас е четвъртия по големина в България и има 198035 жители по статистически данни към 31.12.2021 г. [123]. Той е разположен в Бургаската низина, на брега на Черно море, край едноименния залив. Теренът е равнинен, със слаб наклон от северозапад и югозапад, гравитиращ на изток към Бургаския залив и свързаните с него три езера: Бургаско, Мандренско и Атанасовско. Максималната денivelация спрямо морското равнище е 209 m. Бургас е един от индустриалните центрове на България.

Град Бургас има типичната за българските градове структура и наземна планировка – централна градска част и жилищна зона. В централната градска част са разположени основните административни и обществени учреждения, културни институции и търговски обекти. А жилищните зони, с райони за отдих, са предимно панелни комплекси разположени около централната част на града. Важна роля, за връзката с тях играе транспорта. Наличието на морско пристанище, международно летище и пътни и товарна ЖП гара прави гр. Бургас основен транспортен възел за Югоизточна България. През града преминава цялото транзитно движение към курортите и селищата от Южното Черноморие.

Както в повечето големи градове в България, така и в Бургас се оказва, че автомобилния транспорт дава най-добра възможност за свободно движение на отделния индивид, което води до бързо увеличаване на автомобилния парк и степента на неговата концентрация. Това от своя страна е особено тревожно, тъй като се увеличава и замърсяването на въздуха. Автомобилния трафик става един от основните източници за градското атмосферно замърсяване.

Представителни данни за емисиите на вредни вещества в атмосферния въздух от битово отопление, транспорт и промишленост в Община Бургас, показват, че дялът на транспорта при формиране на емисии на FPCH_{10} е 25,2% [23].

2.1.1. Електронна транспортна карта на град Бургас

За първи път е разработена електронна карта на транспортната схема на гр. Бургас с ISC3 – View (Industrial Source Complex). Това е модел на Американската агенция за опазване на околната среда (EPA) с интерфейс на канадската софтуерна фирма Lakes Environmental за работа в операционна система Windows [8, 17, 121]. Картата включва цялата територия на града, в това число ж.к. ”Славейков”, ”Изгрев”, ”Зорница”, ”Лазур”, ”Възраждане”, ”Братя Миладинови”, ”Меден Рудник”, кв. ”Акациите” и ”Победа” и централна градска част (ЦГЧ). Обхващат се всички входно-изходни артерии, най-натоварени транспортни улици и булеварди, кръстовища и паркинги с изключение на три квартала, отдалечени от централната част на повече от 15 km. Цветна илюстрация на тази карта е представена на фиг. 2.

За основа на електронната карта е използвана официалната карта на град Бургас в мащаб 1:7500 [9]. Транспортната карта обхваща територия с площ 78,78 km² (7,8 km в направление запад-изток и 10,1 km в направление север-юг). На нея с червен цвят са означени основните, а със син цвят второстепенните артерии. Изследвани са 85 пътни артерии от транспортната схема на град Бургас. Всяка (от тях) представлява линеен източник на емисии със специфични характеристики като дължина, широчина и интензивност на движението. Общата дължина на линейните източници е 73,89 km. Най-често, отделният линеен източник представлява част от улица, ограничена от кръстовища с интензивно движение.

Всеки линеен източник се въвежда съответно върху електронната карта чрез своите координати (начални, крайни и координати на точките, в които линейният източник се прегъва). Началото на използваната координатна система е най-югозападната точка на картата (координати 0,0). Най-североизточната точка на картата е с координати 7800,10100. Всички разстояния са представени в метри.

Наименованието и дължината на всички линейни източници са представени в табл. 2. В последната колона са посочени ограниченията за начало и край на всеки от източниците. Представената транспортна

схема обхваща напълно движението на обществения транспорт и основната част от автомобилния поток в гр. Бургас.



Фиг. 2. Електронна транспортна карта на град Бургас

Таблица 2. Изследвани линейни източници от транспортната схема на Бургас.

№	№ на линеен източник	Наименование на източник	Забележка
1	2	3	4
1	1	ул. Транспортна	бул. Проф.Я.Якимов-изход Варна/Бургас
2	2	изход Бургас-София	гр. София-гр. Бургас
3	3	изход Бургас-Варна	гр. Варна-гр. Бургас
4	4	бул. Д. Димов-1	изход Бургас/Варна-бул. Н.Петков
5	5	бул. С. Стамболов-1	бул. Проф.Я.Якимов-колело Ремиза
6	6	бул. Н. Петков	бул. Д.Димов-колело Ремиза
7	7	бул. Проф. Я. Якимов-1	бул. С.Стамболов-ул. Я.Комитов
8	8	изход Бургас-Лукойл Нефтохим АД	Лукойл Нефтохим АД-гр. Бургас
9	9	ул. Одрин-1	пл. Трапезица-бул. Проф. Я.Якимов
10	10	бул. Струга	пл. Трапезица-бул. С.Стамболов
11	11	бул. С. Стамболов-2	колело Ремиза-бул. Струга
12	12	бул. С. Стамболов-3	бул. Струга-бул. Демокрация
13	13	бул. С. Стамболов-4	бул. Демокрация-ул. Сан Стефано
14	14	ул. Сан Стефано-1	ул. Одрин-бул. С.Стамболов
15	15	ул. Одрин-2	пл. Трапезица-ул. Сан Стефано
16	16	бул. Демокрация -1	бул. С.Стамболов-ул. Сан Стефано
17	17	ул. Сан Стефано-2	бул. С.Стамболов-бул. Демокрация
18	18	бул. Демокрация -2	ул. Сан Стефано-бул. Д.Димов
19	19	бул. Д. Димов-2	бул. Н.Петков-бул. Демокрация
20	20	бул. Демокрация, Булаир	бул. Д.Димов-бул. Хр.Ботев
21	21	бул. Хр. Ботев	ул. Сан Стефано-бул. Булаир, Демокрация
22	22	бул. И. Вазов	бул. Кн.Мария Луиза-бул. Хр.Ботев
23	23	бул. Кн. Мария Луиза	бул. И.Вазов-ул. Сан Стефано
24	24	ул. Сан Стефано-3	бул. Кн. Мария Луиза-бул. Хр.Ботев
25	25	бул. Г. Иванов-1	пл.Трапезица (моста над източник №23)-ул. Спортна
26	26	ул. Спортна	ул. Индустриална-ул. Г.Иванов
27	27	ул. Индустриална-1	бул. Кн.Мария Луиза-ул. Спортна
28	28	ул. Индустриална-2	ул. Спортна-ул. Чатаджа
29	29	ул. Г. Иванов-2	ул. Спортна-изход Бургас/Созопол
30	30	изход Бургас-Созопол	гр. Бургас-гр. Созопол

Таблица 2. ПРОДЪЛЖЕНИЕ

1	2	3	4
31	31	ул. Т. Грудов-1	изход Бургас/Созопол-ул. Въстаническа
32	32	ул. Т. Грудов-2	между двата края на ул. Въстаническа
33	33	ул. Въстаническа-1	източник №33б - източник №33в
34	34	изход Бургас-Средец	гр. Бургас-гр. Средец
35	35		бул. Д.Димов-бул. Демокрация
36	36		бул. Н.Петков- ул. Транспортна
37	37		източник №36 - източник №46
38	38	ул. Я. Комитов-1	бул. Проф.Я.Якимов-бул. С.Стамболов
39	39		бул. Никола Петков-бул. Димитър Димов
40	40	ул. К. Величков	бул. Д.Димов-бул. Демокрация
41	41	изход Бургас-Равнец	гр. Бургас-гр. Равнец
42	42	ул. Миньорска	ул. Т.Грудов-бл.161 (Бургаски медни мини)
43	43	ул. Мургаш	ул. Миньорска-ул. Септемврийци
44	44	ул. Септемврийци	ул. Мургаш-ул. Т.Грудов
45	45	ул. Събирателна	ул. Я.Комитов-бул. С.Стамболов
46	46	ул. Чешмите	ул. Транспортна-бул. Н.Петков
47	47		ул. Въстаническа (бл.415а)-(бл.446)
48	48		бул. Проф.Я.Якимов-ул. Събирателна
49	49	ул. Д.Караминдов	ул. Струга-бул. С.Стамболов
50	50	ул. Дунав	бул. С.Стамболов-бул. Демокрация
51	51		бул. С.Стамболов-бул. Д.Димов
52	52	ул. Копривщица	бул. Демокрация-бул. Д.Димов
53	53	бул. С. Стамболов-5	ул. Сан Стефано-ул. Цар Самуил
54	54	ул. Цар Симеон I-1	ул. Цар Самуил-ул. Ген.Гурко
55	55	бул. С. Стамболов-6	ул. Цар Самуил-ул. Левски
56	56	ул. В. Левски	ул. Сан Стефано-бул. Хр.Ботев
57	57	ул. Ген. Гурко	ул. Цар Симеон I-бул. Демокрация
58	58	ул. Цар Симеон I-2	ул. Ген.Гурко-бул. Демокрация, Булаир
59	59	ул. Славянска	ул. Левски-бул. Демокрация, Булаир
60	60	ул. У. Гладстон	ул. Сан Стефано-бул. И.Вазов
61	61	ул. Сливница	бул. Кн. Мария Луиза-бул. Хр.Ботев

Таблица 2. ПРОДЪЛЖЕНИЕ

1	2	3	4
62	62	ул. Цар Калоян-1	ул. Сливница-бул. И.Вазов
63	63		бул. Г.Иванов-ул. Сан Стефано
64	64	ул. Левски-2	бул. Кн. Мария Луиза-бул. Хр.Ботев
65	65	ул. Св.Св. Кирил и Методий	ул. Славянска-бул. Демокрация
66	66	ул. Г. Минков	ул. Събирателна-бул. С.Стамболов
67	67	ул. Я. Попов-1	ул. Л.Маджаров-бл.4
68	68	ул. Я. Попов-2	ул. Я.Попов-1-ул. Я.Комитов
69	69		от източник №48-до бл.64
70	70		от източник №69-ул.Проф.Я.Якимов
71	71		от източник №70-ул. Я.Комитов
72	72	ул. Константин Фотинов	бул. Булаир-ул. Славянска
73	73	ул. Фердинандова-1	бул. Хр.Ботев-ул. У.Гладстон
74	74	ул. Фердинандова-2	ул. У.Гладстон-ул. Цар Калоян
75	75		източник №7-източник №32
76	76		източник №75-магазин "Резвая"
77	77	ул. Тракиец	магазин "Резвая"-източник №33с
78	78		източник №47-източник №33d, бл.427
79	7а	бул. Проф.Я.Якимов-2	ул. Я.Комитов-ул. Одрин
80	33а	ул. Въстаническа-2	ул. Т.Грудов-източник №47(бл.415а)
81	33б	ул. Въстаническа-3	ул. Въстаническа(бл.446)-(бл.469)
82	33с	ул. Въстаническа-4	ул. Т.Грудов-бл.101(В)
83	33d	ул. Въстаническа-5	източник №33а-източник №33б
84	28а	ул. Чаталджа	ул. Индустриално-изход Бургас/Созопол
85	38а	ул. Л.Маджаров	ул. Я.Комитов-бул. С.Стамболов

2.1.2. Интензивност на автомобилния поток по основни и второстепенни транспортни артерии в град Бургас

2.1.2.1. Интензивност на движението през базов период

За да се води борба със суспендирането на прах от пътните платна, трябва да се познават добре освен механизмите за суспендиране и факторите, които определят неговата интензивност. От първостепенно значение е интензивността на автомобилния поток.

Вторичното замърсяване с прахови частици от моторните превозни средства става с предаването на кинетичната енергия от въртящите се автомобилни гуми на частиците върху пътното платно и завихрянето на вече придобилите енергия частици в аеродинамичния поток на движещия се автомобил. Имайки предвид интензивното движение в населените места, тази картина се усложнява.

Към настоящия момент в нашата страна се провеждат измервания за интензивността на моторните превозни средства само на входните магистрали и при реконструкция на пътни артерии, при поставяне на светофарни уредби или отчитане на шумовото замърсяване. Системни измервания на интензивността не се извършват, което е недостатъчно за установяване на реалния трафик. Ето защо, всички изследвания за замърсяване на атмосферния въздух трябва да се предхождат от преки измервания на автомобилния поток.

За продължителни периоди от време е необходимо да се знае интензивността на движение по всички транспортни артерии за всеки час от изследвания период. Ако този период е една календарна година, броя на абсолютните стойности на трафика за една улица нараства до 8760. Невъзможността да се провеждат измервания в такива мащаби налага чрез значително по-малко измервания, да се състави почасова картина за изменение на трафика за изследван период.

С цел да се получи информация за изменението на интензивността на движение през цялата година са проведени денонощни измервания през 2001 г. на три възлови пункта в Бургас, които са определящи за цялата транспортна схема: източници №11, №13 и №14. Преброяваните МПС са класирани в три категории: леки моторни превозни средства, товарни моторни превозни средства (в това число лекотоварни и тежкотоварни) и автобуси, като мотоциклетите са изключени от преброяването. Резултатите от тези измервания регистрират два пика, в интервала 6÷8 h и 16÷18 h, като върховото натоварване на транспортната мрежа е в часовия интервал 16÷18 h. В периода 8÷16 h движението остава силно интензивно, но не се достигат пиковите стойности. И в трите изследвани линейни източника е регистрирано слабо интензивно движение в интервала от 0÷6 h и 23÷24 h.

Преките измервания на интензивността на движение по всеки линеен източник са осъществени само за часовия интервал 16÷18 h в периода 1999÷2002 г. Абсолютните стойности на трафика за всеки източник от изследваните 85 улици са представени в табл. 3. Освен собствени измервания през този период на проучване, са използвани и официални данни за трафика по входно-изходните артерии на града от Областно пътно управление Бургас и официални данни на РЗИ Бургас за натоварени артерии, свързани с определяне на шумовите нива.

Таблица 3. Обобщени данни за трафика на моторни превозни средства по изследваните транспортни артерии в град Бургас

№	№ на линеен източник	MV/h	Дължина, km	№	№ на линеен източник	MV/h	Дължина, km
1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	549	1,535	38	38	619	1,73
2	2	762	1,34	39	39	352	0,345
3	3	1311	0,66	40	40	267	0,595
4	4	512	0,835	41	41	163	2,34
5	5	1766	1,35	42	42	99	0,78
6	6	1106	0,955	43	43	9	0,57
7	7	1458	1,28	44	44	13	0,55
8	8	661	2,95	45	45	426	0,95
9	9	655	2,515	46	46	159	1,245
10	10	1607	0,9	47	47	581	0,91
11	11	3565	0,6	48	48	236	0,62
12	12	2310	0,25	49	49	188	0,555
13	13	1331	1	50	50	509	0,23
14	14	1433	0,25	51	51	292	0,64
15	15	1208	0,525	52	52	345	0,58
16	16	1110	1,08	53	53	1116	0,11
17	17	998	0,39	54	54	544	0,51
18	18	1127	0,755	55	55	462	0,37
19	19	657	3,17	56	56	416	0,25
20	20	1205	1,4	57	57	327	0,4
21	21	1609	1,29	58	58	306	0,78

Таблица 3. ПРОДЪЛЖЕНИЕ

1	2	3	4	1	2	3	4
22	22	1424	0,925	59	59	277	1,01
23	23	569	1,03	60	60	438	1,28
24	24	628	0,81	61	61	470	0,79
25	25	2107	1,625	62	62	148	0,475
26	26	655	0,51	63	63	134	0,18
27	27	1177	0,57	64	64	63	0,475
28	28	1551	1,43	65	65	386	0,53
29	29	1561	2,575	66	66	577	0,773
30	30	665	1,9	67	67	350	0,272
31	31	1526	1,56	68	68	260	0,345
32	32	1400	1,69	69	69	295	0,19
33	33	398	0,49	70	70	145	0,5
34	34	321	0,66	71	71	88	0,38
35	35	249	0,21	72	72	314	0,378
36	36	220	1,07	73	73	120	0,277
37	37	190	0,47	74	74	240	0,22
75	75	115	0,663	81	33b	573	0,73
76	76	105	0,732	82	33c	517	1,395
77	77	165	0,764	83	33d	369	1,18
78	78	128	0,324	84	28a	1488	1,05
79	7a	862	0,61	85	38a	958	0,56
80	33a	1007	0,2	-	-	-	-

Промени в интензивността на автомобилния трафик през годината

На базата на преките измервания е определено относителното изменение на денонощния трафик по часове, при което стойност единица се присвоява на часа от денонощието, за който е установена най-висока стойност [17]. Получените 24 числа, едно от които е единица, а всички останали са по-малки от единица, се обозначават като коефициент на часово натоварване (КЧН). Изменението на денонощния трафик чрез коефициента на часово натоварване (КЧН) е показан на фиг. 3. От нея ясно се виждат два върхови интервала – от 16 до 18 часа (КЧН 1) и от 6 до 8 часа (КЧН $0,92 \div 0,94$). Интензивността на движение остава висока през целия временен интервал от 6 до 20 часа, като разликите в КЧН не надвишават 30%. След 20 часа интензивността

бързо пада и през временния интервал 0÷4 часа остава незначителна (КЧН 0,017÷0,09). От фиг. 3 още се вижда, че разликите в интензивността, получена само от един източник и чрез осредняване на данните за всички източници е незначителна и може да се пренебрегне.

Чрез преки измервания на интензивността на движение за едни и същи източници за часовия интервал от 16÷18 часа и от 0÷24 часа за всеки ден от седмицата и преобразуване на данните в относителни единици е получен коефициента на дневно натоварване (КДН), който показва какви са относителните изменения на трафика за всеки ден от седмицата. От фиг. 4 ясно се вижда, че в делнични дни се задържа постоянно ниво на трафика, като отклоненията за дните от понеделник до петък са в границите на 1÷2%. През почивните дни върховото натоварване спада с около 19% при общ спад на денонощния трафик до 17%. КДН за дните от понеделник до петък е приет 1, а за почивните дни КДН е приет за 0,82.

За отчитане на промените в интензивността на движението през различните периоди на годината е въведен коефициент на сезонно натоварване (КСН) - фиг. 5. Те са определени чрез преки измервания на върховия трафик през месеците февруари (зима), май (пролет), август (лято) и ноември (есен). От фиг. 5 се вижда, че максималното изменение на интензивността на трафика по сезони не надвишава 30%. Натоварването през пролетния и есенния сезон се запазва постоянно и представлява около 77% от върховото лятно натоварване.

Въвеждането на трите безразмерни коефициенти на натоварване позволява изчисляването на трафика на МПС за всеки час от годината и за всеки източник, чрез формулата:

$$T_i = \text{МПС}_i \cdot \text{КСН}_j \cdot \text{КДН}_k \cdot \text{КЧН}_l$$

където:

$i = 1 \div n$ – пореден номер на източника,

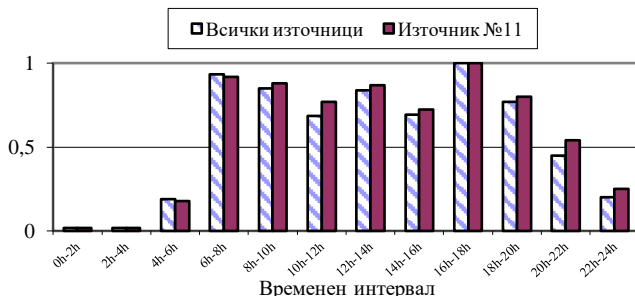
$j = 1 \div 4$ – пореден номер на сезона,

$k = 1 \div 7$ – пореден номер на деня от седмицата,

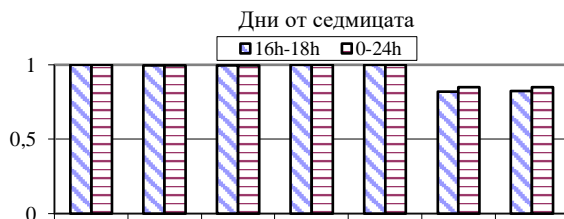
$l = 1 \div 24$ – пореден номер на часа от денонощието,

T_i – трафик на МПС за даден час от годината,

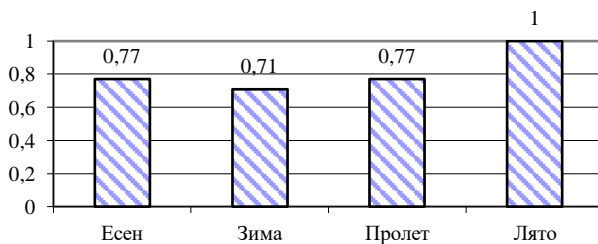
МПС – върхов трафик на превозни средства за източник i .



Фиг. 3. Изменение на интензивността на движение в границите на денонощието



Фиг. 4. Изменение на относителната интензивност на движението през дните от седмицата за часовия интервал от 16 до 18 часа и от 0 до 24 часа.



Фиг. 5. Относително изменение на общия трафик по сезони

Промени в интензивността на автомобилния трафик по данни от станциите за мониторинг на атмосферния въздух

Прилагането на описаната по-горе методика за изчисляване на абсолютната стойност на трафика за който и да е час от годината изисква все пак значителен брой преки измервания, поради което се търсят алтернативни методи. Една такава възможност е установяване на връзката между относителното изменение на интензивността на

движение по сезони и месеци с данните за съдържание на азотни оксиди в атмосферата, получени от транспортно ориентирани станции за мониторинг и получаване на коефициентите в уравнение (19).

Изследвани са две от най-натоварените улици от транспортната схема на Бургас от табл. 2: №14 бул. “Сан Стефано” и №19 бул. “Д. Димов”. За тях е установена висока интензивност на автомобилното движение, както през по-голямата част от денонощието, така и през цялата година. Разположението им спрямо транспортната схема на града е показано на фиг. 6.

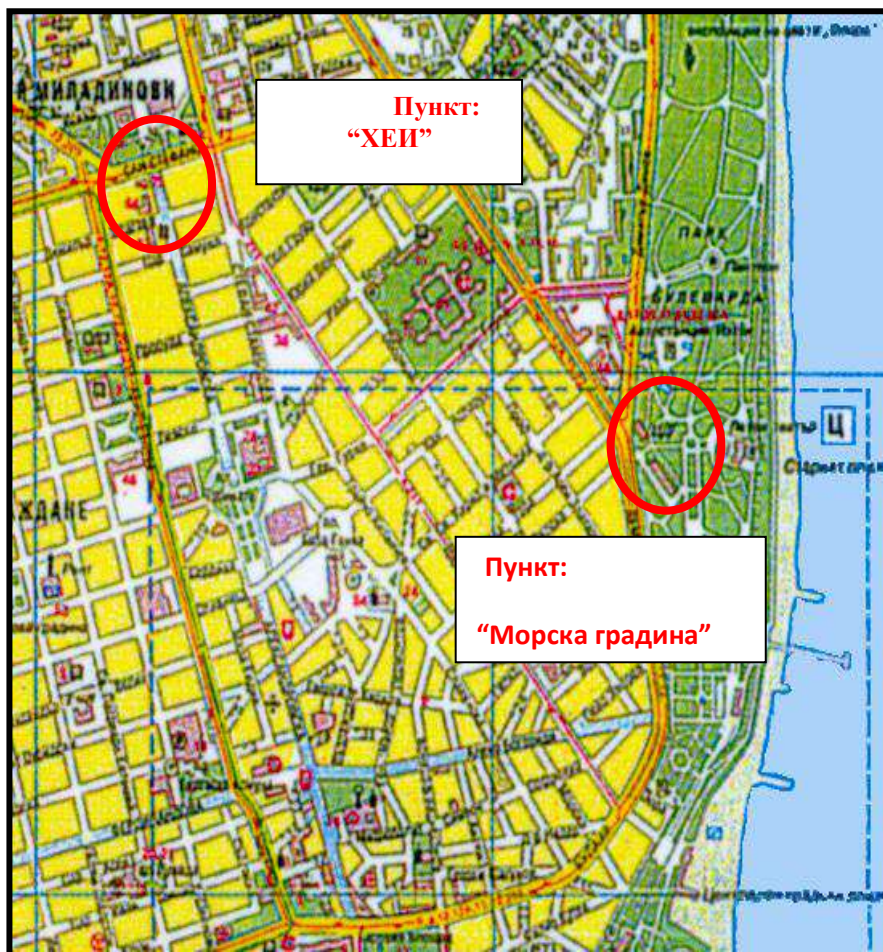
От 1992 до 2001 г. в град Бургас са работили две автоматични станции (ж.к. “Меден Рудник” и кв. “Долно Езерово”) и три станции с ръчно пробонабиране през светлата част на деня, разположени съответно в ж.к. “Славейков”, в района на “ХЕИ”-Бургас (днешното РЗИ) и в района на “Морската градина”. Източник на първична информация са данните от транспортно ориентирани станции “ХЕИ” и “Морска градина”. Тези данни ни бяха предоставени от Община Бургас в рамките на годишните доклади за мониторинг [6]. Те обхващат периода от 1992 до 2001 г.

Пункт “ХЕИ” е разположен на 10 m от кръстовището на бул. “Сан Стефано” и ул. “Александровска”. Пункт “Морска градина” е на около 30 m от бул. “Д. Димов”, свързващ изхода на гр. Бургас за Слънчев бряг и Варна с централната градска част. И двата контролирани района попадат под непосредственото въздействие на извънградския и градски транспорт свързващ ЦГЧ с ж.к. “Лазур”, “Зорница”, “Изгрев”, “Славейков” и “М. Рудник”. В непосредствена близост до постоянните станции за мониторинг в пункт “ХЕИ” и пункт “Морска градина” се намират и двете изследвани транспортни артерии: №14 и №19.

Средномесечните и средночасовите концентрации за целия десетгодишен период са получени чрез обработка на първичната информация, поотделно за всяка една от станциите за мониторинг, а крайните резултати са обобщени и представени на фиг. 7, 8, 9 и 10.

От фиг. 7 и 8 ясно се вижда тенденцията на изменение на средномесечните концентрации. Най-високи стойности на NO_2 са отчетени в летния период и това съвпада с периода на най-висока

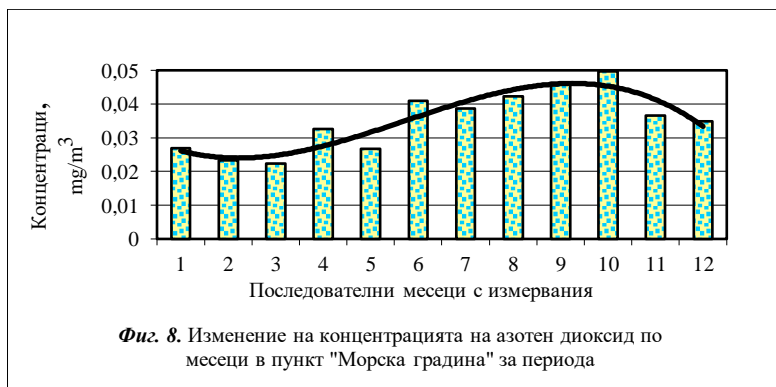
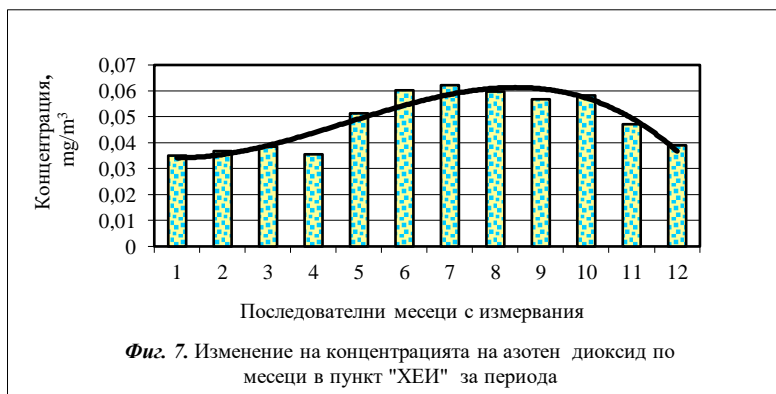
интензивност на градския транспорт. Обратно, най-ниските концентрации съвпадат с края на есента и зимата. В случая влиянието на променливите метеорологични условия е силно редуцирано, чрез осредняване на данни за десетгодишен период.

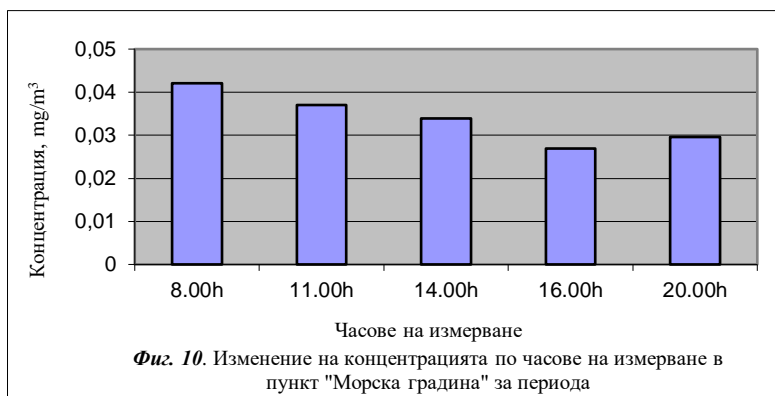
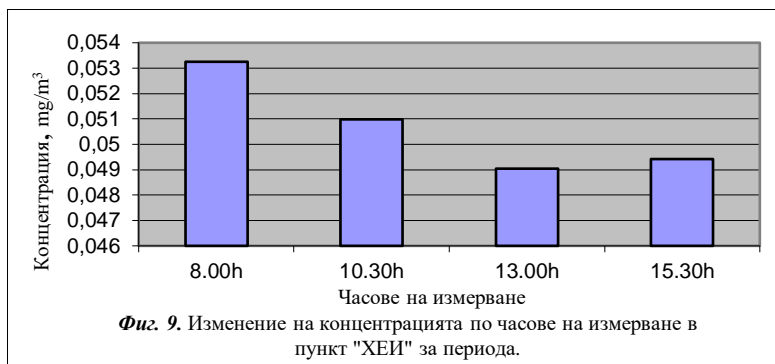


Фиг. 6. Карта на изследвания район от град Бургас с обозначение на транспортно ориентирани постоянни станции за мониторинг

Данните за изменението на средните концентрации на NO_2 по часове в денонощието са ограничени, тъй като станция “ХЕИ” прави само четири измервания през светлата част на деня (без почивните дни), като последното пробонабиране започва в 15,30 h. Това означава, че не се следи концентрацията в периода на върхов автомобилен трафик от 16 до 18 h, определен чрез преките денонощни измервания.

Връзката между средната концентрация на NO_2 и интензивността на движение по булевардите “Сан Стефано” и “Димитър Димов” е установена чрез сравнение на резултати от прякото преброяване на броя моторни превозни средства за единица време със средните концентрации на NO_2 за същия период, получени чрез обработка на данните от станциите за мониторинг.





За да стане това сравнение възможно, двата типа данни предварително са трансформирани в относителни единици. За целта данните от преките измервания на интензивността на движение в рамките на денонощието се делят на най-високата измерена стойност (пиковото натоварване).

Резултатите от такава трансформация водят до нов комплект данни, в които всички стойности са в границите между нула и единица. По този начин най-високата стойност на измерения трафик ще бъде единица и това ще кореспондира с най-високата средна концентрация на NO₂, която също ще бъде единица. Ако станцията за мониторинг не прави измервания в часовете на върхово автомобилно натоварване (концентрацията, съответстваща на КЧН=1 не е установена),

трансформацията на концентрациите в относителни единици се извършва като на концентрацията с най-висока стойност се присвои стойността на КЧН (определен чрез преки измервания) за същия час от денонощието, в който е извършвано пробонабирането от станцията за мониторинг. Така например, ако установената най-висока концентрация на NO₂ е C_i, (установена за час i от денонощието), на нея се присвоява стойност на коефициента на часово натоварване КЧН_i, определен чрез преки измервания за същия час на денонощието. В такъв случай трансформацията в относителни единици на концентрацията за друг час от денонощието става по формулата:

$$КЧН_{i+1} = \frac{C_{i+1}КЧН_i}{C_i}$$

където C_{i+1} е измерена от станцията за мониторинг концентрация за час от денонощието, различен от i, а КЧН_{i+1} е съответстващия на тази концентрация коефициент на часово натоварване.

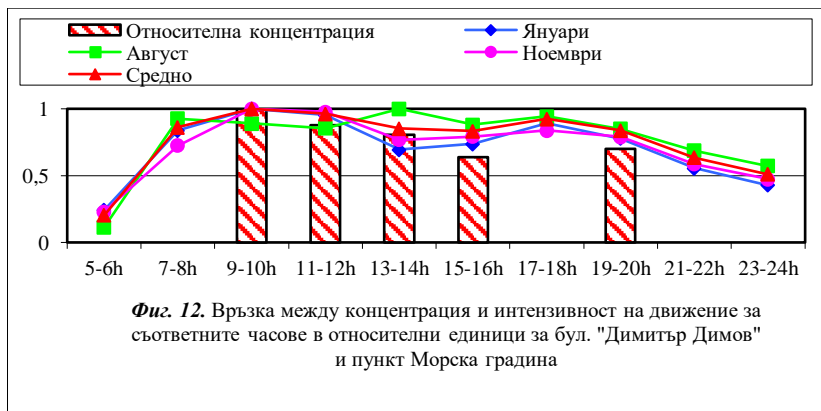
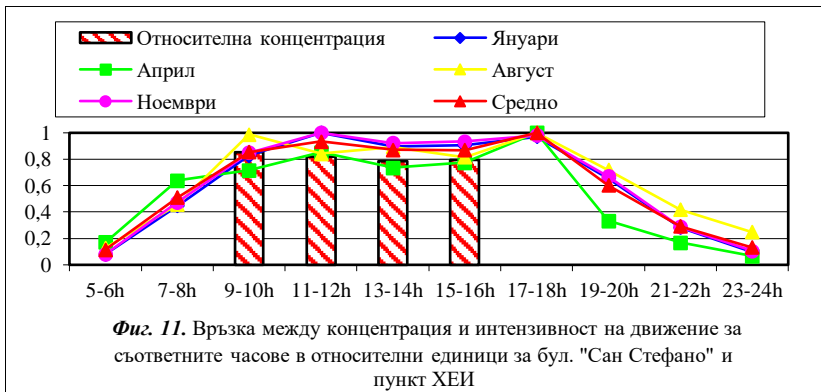
По аналогичен начин се прави трансформацията и на средномесечните концентрации на NO₂, но вместо КЧН се използва коефициент на месечно натоварване КМН. В този случай стойност единица се присвоява на КМН за месец август, тъй като през този месец се достига върховото натоварване в рамките на годината (установено чрез преки измервания).

Сравнението е направено в два варианта.

При първия средната относителната интензивност на движение от четирите месеца за съответните часове на измерване е сравнена със средночасовата концентрация на NO₂, също в относителни единици.

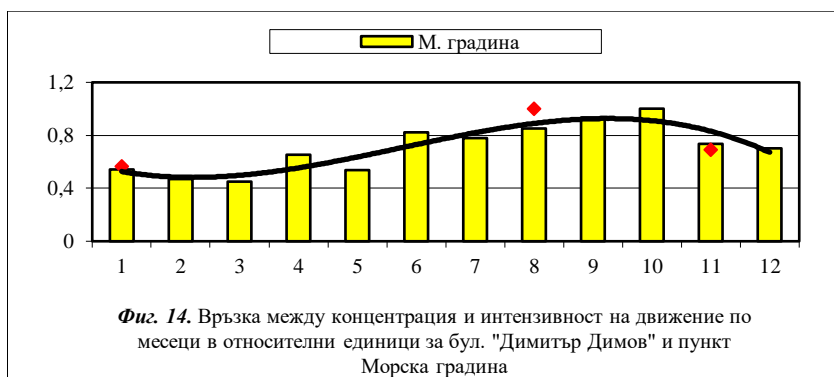
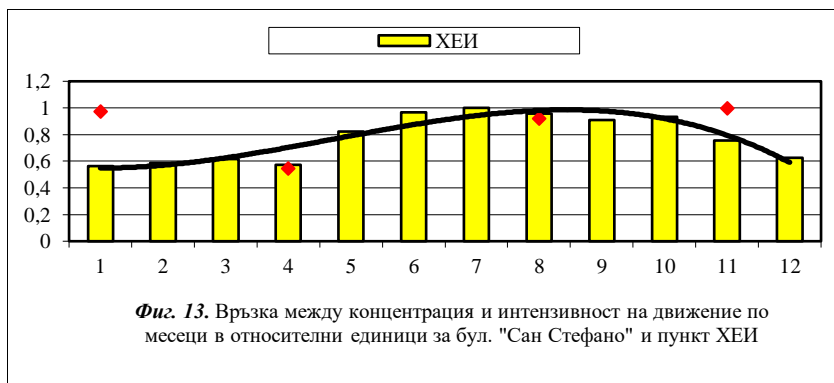
При втория вариант относителната интензивност е сравнена с относителната концентрация по месеци в годината.

Обработените по описания начин данни за бул. “Сан Стефано” и пункт ХЕИ са представени съответно на фиг. 11 и 13, а за бул. “Димитър Димов” и пункт Морска градина, съответно на фиг. 12 и 14.



Общото за трафика по двете улици (фиг. 11 и 12) е, че в периода 5÷8 часа интензивността бързо нараства и достига границите 80÷90% от максималната си стойност. В периода от 7÷8 до 17÷18 h трафика запазва висока стойност и е в границите 90÷100% от максималния. За бул. “Сан Стефано” (фиг. 11) се наблюдава изместване на върховото натоварване в интервала 17÷18 h, а за бул. “Димитър Димов” (фиг. 12) в периода 9÷10 h. След 18 h трафика плавно намалява и в 24 h достига стойности, приблизително равен на този в 5 h.

Сравнението на резултатите от преките измервания на денонощния трафик в относителни единици със съответните средночасови концентрации на азотни оксиди (също в относителни единици) показва едно напълно приемливо съвпадение.

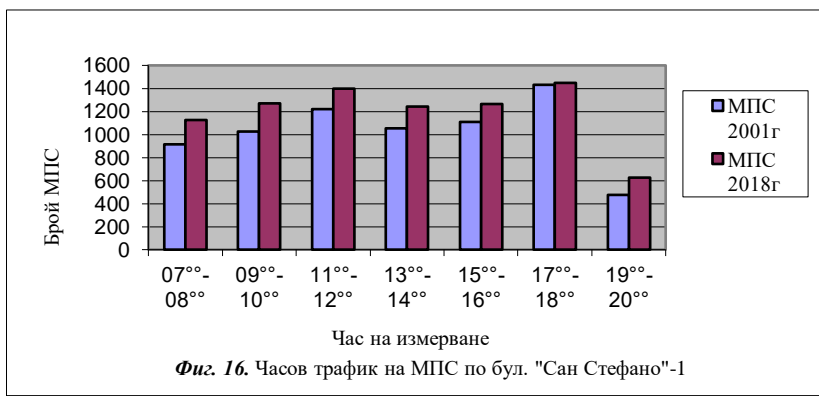
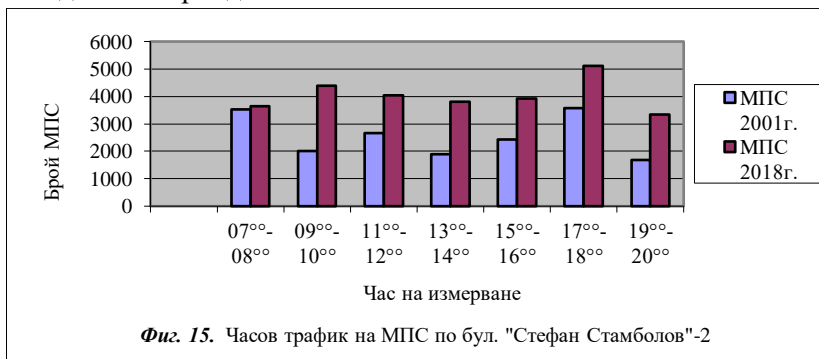


Така например, средно отклонение за четирите контролни точки на пункт „ХЕИ“ (фиг. 11) е 7,67%, при максимално отклонение (за 11÷12 h) достига 12,36%. Средното отклонение за пункт „Морска градина“ (фиг. 12) е 10,56% с максимална стойност за периода 15÷16 h е 23,51%.

Подобна е картината и при сравнение на средномесечната относителна концентрация на NO₂ с изменението на относителната интензивност на движение по месеци. За пункт ХЕИ значително отклонение се наблюдава само за месец януари (39,91%). Независимо от това средното отклонение за четирите контролни точки е 17,84% (фиг.13). За пункт “Морска градина” (фиг.14) отклоненията в месечната интензивност са значително по-ниски. Максимално отклонение е установено за месец август (14,86%), но средното отклонение е едва 8,59% [18].

2.1.2.2. Интензивност на движението през 2018 г.

През м. Май 2018 г. са проведени денонощни измервания в пункт №11 и №14 от табл. 2, в резултат на което се установи, че върховото натоварване на движението на моторните превозни средства в гр. Бургас отново е в интервала от 16 до 18 h. На фиг. 15 и 16 е представен часови трафик на МПС по бул. “Стефан Стамболов”-2 – пункт №11 и бул. “Сан Стефано”-1 – пункт №14 за 2001 и 2018 год. Диаграмата показва, че трафика се повишава спрямо 2001 год., но интензивността в изследвания период се запазва.



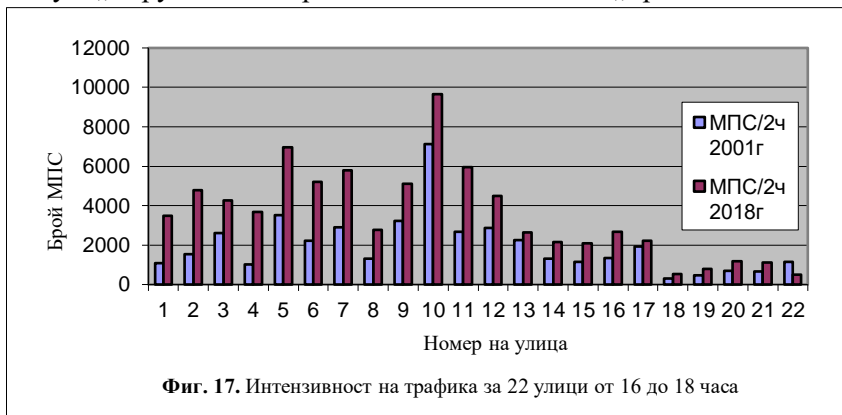
През 2018 г. са направени повторни измервания в часовия интервал от 16÷18 h по 22 улици (табл. 4) от изследваните 85 транспортни артерии през първия период.

Таблица 4. Изследвани пътни артерии от транспортната схема на гр. Бургас за интензивността на трафика от 16 до 18 часа през 2018 г.

№	№ на линеен източник	Дължина km	Наименование на източник	Забележка
1	2	3	4	5
1	1	1,535	ул. Транспортна	бул. Проф.Я.Якимов-изход Варна/Бургас
2	2	1,34	изход Бургас-София	гр. София-гр. Бургас
3	3	0,66	изход Бургас-Варна	гр. Варна-гр. Бургас
4	4	0,835	бул. Д. Димов-1	изход Бургас/Варна-бул. Н.Петков
5	5	1,35	бул. С. Стамболов-1	бул. Проф.Я.Якимов-колело Ремиза
6	6	0,955	бул. Н. Петков	бул. Д.Димов-колело Ремиза
7	7	1,28	бул. Проф. Я. Якимов-1	бул. С.Стамболов-ул.Я.Комитов
8	8	2,95	изход Бургас-Лукойл Нефтохим АД	Лукойл Нефтохим АД-гр.Бургас
9	10	0,9	бул. Струга	пл. Трапезица-бул.С. Стамболов
10	11	0,6	бул. С. Стамболов-2	колело Ремиза-бул.Струга
11	13	1	бул. С. Стамболов-4	бул. Демокрация-ул. Сан Стефано
12	14	0,25	ул. Сан Стефано-1	ул. Одрин-бул. С. Стамболов
13	18	0,755	бул. Демокрация -2	ул. Сан Стефано-бул. Д. Димов
14	19	3,17	бул. Д. Димов-2	бул. Н.Петков-бул. Демокрация
15	23	1,03	бул. Кн. Мария Луиза	ул. И.Вазов-ул. Сан Стефано
16	30	1,9	изход Бургас-Созопол	гр. Бургас-гр. Созопол
17	38а	0,56	ул. Л. Маджаров	ул. Я.Комитов-бул. С.Стамболов
18	46	1,245	ул. П. Загорски	ул. Транспортна-бул. Н.Петков
19	48	0,62	ул. Епископ К. Преславски	бул. Проф.Я.Якимов-ул. Събирателна
20	52	0,58	ул. Копривщица	бул. Демокрация-бул. Д.Димов
21	57	0,4	ул. Ген. Гурко	ул. Цар Симеон I-бул. Демокрация
22	66	0,773	ул. Г. Минков	ул. Събирателна – бул. С.Стамболов

На фиг. 17 е представена интензивността на трафика за 22 улици изследвани и през двата периода.

Резултатите показват, че увеличението на трафика е по всички улици с изключение на улица „Георги Минков”. То варира от 15 до 217%, като нарастване на трафика над 100% се наблюдава при входно-изходните магистрала на града. По улица „Г. Минков”, понижаването е с 57%, което може да е вследствие реализирането на нова транспортна артерия в ж.к. „Славейков”, която е продължение на бул. „Я. Комитов” към бул. „Струга” и е свързваща комплекса с ж.к. „Бр. Миладинови“.



В този случай, част от автомобилния поток в ж.к. „Славейков” се пренасочва към централна градска част през новата артерия, без да преминава през улица „Г. Минков”, изпълняваща същата роля. Най-висок трафик в часовия интервал от 16 до 18 h отново се регистрира по бул. “Стефан Стамболов”-2, а втори по-големина пик се наблюдава отново по бул. “Стефан Стамболов”-1.

2.1.3. Състояние на основни и второстепенни транспортни артерии в гр. Бургас в зависимост от пътна настилка, тротоари и други фактори

Причините за замърсяването на пътните платна с частици могат да бъдат естествени и антропогенни. Върху първите трудно може да се въздейства, но причините предизвикани в резултат на човешката дейност могат да се ограничат. Основни пътища за попадане и

задържане на нанос по пътните платна са: лошо състояние на пътна настилка, тротоари, зелени площи, разрушени или нефункциониращи отводнителни съоръжения, насипване на строителни и други материали при превоз от превозни средства, изкопни работи, строителни обекти и изграждане или ремонт на улици от транспортната схема. В периода от април до юни през 2018 год. се направи изследване на състоянието на повърхността на пътната конструкция, тротоарите, шахтите и зелените площи по 42 транспортни артерии или части от тях (табл. 5).

Таблица 5. Изследвани пътни артерии от транспортната схема на гр. Бургас

№	№ на източник	Дължина км	Наименование на улица	Забележка
1	2	3	4	5
1	1	1,535	ул. Транспортна	бул.Проф.Я.Якимов-изход Варна/Бургас
2	2	1,34	изход Бургас-София	гр.София-гр.Бургас
3	4	0,835	бул. Д. Димов-1	изход Бургас/Варна-бул.Н.Петков
4	5	1,35	бул. С. Стамболов-1	бул.Проф.Я.Якимов-колело Ремиза
5	6	0,955	бул. Н. Петков	бул.Д.Димов-колело Ремиза
6	7	1,28	бул. Проф. Я. Якимов-1	бул.С.Стамболов-ул.Я.Комитов
7	8	2,95	изход Бургас-Лукойл Нефтохим АД	Лукойл Нефтохим АД-гр.Бургас
8	9	2,515	ул. Одрин-1	пл.Трапезица-бул.Проф.Я.Якимов
9	10	0,9	бул. Струга	пл.Трапезица-бул.С.Стамболов
10	11	0,6	бул. С. Стамболов-2	колело Ремиза-бул.Струга
11	12	0,25	бул. С. Стамболов-3	бул.Струга-бул.Демокрация
12	13	1	бул. С. Стамболов-4	бул.Демокрация-ул.Сан Стефано
13	14	0,25	ул. Сан Стефано-1	ул.Одрин-бул.С.Стамболов
14	15	0,525	ул. Одрин-2	пл.Трапезица-ул.Сан Стефано
15	16	1,08	бул. Демокрация -1	бул.С.Стамболов-ул.Сан Стефано
16	17	0,39	ул. Сан Стефано-2	бул.С.Стамболов-бул.Демокрация
17	18	0,755	бул. Демокрация -2	ул.Сан Стефано-бул.Д.Димов
18	19	3,17	бул. Д. Димов-2	бул.Н.Петков-бул.Демокрация
19	20	1,4	бул. Демокрация, Булаир	бул.Д.Димов-бул.Хр.Ботев

Таблица 5. ПРОДЪЛЖЕНИЕ

1	2	3	4	5
20	21	1,29	бул. Хр. Ботев	ул.Сан Стефано-бул. Булаир, Демокрация
21	22	0,925	ул. И. Вазов	бул.Княгиня Мария Луиза-бул.Хр. Ботев
22	23	1,03	бул. Княгиня Мария Луиза	ул.И. Вазов-ул.Сан Стефано
23	24	0,81	ул. Сан Стефано-3	бул.Княгиня Мария Луиза-бул.Хр. Ботев
24	25	1,625	бул. Г. Иванов-1	пл.Трапезица (моста над източник №23)-ул.Спортна
25	26	0,51	ул. Спортна	ул.Индустириална-ул.Г. Иванов
26	27	0,57	ул. Индустириална-1	бул.Княгиня Мария Луиза-ул.Спортна
27	28	1,43	ул. Индустириална-2	ул.Спортна-ул.Чатаджа
28	29	2,575	ул. Г. Иванов-2	ул.Спортна-изход Бургас/Созопол
29	30	1,9	изход Бургас-Созопол	гр.Бургас-гр.Созопол
30	36	1,07	изход Бургас-Созопол	гр.Бургас-гр.Созопол
31	38	1,73	ул. Я. Комитов-1	бул.Проф.Я.Якимов- бул.С. Стамболов
32	38a	0,56	ул. Л. Маджаров	ул.Я.Комитов-бул.С.Стамболов
33	39	0,345		бул.Н.Петков-бул.Д.Димов
34	45	0,95	бул. Тракия	ул.Я.Комитов-бул.С.Стамболов
35	46	1,245	ул. П. Загорски	ул.Транспортна-бул.Н.Петков
36	48	0,62	ул. Епископ К. Преславски	бул.Проф.Я.Якимов-бул.Тракия
37	52	0,58	ул. Копривщица	бул.Демокрация-бул.Д.Димов
38	60	1,28	ул. Уйлям Гладстон	ул.Сан Стефано-ул.И.Вазов
39	66	0,773	ул. Георги Минков	ул. Събирателна-бул. С. Стамболов
40	86	0,100	-	улица пред блок 57 в ж.к „Изгрев”
41	87	0,060	-	улица пред блок 25 в ж.к „Зорница”
42	88	0,130	-	улица пред блок 21 в ж.к „Славейков”

Състоянието на пътната настилка се определи, въз основа на наличието на разрушения и деформации по пътното платно съгласно методика за измерване и оценка на повредите по пътните настилки [90]. Към разрушенията се отнасят мрежовидни пукнатини, пукнатини от обемни изменения, единични пукнатини, пукнатини в близост до ръба на настилка, дупки и други. Към деформациите се отнасят коловози, напречни и надлъжни вълни, слягане, издуване и други.

Прекият визуален оглед е извършен сутрин рано или след дъжд, когато настилка е в процес на изсушаване и всички нарушения на целостта на покритието си личат най-ясно.

Показателите, които са наблюдавани при огледа са: наличие на нова или стара настилка, изкърпена площ, единични пукнатини, мрежови пукнатини, пукнатини от обемни изменения, пукнатини в близост до ръба на настилка, пукнатини поради хлъзгане, напречни вълни, повдигане, издуване, слягане, дупки и изхабяване на настилка. Получените резултати са представени в табл. 6.

От събраната информация за повредите на пътната настилка се установи, че: 48% от изследваните улици са в добро състояние с повредена площ от 1 до 10%, 24% са в задоволително състояние с повредена площ от 11 до 30% и 28% са в незадоволително състояние с повредена площ от 31 до 50% (фиг. 18).

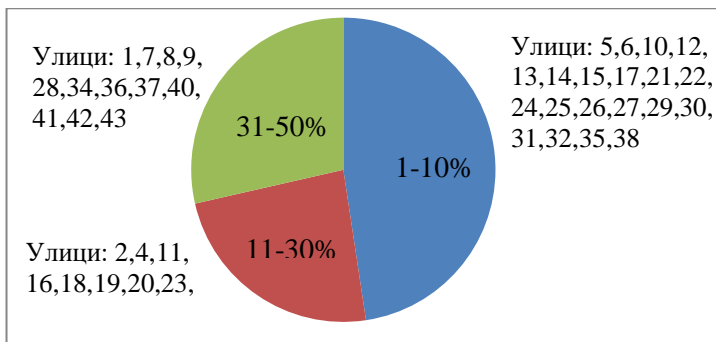
Таблица 6. Данни от обследване състоянието на пътната настилка по 42 улици от транспортната схема на гр. Бургас (№ на източник по табл. 5).

№	№ на източник	Повреди и деформации									Повредена площ в %
		НН	СН	ЕП	МП	И	В	Д	К	ИП	
1	1	-	х	х	х	х	х	х	х	х	31-50
2	2	х	х	х	х	х	х	х		х	11-30
3	4	-	х	х	х	х	х	х	х	х	11-30
4	5	х	х	х	х	-	-	-	-	-	1-10
5	6	х	х	х	х	-	-	-	-	-	1-10
6	7	-	х	х	х	х	х	х	х	х	31-50
7	8	-	х	х	х	х	х	х	х	х	31-50
8	9	-	х	х	х	х	х	х	х	х	31-50
9	10	х	-	х	-	-	-	-	-	-	1-10

Таблица 6. ПРОДЪЛЖЕНИЕ

№	№ на източник	Повреди и деформации									Повредена площ в %
		НН	СН	ЕП	МП	И	В	Д	К	ИП	
10	11	-	x	x	x	-	-	-	-	x	11-30
11	12	x	-	x	-	-	-	-	-	x	1-10
12	13	x	-	x	-	-	-	-	-	-	1-10
13	14	x	-	x	-	-	-	-	-	-	1-10
14	15	x	-	x	x	-	-	-	-	-	1-10
15	16	-	x	x	x	-	-	x	-	x	11-30
16	17	x	x	x	x	-	x	-	-	-	1-10
17	18	-	x	x	x	-	-	x	x	x	11-30
18	19	x	x	x	x	x	x	x	x	x	11-30
19	20	x	x	x	x	-	x	x	-	x	11-30
20	21	x	-	x	x	-	-	x	-	-	1-10
21	22	x	-	x	-	-	x	x	-	x	1-10
22	23	-	x	x	x	x	x	x	x	x	11-30
23	24	x	-	x	x	-	-	-	-	-	1-10
24	25	x	-	x	x	-	-	x	-	-	1-10
25	26	x	-	x	-	-	-	-	-	-	1-10
26	27	x	-	x	-	-	-	-	-	-	1-10
27	28	-	x	x	x	x	x	x	x	x	31-50
28	29	x	-	x	-	-	-	-	-	-	1-10
29	30	x	-	x	-	-	-	-	-	-	1-10
30	36	-	x	x	x	-	-	-	-	-	1-10
31	38	-	x	x	x	x	x	-	-	x	1-10
32	38a	-	x	x	x	x	x	-	-	x	11-30
33	39	x	x	x	x	x	x	x	x	x	31-50
34	45	x	-	x	-	-	-	-	-	-	1-10
35	46	-	x	x	x	x	x	x	x	x	31-50
36	48	-	x	x	x	x	x	x	x	x	31-50
37	52	-	x	x	x	-	-	-	-	-	1-10
38	60	-	x	x	x	x	x	x	x	x	31-50
39	66	-	x	x	x	x	x	x	-	x	31-50
40	86	-	x	x	x	x	x	x	x	x	31-50
41	87	-	x	x	x	x	x	x	x	x	31-50
42	88	-	x	x	x	x	x	x	x	x	11-30

НП - нова пътна настилка; СП - стара пътна настилка; ЕП - единични пукнатини; МП - мрежови пукнатини; И - издигнатост; В - вдлъбнатост; Д - дупки; К - коловози; ИП - износване на покритието.



Фиг. 18. Разпределение на улиците, в зависимост от процент (%) повредена площ

Няма улица с пътна настилка в отлично състояние - 0%, а в някои от случаите с незадоволителна пътна настилка са регистрирани участъци, при които повредената площ е над 50%. Улиците, по които състоянието на пътната настилка е задоволително или незадоволително създават условия за задържане и уплътняване на твърди частици при което тяхното почистване чрез миене или метене е затруднено и пътния нанос е видим с просто око (снимка 4).



Снимка 4. Задържане на пътен нанос по изследваните транспортни артерии

Състоянието на тротоарите, шахтите и зелените площи при направения оглед по изследваните 42 линейни източника са представени в табл. 7.

Таблица 7. Данни от обследване състоянието на тротоара, шахтите и зелените площи по 42 улици от транспортната схема на гр. Бургас (№ на източник по табл. 5).

№	№ на източник	Тротоар				Шахти				Зелени площи				РД		Н	
		Д	МН	ГН	Л	Липсва	Д	МН	Л	Липсва	Д	МН	Л	Липсва	Д	Н	Д
1	1			х		х		х				х			х	х	
2	2					х			х	х					х		х
3	4		х					х			х				х	х	
4	5	х					х			х					х		х
5	6		х				х			х					х		х
6	7			х				х	х				х		х	х	
7	8				х	х		х	х				х		х	х	
8	9				х	х			х				х		х	х	
9	10	х					х			х					х		х
10	11	х					х			х					х		х
11	12	х					х			х					х		х
12	13	х					х			х					х		х
13	14	х					х			х					х		х
14	15		х				х			х					х		х
15	16			х		х	х				х				х		х
16	17		х				х				х				х		х
17	18			х			х				х				х		х
18	19		х					х			х				х	х	
19	20			х		х	х				х				х	х	
20	21	х					х			х					х		х
21	22	х				х	х				х				х		х
22	23				х			х			х				х	х	
23	24		х				х				х				х		х
24	25	х					х				х				х		х
25	26	х					х			х					х		х
26	27	х					х						х		х		х
27	28				х	х		х			х				х	х	
28	29					х	х				х				х		х
29	30					х				х	х				х		х
30	36		х				х			х					х		х

Таблица 7. ПРОДЪЛЖЕНИЕ

№	№ на източник	Тротоар					Шахти				Зелени площи				РД		Н	
		Д	МН	ГН	Л	Липсва	Д	МН	Л	Липсва	Д	МН	Л	Липсва	Д А	Н Е	Д А	Н Е
31	38	х					х				х					х		х
32	38а		х				х				х					х		х
33	39		х					х				х				х	х	
34	45	х					х				х					х		х
35	46			х				х				х				х	х	
36	48		х					х			х					х	х	
37	52	х					х				х					х		х
38	60			х				х				х				х	х	
39	66		х					х			х					х	х	
40	86		х			х		х					х			х	х	
41	87			х		х		х					х			х	х	
42	88		х				х					х				х	х	

Д – добро състояние; МН – малки нарушения; ГН – големи нарушения
Л – лошо състояние; РД – ремонтна дейност; НМ – насипен материал

Получените резултати показват, че 67% от улиците са с тротоар по който има малки или големи нарушения, а в някой случай и липсващ тротоар изцяло. 31% от улиците имат не добре подържани шахти, а 55% са с не добре подържани зелени площи (снимка 5).

При транспортните артерии, по които състоянието на тротоарите, шахтите и зелените площи не е добро, състоянието на пътната настилка е незадоволително. При 50% от случаите на задоволително има регистрирано наличие на видим нанос. Той не се дължи на ремонтни дейности, тъй като по време на проучването не са били извършвани такива по нито една от улиците. Прегледа на резултатите показва, че 40% от изследваните улици са с наличие на видим насипен материал.



Снимка 5. Състояние на площите по изследваните транспортни артерии

На базата на официални данни, във връзка с изготвяне на програма за подобряване качеството на въздуха в Община Бургас, за 24 часов трафик в града [23], нашите собствени измервания за интензивността на МПС в град Бургас и анализа на пътна настилка, тротоари, шахти и

зелени площи, е направена следната класификация на пунктове за измерване на пътен нанос:

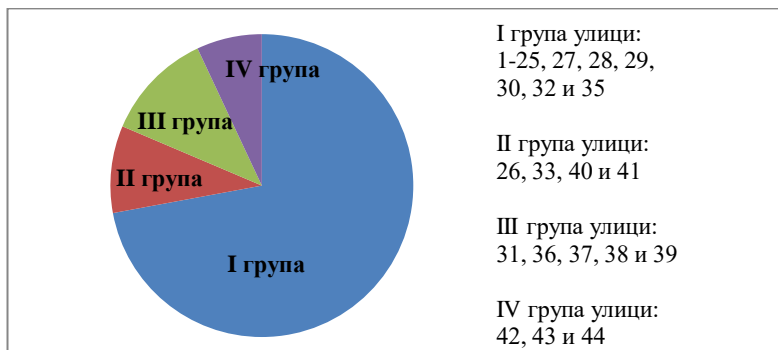
Първа група - измерване по улици с трафик над 10000 МПС/24часа с повредена площ от 1 до 10%, от 11 до 30% и от 31 до 50%.

Втора група - измерване по улици с трафик от 5000 до 10000 МПС/24часа с повредена площ от 1 до 10%, от 11 до 30% и от 31 до 50%.

Трета група - измерване по улици с трафик от от 500 до 5000 МПС/24часа с повредена площ от 1 до 10%, от 11 до 30% и от 31 до 50%.

Четвърта група - измерване по улици с трафик под 500 МПС/24часа с повредена площ от 1 до 10%, от 11 до 30% и от 31 до 50%.

На фиг. 19 е представено към коя от четирите групи се отнася всяка от изследваните транспортни артерии в град Бургас.



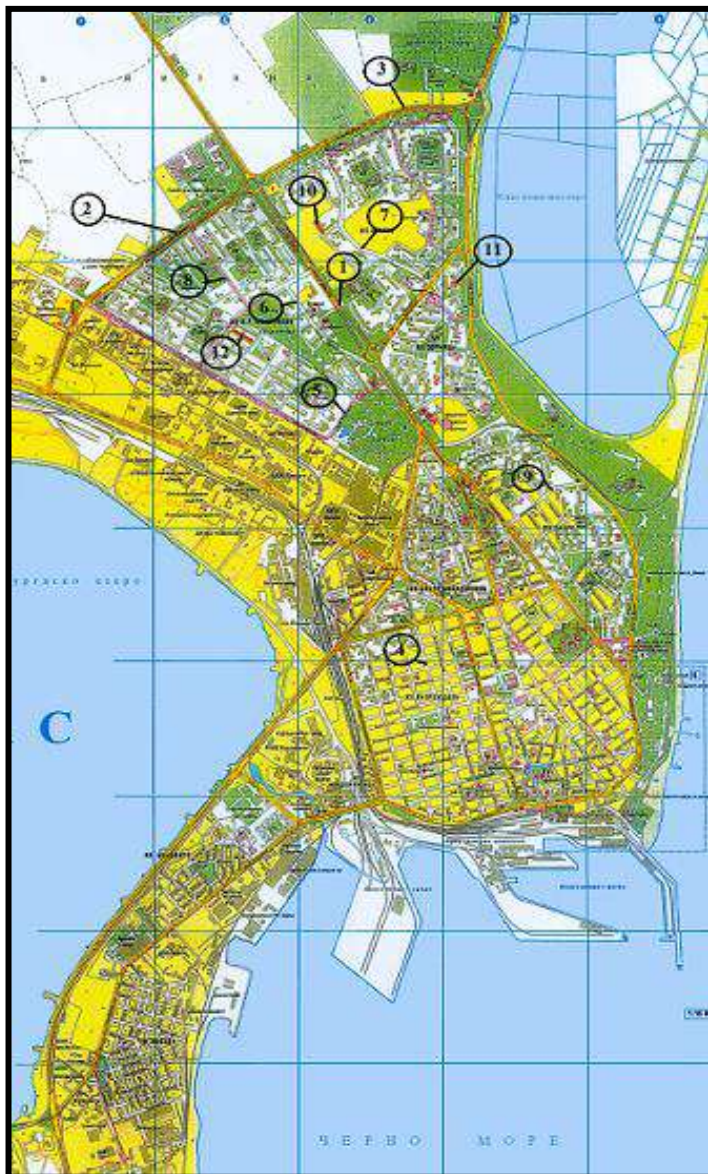
Фиг. 19. Разпределение на изследваните улици от четирите основни групи

2.2. Замърсяване с пътен нанос на територията на град Бургас

2.2.1. Пробонабиране по основни и второстепенни транспортни артерии от транспортната схема на град Бургас

В резултат на направените анализи, за обект на нашето изследване за оценка състоянието на пътния нанос са избрани 12 части (пътни сегмента) от територията на град Бургас представени на фиг. 20. Тези части са избрани на базата на направената класификация на транспортните артерии в четирите групи.

От всяка група са изследвани по три улици, като две от улиците са с регистрирано наличие на видим насипен материал преди пробовземането, а при третата с отсъствие на такъв.



Фиг. 20. Разположение на пунктовете за пробонабиране

Изключение правят улиците от четвърта група, с трафик под 500 МПС/24часа. И по трите улици е регистрирано присъствие на видим насипен материал (табл. 8).

Таблица 8. Транспортни артерии, по които е извършено пробонабиране (№ на източник по табл. 5).

№ на пътен сегмент	Група	№ на линеен източник	МПС/24 ч.	Повредена площ на пътната настилка	Видим насипен материал
1	1	5	над 10000	1÷10%	не
2	1	7	над 10000	31÷50%	да
3	1	1	над 10000	31÷50%	да
4	2	60	5000 ÷ 10000	31÷50%	да
5	2	38a	5000 ÷ 10000	11÷30%	не
6	2	66	5000 ÷ 10000	31÷50%	да
7	3	46	500 ÷ 5000	31÷50%	да
8	3	48	500 ÷ 5000	31÷50%	да
9	3	52	500 ÷ 5000	1÷10%	не
10	4	86	под 500	31÷50%	да
11	4	87	под 500	31÷50%	да
12	4	88	под 500	31÷50%	да

Пробонабирането е осъществено преди да се извърши зимно опесъчаване, в периода октомври – ноември, 2018 г. За пътните сегменти, които са с дължина до 1 km са взети по две проби с различна ширина на маркирания участък, в зависимост от замърсяването на пътната настилка при извършване на пробонабирането. За пътен сегмент №2 с дължина над 1 km, но под 2,4 km са взети три проби на три произволни разстояния.

2.2.2. Определяне на гранулометричния състав на взетите проби от територията на град Бургас

След събиране на пробите е извършен ситов анализ за определяне на техния гранулометричен състав и за установяване количеството на пътния нанос представляващ частици с размери по-малки от 75 µm. От всяка анализирана проба са получени по девет фракции, представени в табл. 9.

Таблица 9. Резултати от ситов анализ на пробите от изследваните улици на територията на гр. Бургас.

№ на пътен сегмент	Фракции, %								
	над 10 mm	10÷2 mm	2÷1 mm	1 mm ÷ 850 µm	850 ÷ 500 µm	500÷ 150 µm	150÷ 106 µm	106÷ 75 µm	под 75 µm
1	0,28	11,67	11,7	4,17	18,04	39,86	6,59	4,05	3,64
2	3,8	16,97	12,48	3,36	13,63	33,5	6,97	4,77	4,52
3	2,74	32,44	15,68	3,5	11,98	22,37	5,11	2,95	3,23
4	36,1	36,21	11,31	2	5,52	7,47	0,68	0,33	0,38
5	2,67	14,62	16,11	3,75	13,19	34,64	7,34	4,41	3,27
6	1,34	29,93	15,96	3,32	11,42	24,36	4,82	3,98	4,87
7	3,07	23,74	11,07	2,25	8,92	30,37	7,31	4,19	9,08
8	0,74	17,04	16,03	3,53	9,31	30,75	9,26	6,55	6,79
9	1,47	18,14	13,26	3,28	13,34	36,14	6,28	4,1	3,99
10	1,21	23,06	17,99	3,24	10,79	25,3	5,15	4,59	8,67
11	0,73	14,49	14,68	1,93	7,56	35,9	8,53	9,12	7,06
12	1,21	17,77	11,05	2,06	8,39	33,03	8,74	7,38	10,37

2.2.3. Определане гранулометричен състав на пътния нанос по основни и второстепенни транспортни артерии в град Бургас

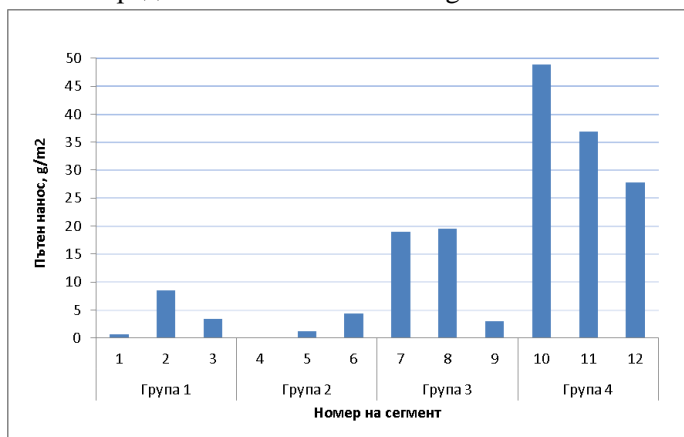
В резултат на този анализ е определено процентното съдържание на частици с размери 75÷30 µm, 30÷15 µm, 15÷10 µm, 10÷2,5 µm и по-малки от 2,5 µm. Получените резултати са представени в табл. 10.

Таблица 10. Резултат от лазернодифракционния анализ на пътен нанос

№ на сегмент	Фракции, %				
	75 ÷ 30 µm	30 ÷ 15 µm	15 ÷ 10 µm	10 ÷ 2,5 µm	2,5 ÷ 0 µm
№1	53,9515	21,2625	10,4490	7,4115	6,9255
№2	54,4485	24,3485	5,8250	10,6015	4,7765
№3	53,9918	26,0676	5,9042	9,8032	4,2332
№4	56,6589	23,5135	6,2279	9,7867	3,8130
№5	59,0416	22,4296	4,8760	9,1425	4,5103
№6	52,3560	27,4784	5,9832	10,0828	4,0996
№7	47,1008	28,5092	7,3712	12,3576	4,6612
№8	60,0733	23,0208	4,5562	8,0333	4,3164
№9	66,1900	22,0500	3,4300	5,3900	2,9400
№10	56,1208	25,7184	5,3016	8,7984	4,0608
№11	47,8423	30,0951	7,1757	10,8171	4,0698
№12	47,9540	31,6940	6,9960	9,5400	3,8160

Резултатите показват, че частиците с размери над 150 μm са повече от 73,5% от пробата, а частиците под 150 μm са по-малко от 26,5% или средно 16,59%. Фракциите с размери на частиците под 75 μm са в диапазона от 3,23% до 10,37% с изключение на улица №4, където количеството е 0,38% от пробата. Въпреки това, тази фракция под 75 μm , наречена пътен нанос, представлява най-голям интерес.

На фиг. 21 е представен пътният нанос в g/m^2 .



Фиг. 21. Пътен нанос, g/m^2

При първа група улици, с най-малка стойност от 0,65 g/m^2 е пътният нанос по бул. „Стефан Стамболов”, след което се нарежда бул. „Транспортна” с 3,42 g/m^2 , а най-висока стойност от 8,54 g/m^2 е регистрирана по бул. „Проф. Яким Якимов“. Доброто състояние на пътната настилка по бул. „Стефан Стамболов” и това, че по време на пробонабирането не се наблюдава насипен материал по пътното платно може да се обясни с факта, че е извършено машинно почистване непосредствено преди времето на пробонабирането. Ситуацията по другите две транспортни артерии е различна. И за двете улици, пътната настилка е в незадоволително състояние, с повредена площ от 31÷50 % и по време на пробонабиране има наличие на видим насипен материал.

При втора група артерии, с най-малка стойност е пътният нанос по ул. „Уилям Гладстон” - от 0,09 g/m^2 . Ниската стойност може да се обясни с това, че имаме отново машинно почистване преди пробонабирането, а и регистрираният видим насипен материал се дължи

главно на едри фракции резултат от дървесни видове, чиито корони са разположени над пътното платно. Резултатите показват, че 83,62% от взетата пробата е фракция над 1 mm. Най-висока е стойността по ул. „Георги Минков“ - 4,4 g/m², по която пътната настилка е с повредена площ от 31÷50%, а по ул. „Лазар Маджаров, където имаме задоволително състояние на асфалта, с повредена площ от 11÷30%, стойността е по-ниска - 1,24 g/m².

При трета група улици, с най-малка стойност от 2,94 g/m² е пътния нанос по ул. „Копривщица“ със задоволително състояние на пътната настилка и без регистриран насипен материал по пътното платно, а високите и близки стойности по ул. „Петко Задгорски” - 18,93 g/m² и ул. „Епископ К. Преславски” - 19,59 g/m² могат да се обяснят с незадоволителното състояние на асфалта от 31÷50%, регистрирано и по двете артерии.

При четвърта група улици и по трите изследвани артерии е установено значително количество нанос на квадратен метър. По улица №10 имаме нанос от 48,86 g/m², по улица №11 имаме 36,82 g/m², а по улица №12 количеството е 27,74 g/m². Това са улици разположени между блокови пространства в жилищни комплекси, където има незначителен трафик. Високите стойност в тази група са резултат от това, че тук няма никаква поддръжка на настилката, както и липса на машино почистване през годините. По-високата стойност при №10, спрямо другите две улици, може да се обясни и с извършеното саниране на блок 57, разположен пред артерията, осъществено в периода 2017÷2018 г. След извършване на ремонтните дейности от строителната фирма не е направено измиване на улицата, при което са останали строителни материали като пясък, цимент и други.

От получените резултати при лазерен дифракционен анализ се установи, че частиците с размери от 30 до 15 µm са средно 25,52%, с размери от 15 до 10 µm са средно 6,18%, с размери от 10 до 2,5 µm са средно 9,31%, а с размери по-малки от 2,5 µm са средно 4,35%. Тоест 45,36% от пътния нанос са частиците с размери по-малки от 30 µm, а 54,64% са частиците с размери от 30 до 75 µm. Почти 50% от пътния нанос са най-вредните частици за човешкото здраве.

2.2.4. Заключение

При движението си автомобилите непрекъснато суспендират нанос във въздуха и причиняват замърсяване. Когато има висок трафик на моторни превозни средства това води до „почистване” на пътното платно, а от друга страна и до по-голяма експлоатация на пътната настилка и до влошаване на нейното състояние, което създава условия за образуване и задържане на нанос. Именно този ефект се наблюдава по бул. „Проф. Яким Якимов“ и бул. „Транспортна”. При тях имаме висок трафик и преминаване на тежкотоварни моторни превозни средства, което влошава състоянието на пътя и при непостоянна хигиена не можем да говорим за така нареченото „почистване” на пътното платно в резултат на интензивен автомобилен поток. При незадоволително състояние на пътя, в комбинация с нисък трафик, наблюдаваме още по-високи стойности на пътен нанос за квадратен метър. Такава е ситуацията при ул. „Петко Загорски” и ул. „Епископ К. Преславски”. За пътните сегменти от група 4, където имаме незначителен автомобилен поток и никаква поддръжка пътния нанос е средно $37,81 \text{ g/m}^2$. Това може да се очаква за всички пътища от транспортната схема на гр. Бургас, където се извършва основно паркиране на моторни превозни средства и площите не са подложени на почистване и измиване.

2.3. Изследване на тежки метали в пробите пътен нанос

Тежките метали, резултат от изгорелите газове от автомобилите, износването на пътната настилка, гумите и спирачките, могат да се отлагат на пътя, при което много хора, живеещи и работещи в близост до тях, са изложени постоянно на токсичното им действие. В Р. България не са изследвани нивата на замърсяване с тежки метали в пътния прах, отложен по пътната настилка. Ето защо, пробите пътен нанос се анализираха за концентрации на тежки метали.

2.3.1. Пробоподготовка на пробите пътен нанос от изследваните пунктове в град Бургас за определяне на тежки метали

Преди да се пристъпи към анализ на тежки метали, пробите с размер на частиците под $75 \mu\text{m}$ са предварително изсушени и пресяти през сито с размер на порите под $40 \mu\text{m}$ и от 40 до $75 \mu\text{m}$. След това, проби от

наносните образци са подложени на екстракция с царска вода (смес на $\text{HCl} + \text{HNO}_3$ киселини). Претеглят се около 0,5 g от съответната проба в стъклена чаша, в която се добавя HCl и HNO_3 в съотношение 3:1. Получената смес се нагрява на котлон до кипване, след което се филтрува през филтър синя лента, прехвърля се количествено в колба от 100 cm^3 и се долива ултра чиста вода до марката [89]. В резултат на това са получени 24 разтвора или по два разтвора от проба, съответно за размер на частиците под 40 μm и за размер на частиците 40÷75 μm .

Получените разтвори, след пробоподготовката, са изследвани за съдържание на елементите В, Na, Mg, Al, K, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Zn, Cu, As, Se, Cd, Ba, Tl, Pb и Bi с помощта на маспектрометър с индуктивно свързана плазма (ICP-MS), модел ICAPQ на фирмата Thermo Scientific, представен на снимка 3, съгласно БДС EN ISO 17294-2/2005 [1]. За целта се приготвят стандартни разтвори от 1, 5, 10, 25, 50, 100, 200 и 500 $\mu\text{g/l}$, които се получават чрез разреждане на аликвотни части от стандартен разтвор на Periodic table mix 1 for ICP на фирма Sigma-Aldrich, в колба от 50 cm^3 с вода, съдържаща смес от HCl и HNO_3 в съотношение 3:1. Тези стандартни разтвори служат за построяване на калибровъчни прави за всички изброени елементи.

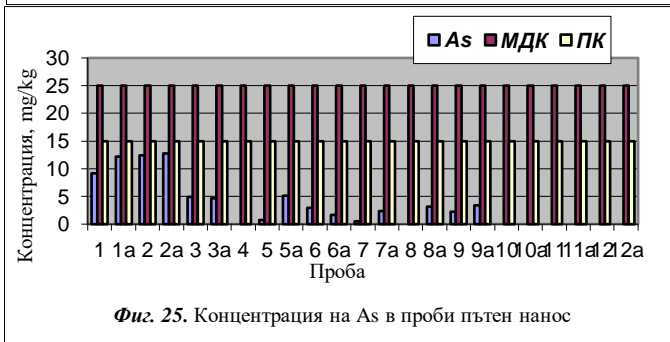
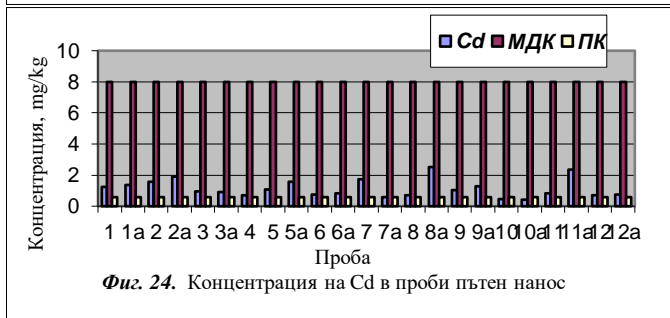
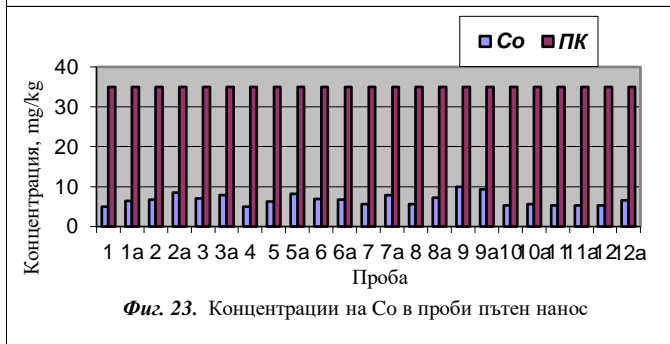
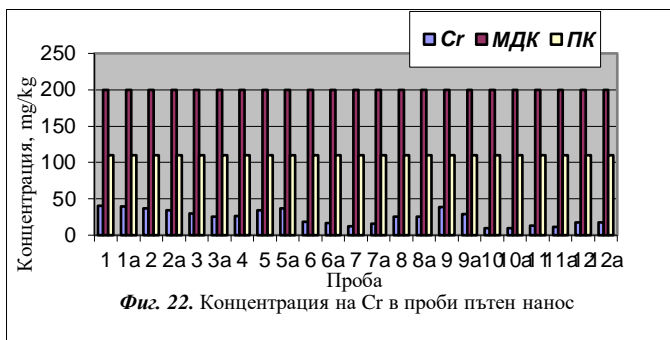
3.3.2. Анализ на получените резултати

Тъй като регулаторните органи в България не са предписали насоки за метали в пътнен нанос, резултатите от това проучване са сравнени с норми, предписани за тежки метали и металоиди в почва. Според Наредба №3/1.08.2008 г., издадена от Министерство на околната среда и водите, Министерство на здравеопазването и Министерство на земеделието и храните, има норми за предохранителни концентрации (ПК) в почвата за As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn и Co [16]. За същите, с изключение на Co, има и норми за максимално допустими концентрации (МДК) в почви на населени места, паркове и спортни площадки. За останалите 11 изследвани елемента - В, Na, Mg, Al, K, Mn, Fe, Se, Ba, Tl и Bi има информация за средно съдържание в почвата или литосферата по литературна справка [26].

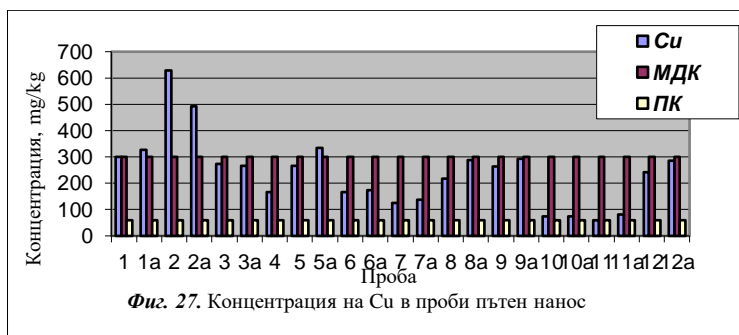
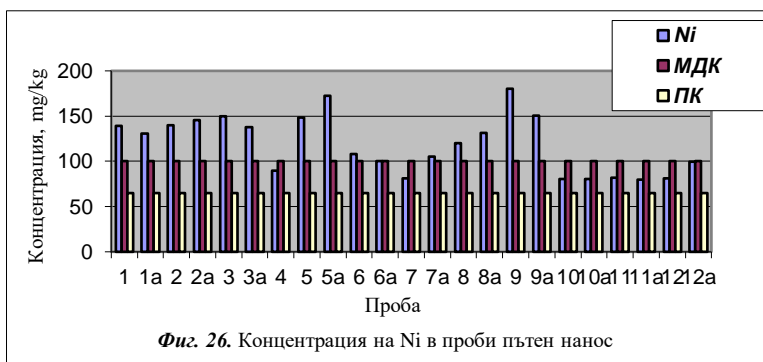
Съдържанието на В в нашите проби варира от 134,56 mg/kg до 682,57 mg/kg при средно съдържание 10 mg/kg в почвата и 3 mg/kg в

литосферата. Съдържанието на Na варира от 1255,03 до 3184,04 mg/kg при съдържание 6400 mg/kg в почвата и 26400 mg/kg в литосферата. Съдържанието на Mg варира от 3402,36 до 8192,74 mg/kg при средно съдържание 6000 mg/kg в почвата и 21000 mg/kg в литосферата. Съдържанието на Al варира от 9350,23 до 28323,06 mg/kg при съдържание 71500 mg/kg в почвата и 88000 mg/kg в литосферата. Съдържанието на K варира от 574,59 до 3242,63 mg/kg при съдържание 6000 mg/kg в почвата и 26000 mg/kg в литосферата. Съдържанието на Mn варира от 285,54 до 528,06 mg/kg при средно съдържание 850 mg/kg в почвата и 900 mg/kg в литосферата. Съдържанието на Fe варира от 8913,67 до 21489,04 mg/kg при средно съдържание 38000 mg/kg в почвата и 51000 mg/kg в литосферата. Съдържанието на Se варира от 0,01 до 1,13 mg/kg при средно съдържание 0,01 mg/kg в почвата и 0,6 mg/kg в литосферата. Съдържанието на Ba варира от 37,96 до 115,06 mg/kg при средно съдържание 500 mg/kg в почвата и 500 mg/kg в литосферата. Съдържанието на Tl варира от 0,03 до 0,70 mg/kg при средно съдържание 4600 mg/kg в почвата и 6000 mg/kg в литосферата. Съдържанието на Bi варира от 0,45 до 2,50 mg/kg.

От контролираните елементи, МДК за хром в почва, в населени места, е 200 mg/kg, а ПК при пясъчливо-глинести почви е 110 mg/kg. Те не са превишени в нито един от пунктовете - фиг. 22. Най-висока стойност за хром има в пункт №1 - 40,03 mg/kg, при размер на частиците от 40 до 75 μm . За кобалт има само ПК, която е 35 mg/kg. Най-висока стойност за кобалт е получена в пункт №9 – 9,95mg/kg, при размер на частиците под 40 μm - фиг. 23. За кадмий, МДК е 8 mg/kg, а ПК е 0,6 mg/kg. Нямаме превишаване на МДК, но има превишаване на ПК в 21 проби. Превишаването е от 18 до 316%, като най-високата стойност е регистрирана в пункт №8 - 2,50 mg/kg, при размер на частиците под 40 μm - фиг. 24. За арсена МДК е 25 mg/kg, а ПК е 15 mg/kg. В 8 проби не е регистрирано никакво наличие на As, а в останалите 16 проби няма превишаване и на двете норми. Най-висока стойност е регистрирана в пункт №2 - 12,71 mg/kg, при размер на частиците под 40 μm - фиг. 25.

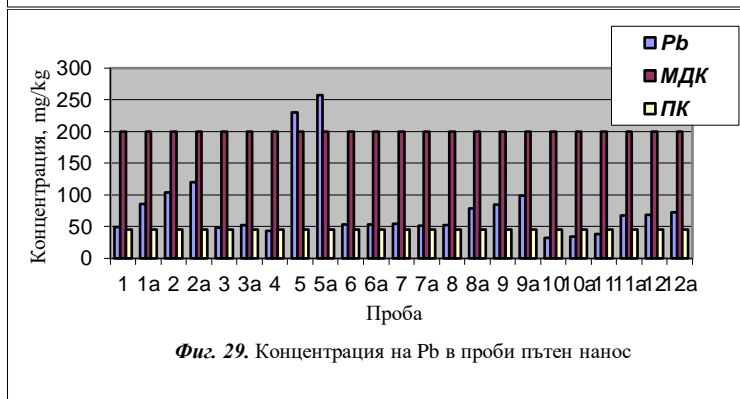
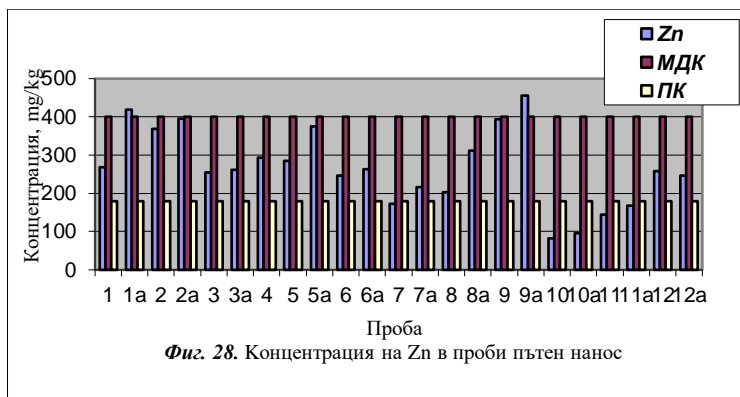


Различна е картината при Ni, Cu, Zn и Pb, представена на фиг. 26, 27, 28 и 29. Съдържанието на никел варира от 79,63 до 180,16 mg/kg, при МДК 100 mg/kg и ПК 65 mg/kg. Имаме превишавания на МДК от 5 до 80% в 67% от пробите. Най-висока стойност е регистрирана в пункт №9 - 180,16 mg/kg, при размер на частиците от 40 до 75 µm. Съдържанието на мед при МДК 300 mg/kg се надвишава в пункт №1 - 327,06 mg/kg, при размер на частиците под 40 µm; пункт №2 - 491,62 mg/kg, при размер на частиците под 40 µm и 629,49 mg/kg, при размер на частиците от 40 до 75 µm и в пункт №5 - 334,33 mg/kg, при размер на частиците под 40 µm. ПК при пясъчливо-глинести почви е 60 mg/kg и се превишава във всички проби с изключение в пункт №11, при размер на частиците от 40 до 75 µm.



За цинка МДК е 400 mg/kg, а ПК е 160 mg/kg. Стойностите варират от 82,86 до 456,35 mg/kg, като превишаване на МДК има в два пункта:

№9 - 456,35 mg/kg, при размер на частиците под 40 µm и №1 - 418,34 mg/kg, при размер на частиците под 40 µm. В 79% от пробите има превишаване на ПК от 12 до 150%. За оловото МДК е 200 mg/kg, а ПК е 45 mg/kg.



Превишаване на МДК е регистрирано в пункт №5 - 257,11 mg/kg, при размер на частиците под 40 µm и при размер на частиците от 40 до 75µm - 230,34 mg/kg. Превишаване на ПК има в 83% от пробите от 11 до 470%.

2.3.4. Заключение

Резултатите показват, че има тежки метали в проби от изследваните пунктове. Високи концентрации на Ni, Cu, Zn и Pb се наблюдават на местата, където има интензивност на автомобилен трафик над 500

МПС/24 часа. Средната концентрация за даден замърсител от всички проби е по-висока във фракцията с размер на частиците под 40 μm . Средната концентрация за даден замърсител е най-висока при първа група улици от табл. 12. Втора и трета група са с равни средни концентрации или близки по стойност. При четвърта група улици, средните концентрации са с най-ниска стойност. В пробите 10, 10а, 11, 11а, 12 и 12а, от фиг. 29, 30, 31 и 32, не се наблюдава превишаване на максимално допустимите концентрации за Ni, Cu, Zn и Pb, въпреки голямото количество пътен нанос, регистрирано в тези пунктове спрямо улиците с висок трафик на фиг. 21. Това са проби от междублокови пространства, където имаме нисък трафик на моторни превозни средства - под 500 МПС/24 часа.

От получените резултати и направения анализ става ясно, че въпреки значително подобренията хигиена по транспортната мрежа в град Бургас през последните години, отстраняването на фините частици е все още проблем. Фината фракция, оставаща на платното, се ресуспендира или се включва във водния отток на дъждовните води. Пътният нанос и в малки количества за квадратен метър крие опасност за човешкото здраве. В големите населени места е нужно да се наложи ежедневно отмиване на всички пътни артерии и основно на тези с висок трафик на моторни превозни средства. Необходимо е също така периодично вземане на проби и редовен мониторинг на тежки метали в пътния нанос, за да се отчетат и сезонните тенденции на замърсяване.

ИЗВОДИ

За първи път се изследва замърсяването с пътен нанос и тежки метали в него, по основни и второстепенни транспортни артерии в град Бургас в зависимост от движението на МПС. На база на получените данни и анализиранияте резултати са изведени следните изводи:

I. По отношение движението на МПС в град Бургас

1. За първи път е създадена електронна карта на транспортната схема на град Бургас с отчитане на основни и второстепенни транспортни улици и булеварди и всички входно-изходни магистрали.
2. Направен е анализ на максималната интензивност на моторните превозни средства по категории, на базата на преки измервания за два периода. В първият период по 85 транспортни артерии, а във втория – 22 транспортни артерии. Резултатите показват, че трафика се увеличава от 15 до 217% през втория период, като максималната интензивност се запазва в часовия интервал от 16÷18 часа.
3. За първи път е изследвана и анализирана относителната интензивност на трафика по сезони, по дни от седмицата, по часове в денонощието в град Бургас.
4. Установена е корелация между относителното изменение на интензивността на движение по два натоварени градски булеварда и концентрацията на азотни оксиди, измерена от разположени в непосредствена близост (транспортно ориентирани) станции за мониторинг.

II. По отношение на пътния нанос

1. За първи път, въз основа оценка на състоянието на пътната настилка, тротоарите, отводнителни съоръжения, зелени площи и наличие на видим насипен материал по 42 транспортни артерии, е съставена класификация на пунктове за измерване на пътен нанос в четири групи.
2. За първи път е извършено пробонабиране на пътен нанос в България, по 12 транспортни сегмента от територията на град Бургас, избрани въз основа на направената класификация.
3. Доказано е, че при незадоволително състояние на пътя – нарушаване на пътна настилка от 31 до 50%, в съчетание с нисък трафик на МПС, се наблюдават по-високи стойности на пътен нанос.

4. Установено е, че при изследване на улици в междублокови пространства, където автомобилния поток е под 500 МПС/24 h и липсва почистване на пътната настилка, измерената средна стойност за пътен нанос е 37,81 g/m² (препоръчителна стойност от 0,6 g/m² на ЕРА).

III. По отношение на тежките метали

1. За първи път е изследвано съдържание на тежки метали в пътен нанос в България. Получени са данни и резултати за 12 контролни участъка от уличната мрежа на град Бургас.
2. Доказано е, че в изследваните проби от пътен нанос, тежките метали Ni, Cu, Zn и Pb са в стойности над ПДК за почви, на местата, където интензивността на движение на МПС е над 500 МПС/24 часа.
3. Установено е, че средната концентрация на тежки метали е по-висока във фракциите с размер под 40 µm.
4. Доказано е, че в междублоковите пространства не се наблюдава превишаване на максимално допустимите концентрации за Ni, Cu, Zn и Pb, въпреки високото съдържание на пътен нанос.

НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

Настоящият дисертационен труд дава основни данни за пътния нанос и тежките метали върху част от реална пътна инфраструктура на град Бургас чрез представително пробонабиране и анализ. Подобни резултати в България се представят за първи път.

➤ Разработена и приложена е методика за изчисляване на абсолютната стойност на трафика, за който и да е час от годината. Определени са коефициентите на часово, дневно и сезонно натоварване.

➤ Доказана е корелация между относителната средномесечна концентрация на азотни оксиди и изменението на интензивността на движение на МПС.

➤ Експерименталните резултати за пътния нанос и тежки метали имат приложен характер в методите за оценка на замърсяването на атмосферния въздух с ФПЧ.

➤ Получените данни могат да се прилагат за изчисляване на емисионните фактори от ФПЧ, емисиите от ФПЧ и моделиране на

транспортното замърсяване в градовете, както и оценка на влиянието върху околната среда.

Установените и доказани резултати дават насоки за реалното и действително състояние на замърсяването с пътен нанос и тежки метали, не само в град Бургас, но и в страната.

Списък на научните публикации по темата на дисертацията

A. Научни публикации

- **Ivanova, D.**, Z. Nikolaeva, S. Naidenova, 2020. *Selection of points of interest for sampling of silt loading in transport arteries in city of Burgas*, Journal of Environmental Protection and Ecology, 21 (1), 1-9. **Q4**
- **Ivanova D.**, Z. Nikolaeva, 2021. *Pollution with silt loading on major roads in the city of Burgas, Bulgaria*, Journal of Environmental Protection and Ecology, 22(3), 968-975. **Q4**
- **Ivanova D.**, Z. Nikolaeva, A. Dimitrov, 2022. *Study of the concentration of heavy metals in silt loading from transport arteries in the city of Burgas, Bulgaria*, Oxidation Communication, 45 (2) 390-397. **Q3**
- **Ivanova D.**, A. Dimitrov, Y. Tasheva, 2022. *Contemporary trends in evaluation and calculation of dust in the world*, Oxidation Communication (**In press - №3772**). **Q3**

Б. Участия в Международни научни конференции

- Kutsarov R., **D. Slavova**, 2002. *An evaluation of the air pollution in town Bourgas with nitrogen oxides from road transport*. 11-th International Symposium Ecology 2002, Burgas, 6-8 June, 2002, 574-589.
- Dimitrov A., S. Naydenova, **D. Ivanova**, M. Dimitrova, D. Gogov, 2018. *Hydrodynamic characteristics of adsorbents with fibrous configuration*, Society of Chemists and Technologists of Macedonia, 25th Congress of SCTM, Ohrid, Macedonia, 19-23 September, 2018.
- **Ivanova D.**, V. Yordanova, E. Ahmed, 2019. *“Application of the method for sampling of silt loading on asphalted roads”*, 58th Annual Science Conference of Ruse University, New industries, digital economy, society - Projections of the future II Kanchev”, Razgrad 01-02.11.2019.

В. Участия в научни проекти

- Договор НИХ-6, 2001/2003 на тема: “Оценка на замърсяването на автомобилния транспорт в условия на интензивен трафик”. Възложител фонд “НИХТД” към НИС;
- Договор НИХ-408, 2018/2020 на тема: „Оценка на замърсяването на транспортни артерии с пътен нанос в градски условия”. Възложител фонд “НИХТД” към НИС;
- Договор НИХ 453, 2021 на тема: “Изчисляване на някои параметри на инсталации за адсорбиционно почистване на вентилационен въздух от летливи органични съединения”. Възложител фонд “НИХТД” към НИС.