

**СТАТИСТИЧЕСКИ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ВЪЗДУШНИТЕ ЗАМЪРСЯВАНИЯ
В СТАРОЗАГОРСКИЯ РЕГИОН В ИНТЕРВАЛА 2002 – 2010
И ПОПУЛАЦИИТЕ ОТ ДИВИ ЖИВОТНИ В РАЙОНА НА ГЪЛЪБОВО**

Николай Такучев,
Тракийски университет, Стара Загора

**STATISTICAL RELATIONSHIPS BETWEEN AIR POLLUTION
IN STARA ZAGORA REGION, BULGARIA IN THE TIME INTERVAL 2002 – 2010
AND THE POPULATIONS OF WILD ANIMALS IN THE VICINITY OF GALABOVO**

Nikolay Takuchev,
Trakia University, Stara Zagora, Bulgaria

ABSTRACT

The results of statistical study are reported in the present report aimed at detecting relationships between air pollution in Stara Zagora region and the size of some populations of wild animals for the interval 2002 – 2010 in the vicinity of Galabovo – about 33000 ha in the central part of Stara Zagora region, Bulgaria. This particular area is situated close to a set of four thermal power plants (located in an arc from east to Galabovo in a distance of 4 to 25 km) and large open lignite mine (about 10 km distance from the area of Galabovo) and is subjected to frequent air pollutions with the main pollutants – industrial dust, sulfur and nitrogen oxides.

Both positive and negative statistically significant correlations between the size of populations of some wild animals and the pollutant emission/concentration were found.

Positive are correlations between the number of stray dogs in the area with the concentration of dust and nitrogen oxides. It was found that the stimulating effect of nitrogen oxides continues next year.

Negative are correlations between:

- The number of stray dogs in the area with sulfur oxides emitted from Dimitrovgrad.
- The number of jackals with PM10 recorded by automatic monitoring station in Stara Zagora.
- The number of partridges with the common dust recorded by the monitoring station Galabovo.
- The number of partridges with sulfur oxides emitted by power plants in the complex "Maritza East".

Where it was possible the climatic influence on the population size was considered too.

Key words: air pollution, power plants, sulfur oxides, nitrogen oxides, PM10, wild animal population, stray dogs, jackals, partridges

Увод

Съсредоточието в Старозагорския регион (разглеждан като географска, а не като административна област) на най-големите в страната топлоенергийни мощности, индустриални и химически предприятия, както и на засиления трафик по основни за страната транспортни артерии, закономерно води до значителни емисии на замърсяващи въздуха газове в региона. В резултат от емисиите от разположения в Старозагорския регион енергиен комплекс Марица-изток, България заема второ място в Европейския съюз след Полша по замърсеност на въздуха със серен диоксид (Statistical Yearbook 2010). Други основни замърсители за региона са прахът, азотните оксиди, въглеродният оксид и въглеродородите (Statistical Yearbook 2010a).

За мащабността на въздушните замърсявания спомага и релефното понижение с типичен размер около 50 km, в което е разположен региона – водосборната площ на р. Сазлийка, представляваща своеобразен въздушен залив – заградена е от три страни с ниски

възвишения – от изток от Сакар, Манастирските и Светиилийските възвишения, от север от южните склонове на Средна гора, от запад от Чирпанските възвишения. Често при южен въздушен пренос въздушните замърсявания изпълват целия обем на споменатото релефно понижение.

През първото десетилетие на 21 век в Старозагорския регион бяха отбелязани значителни по интензивност замърсявания.

Въздушните замърсявания влияят (предимно) негативно на организмите. В Report on a WHO Working Group (2003) е изложено обобщение (мета-анализ) за въздействието на атмосферните замърсявания върху здравето на живите същества, което работна група на Световната Здравна Организация прави, обобщавайки огромен обем публикувани изследвания по въпроса. Групата достига до следните принципни изводи за влияние на замърсителите във въздуха върху здравето:

- Няма долна граница (предел) на вредното влияние атмосферните замърсители – прах, озон, азотен диоксид и серен диоксид върху здравето, т.е. погрешно е разпространеното разбиране за пределно допустимата концентрация (ПДК) като за граница, под която е безопасно за здравето, дори във въздуха да има замърсители. Т.е. ПДК е неизбежният компромис между здравето и индустрията, трафика и бита.
- Изследванията показват, че с намаляването на концентрациите на замърсителите намаляват и здравните проблеми, предизвикани от замърсителите.
- Не са открити полово обусловени разлики в здравния статус при продължително въздушно замърсяване на местообитанието на животните и хората.
- Резултати от изследвания със смеси от замърсители показват предимно адитивност на ефекта – общият ефект от замърсителите е съвкупност от ефектите, които замърсителите биха предизвикали поотделно. Има комбинации от замърсители с ефект надвишаващ адитивния – например комбинациите прах и алергени, прах и озон при продължително задържане на антициклонална обстановка със слънчево греене (често такава обстановка се наблюдава в Старозагорския регион в късна есен).

В доклад на UNDP (United Nations Development Programme) от 2 ноември 2011 г. България е посочена като втора в света от 193 страни членки в ООН по човешка смъртност от замърсен въздух (Human Development Report 2011). На същото въздействие – замърсеният въздух, са подложени и животните в региона.

В настоящата работа са изложени резултатите от статистическо проучване, целящо откриване на зависимости между въздушните замърсявания в Старозагорския регион и числеността на някои популации от диви животни за интервала 2002 – 2010 г. в района на гр. Гълъбово – около 33000 ha в централната част на Старозагорския регион, в непосредствена близост до четири ТЕЦ (разположени в дъга от изток на Гълъбово на разстояние от 4 до 25 km) и голяма открита мина за лигнитни въглища (на около 10 km).

Материал и методи

Данни

Данните за популациите на дивеча в района на Гълъбово са взети от публикацията на Григоров и Биволарски (2011), в която са приведени резултатите от:

- пролетното таксиране на дивеча на община Гълъбово за интервала 2002 – 2010 г. – общо седем животински вида: заек, фазан, яребица, кеклик, чакал, лисица, скитащи кучета;
- и за отстреляния дребен дивеч на територията на ловното сдружение в Гълъбово за интервала 2004 – 2009 г. – заек, фазан, яребица, пъдпъдък, гургулица, гугутка, гривяк, горски бекас, обикновена бекасица, зеленоглава патица, лятно бърне, сврака.

Данни за емисиите на промишлен прах, азотни и средни оксиди, въглероден оксид и въгледороди от големите източници в региона (Стара Загора, енергийния комплекс

Марица-изток, Димитровград) бяха взети от Статистическия годишник на България, томове от 2003 до 2011, издание на Националния Статистически Институт (томовете съдържат данните за предходната година).

От Изпълнителната Агенция за Околна Среда (2009):

- Данни за имисиите във въздуха (характеризират се с концентрациите на замърсителите в точки на измерване далече от източниците на замърсяване), регистрирани в пунктовете за екологичен мониторинг чрез ръчно пробонабиране на територията на Старозагорска област и Димитровград за периода 1992 – 2008 г. (регистрация на часова база 4 пъти в рамките на работния ден – в 8.00 ч., 10.30 ч., 13.00 ч. и в 15.30 ч., без почивните дни и празниците);
- Данни за имисиите във въздуха и метеорологичните параметри, регистрирани в автоматичните измерителни станции (АИС) за екологичен мониторинг на територията на Стара Загора за интервала 2003 – 2010 г. (непрекъсната регистрация и осреднение на половинчасова база);

Данни от Системата за контрол качеството на атмосферния въздух, Община Стара Загора, <http://ecomon.city.starazagora.net/> (2012), за азотен и серен диоксид, въглероден оксид, от автоматичните измерителни станции (АИС) за екологичен мониторинг на територията на Стара Загора и „Марица-изток“ ТЕЦ 2 (с. Полски градец) за интервала 2007 – 2010 г.

Съвместното използване на данни от точките на емисии и от мониторинговите пунктове и автоматични станции, пръснати около Гълъбово на разстояния, достигащи до около 24 km за най-отдалечения пункт – Димитровград, е оправдано поради мащабността на споменатите по-горе въздушни замърсявания.

Използвани методи за анализ на данните

Бяха изчислени средногодишните стойности на замърсяванията. Годишните емисии са сумарната емисия на даден вид замърсител от даден източник, изразена в тона за година (t/y). Годишните имисии са средногодишните концентрации на въздушните замърсители, регистрирани в даден мониторингов пункт или АИС.

За данните от автоматичните станции средногодишните стойности бяха изчислени след отстраняване на невалидните стойности (присъстват във файловете с данни, но при експорта им са маркирани автоматично като невалидни).

Бяха използвани следните статистически методи за последваща обработка на данните:

- Корелационен анализ между средногодишните стойности на емисиите и имисиите от една страна и от друга на броя индивиди от популациите на диви животни от района на Гълъбово, получен при таксиране и при обстрелване.
В случай на подтискащо влияние на замърсяването на въздуха върху популацията, корелацията би била отрицателна – с увеличаване на замърсяването числеността на популацията би намалявала и обратно.
В някои случаи е възможно и стимулиращо действие на замърсяването върху числеността на популацията, в следствие на увеличаваща се храна. Например при горивните процеси в топлоцентралите увеличените емисии на замърсители са съпроводени с увеличено отделяне на въглероден диоксид, т.е. ефектът от въздушното замърсяване е комбиниран – освен вредата за здравето се създават и условия за увеличена фотосинтеза, т.е. за повече растителна храна. За тревопасните видове с по-голяма резистентност към вредата от замърсяването, общият ефект може да се окаже преобладаващо стимулиращ. Аналогично, ако даден вид хищник е по-резистентен към въздушното замърсяване от жертвите си, сред които в следствие на замърсяването броят на слабите и болни животни нараства, то хищникът би имал повече храна, т.е. отново общият ефект от въздушното замърсяване може да се окаже стимулиращ за хищника. В случаите на преобладаващо стимулиращо действие на въздушните замърсявания за даден животински вид, корелацията между числеността

на популацията му и емисиите/имисиите на въздушните замърсители би била положителна. По-долу е представено графически изменението във времето на тези двойки замърсител – вид дивеч, за които беше получен статистически значим корелационен коефициент между средногодишните емисии/имисии и числеността на популацията.

- Крос-корелационен анализ между броя индивиди от дадена популация и емисиите/концентрациите на замърсителите на въздуха. Методът позволява да се оцени отместването във времето на максималния ефект от замърсяването – дали той се проявява непосредствено през годината на въздействие или има последствие и в някоя от следващите години.

За целта бяха изчислявани коефициентите на корелация между числеността на популацията и емисиите/имисиите на замърсителите на въздуха през годините, като втората редица от данни се отместваше последователно спрямо първата през една година – т.нар. крос-корелационни коефициенти. При това:

- Ако замърсяването има закъсняващ във времето стимулиращ ефект върху популацията, например с една година, пикът на замърсяване в предходната година би се отразил в пик на числеността на следващата година. Коефициентът на корелация би бил положителен и би имал максимум, ако редицата данни за замърсяването през годините се измести с една година така, че двата пика да съвпадат. Т.е. по отместването във времето на максимума в коефициента на корелация може да се прецени дали замърсяването има закъсняващ стимулиращ ефект за следващите години.
- Ако замърсяването има закъсняващ във времето подтискащ ефект върху популацията, например с една година, то пикът на замърсяване през предходната година би се проявил като спад в числеността на следващата година. Коефициентът на корелация би бил отрицателен и би бил максимален, ако редицата данни за замърсяването през годините се измести с една година така, че максимумът на замърсяването да съвпадне с минимума на числеността. Т.е. по отместването във времето на максимума в коефициента на корелация и по отрицателния му знак може да се прецени дали замърсяването има закъсняващ ефект на подтискане през следващите години.

Значими стойности на крос-корелационните коефициенти през следващите години след максималната стойност са индикатор за продължаващо остатъчно влияние на замърсяването върху числеността на популацията.

- Беше прилагана статистическа проверка на хипотезите за оценяване на значимостта на получените корелационни коефициенти (Лакин, 1990).

Споменатите статистически методи бяха приложени чрез специализиран софтуер – вграденият в Microsoft Excel модул за анализ на данни Data Analysis, както и пакетът за статистически анализ на информация STATISTIKA 7 (StatSoft, Inc. (2004)).

Резултати

Резултатите са показани в графичен вид.

На фиг.1 е показано изменението във времето на имисиите на общ прах, регистрирани в пункт РИОСВ (35 km по права линия северозападно от Гълъбово), и оценената чрез таксирание численост на скитащите кучета в района на Гълъбово. Налице е положителна корелация (0,976) между замърсяването с прах (голяма част от него е с промишлен произход и съдържа набор от неизвестни химически елементи) и числеността на популацията на скитащите кучета. Корелацията е с високо ниво на значимост (0,1% - т.е. вероятността да няма връзка между двете явления е по-малко от 1 на 1000). Нито числеността на скитащите кучета, нито имисиите на прах в пункт РИОСВ корелират с климатичните параметри –

годишните температура и валежи. Т.е. налице е пряка връзка на броя на скитащите кучета със замърсяването с прах в региона. Наличните статистически данни не дават отговор на въпроса – на какво се дължи стимулиращият ефект на праха върху популацията на скитащите кучета.

На фиг.2 е показано изменението във времето на имисиите на азотни оксиди, регистрирани в пункт Полски градец (19 km по права линия североизточно от Гълъбово), и оценената чрез таксирание численост на скитащите кучета в района на Гълъбово. Налице е положителна корелация (0,815) с ниво на значимост 5%, между замърсяването с азотни оксиди и числеността на популацията на скитащите кучета. Тъй като числеността на скитащите кучета не корелира с климатичните параметри е налице пряка връзка на броя на скитащите кучета със замърсяването с азотни оксиди в региона. Наличните статистически данни не дават отговор на въпроса – на какво се дължи стимулиращият ефект на азотните оксиди върху популацията на скитащите кучета. От фиг.2 се вижда, че има продължаващо във времето влияние на стимулиращия ефект на замърсяването с азотни оксиди върху числеността на популацията скитащи кучета. На фиг.3 е показана крос-корелограма на тази зависимост. Графиката показва, че стимулиращия ефект на азотните оксиди във въздуха е най-силен през годината на максималната им концентрация (максимум на корелационния коефициент 0,815), но това влияние продължава и на следващата година – статистически значим е и корелационният коефициент (0,726), получен при отместване на кривата на скитащите кучета от фиг.2 с една година назад, така, че пиковете от 2004 г. и 2009 г. да съвпадат с тези на кривата на емисиите.

На фиг.4 е показано изменението във времето на емисиите на серни оксиди от Димитровград (25 km по права линия югозападно от Гълъбово), и оценената чрез таксирание численост на скитащите кучета в района на Гълъбово. Налице е отрицателна корелация (-0,827) между замърсяването със серни оксиди и числеността на популацията на скитащите кучета. Корелацията е с ниво на значимост 1%. Нито числеността на скитащите кучета, нито емисиите на серни оксиди от Димитровград корелират с климатичните параметри – годишните температура и валежи. Т.е. налице е пряка връзка на броя на скитащите кучета със замърсяването със серен диоксид в региона. Наличните статистически данни не дават отговор на въпроса – какъв е механизмът на негативно въздействие на серните оксиди върху популацията на скитащите кучета в района на Гълъбово.

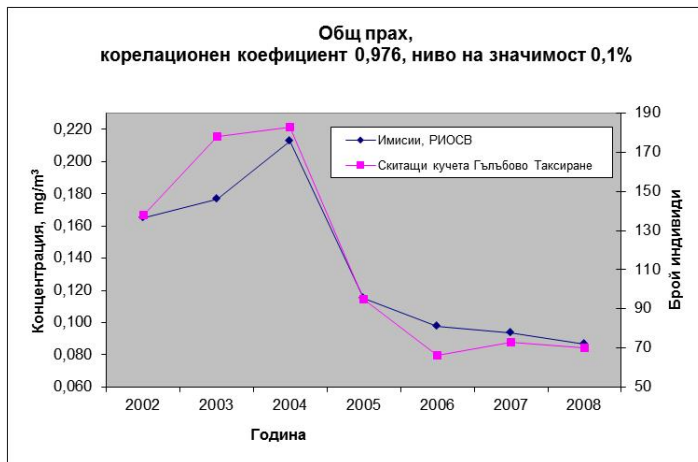
На фиг.5 е показано изменението на определената чрез таксирание численост на популацията от чакали в района на Гълъбово. Корелацията (-0,837) между числеността на популацията и имисиите на фини прахови частици PM10, регистрирани от АИС Стара Загора е отрицателна и значима за ниво 5%. Няма корелация на числеността на популацията чакали от климатичните фактори. Изменението на популацията през годините не е плод на конкуренция с другия хищник в района – скитащите кучета. От фиг.6 се вижда, че след 2006 г. чакалите са по-успешният хищник в района. Налага се изводът, че съществува отрицателна пряка връзка между популацията от чакали и фините прахови частици, чието намаление през последните години благоприятства развитието на популацията им. Механизмът на това въздействие не може да бъде определен от наличните статистически данни.

На фиг.7 е показано изменението във времето на имисиите от общ прах, регистрирани в пункт Гълъбово и на числеността на популацията на яребиците в района на Гълъбово, определена чрез отстрелване. Корелацията (-0,964) между тях е отрицателна и значима на ниво 1%. Няма значими корелации между числеността на популацията яребици и климатичните параметри температура и валежи, въпреки, че корелационните коефициенти с тях са от порядъка на 0,7 – положителен за температурата и отрицателен за валежите. Няма значими корелации между числеността на популацията яребици и числеността на хищниците – популациите на чакалите и скитащите кучета. Корелационните коефициенти с тях са от порядъка на 0,4 – положителен за числеността на чакалите и отрицателен за скитащите

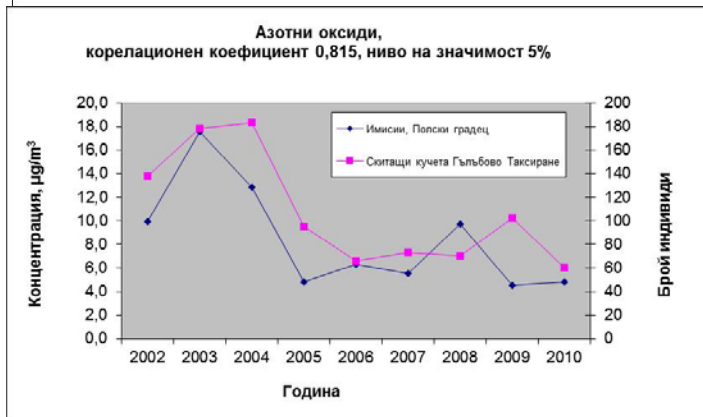
кучета. Налага се изводът за пряко негативно въздействие на общия прах във въздуха върху числеността на популацията от яребици, механизмът на което не може да бъде изяснен от статистическите данни за числеността на популацията.

Беше направен аналогичен извод – за пряко негативно въздействие и по отношение на въздействието на серните оксиди, емитирани от четирите ТЕЦ от комплекса „Марица-изток“ върху определената чрез отстрелване численост на популацията яребици в района на Гълъбово (фиг.8). Корелацията (-0,902) между тях е отрицателна и значима на ниво 5%.

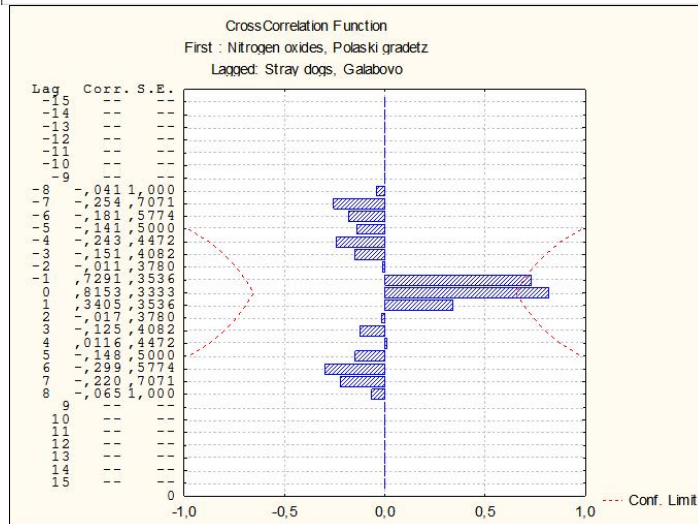
За останалите животински видове от изброените по-горе не бяха констатирани значими корелации между емисиите/имисиите на въздушните замърсители и числеността на популациите им в района.



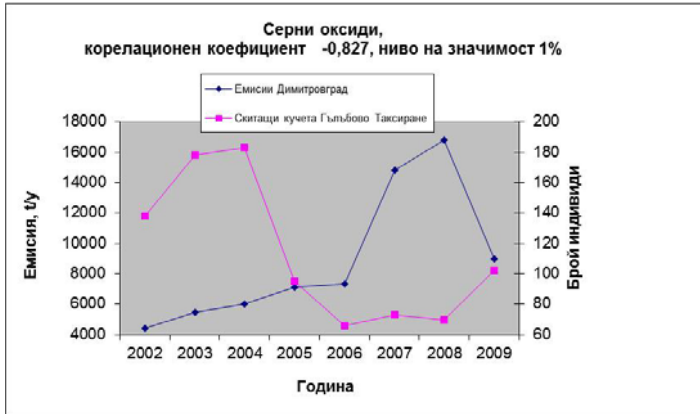
Фигура 1. Изменение във времето на числеността на скитащите кучета и на имисиите на общ прах, регистрирани в пункт РИОСВ. Корелационният коефициент между тях е 0,976 (статистически значим за ниво 0,1%).



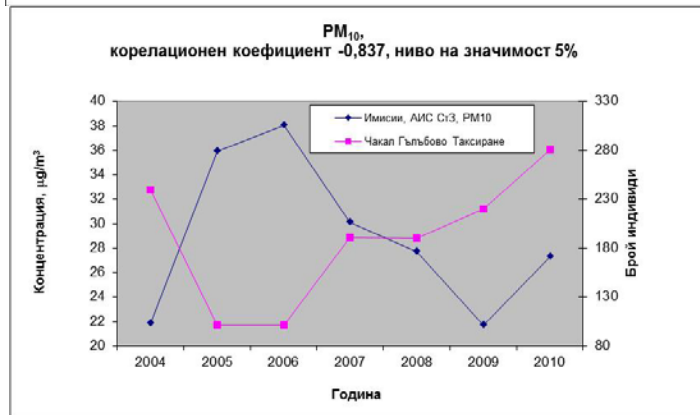
Фигура 2. Изменение във времето на числеността на скитащите кучета и на имисиите на промишлен прах в Полски градец. Корелационният коефициент между тях е 0,815 (статистически значим за ниво 5%).



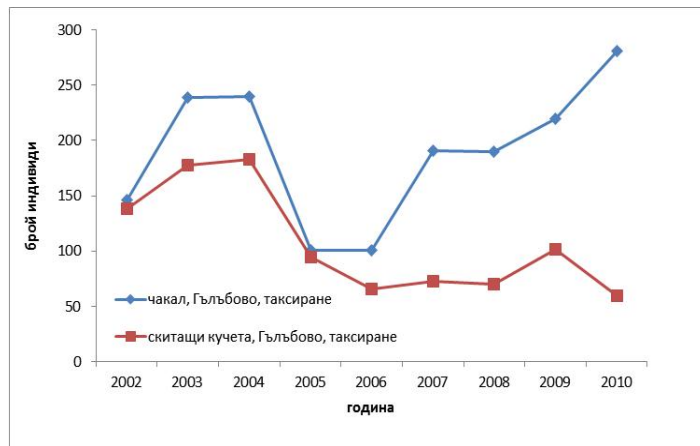
Фигура 3. Крос-корелограма между числеността на скитащите кучета и на имисиите на азотни оксиди в Полски градец. Корелационният коефициент е показан със стълбче. С пунктирна линия е отбелязано ниво на значимост 5%.



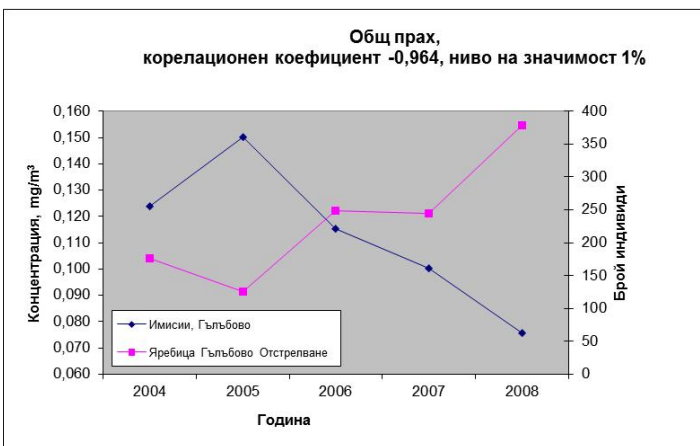
Фигура 4. Изменение във времето на числеността на скитащите кучета в района на Гълъбово и на емисиите на серни оксиди от Димитровград. Корелационният коефициент между тях е **-0,827** (статистически значим за ниво 1%).



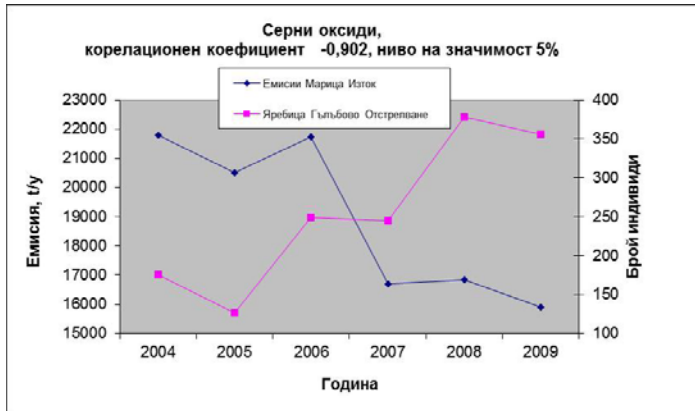
Фигура 5. Изменение във времето на числеността на чакалите и на имисиите на фини прахови частици PM10 в АИС Стара Загора. Корелационният коефициент между тях е **-0,837** (статистически значим за ниво 5%).



Фигура 6. Изменение във времето на числеността на чакалите и на скитащите кучета в района на Гълъбово.



Фигура 7. Изменение във времето на числеността на яребиците и на имисиите от общ (предимно индустриален) прах. Корелационният коефициент между тях е **-0,964** (статистически значим за ниво 1%).



Фигура 8. Изменение във времето на числеността на яребиците и на емисиите на серни оксиди от Марица-изток. Корелационният коефициент между тях е $-0,902$ (статистически значим за ниво 5%).

Изводи

Констатирани са както положителни, така и отрицателни статистически значими корелации между числеността на популациите на някои дивечови видове от подложения на чести обгазявания район на Гълъбово и замърсителите на въздуха – индустриален прах, серни и азотни оксиди.

Положителни са корелациите на:

- Числеността на скитащите кучета в района с имисиите на индустриален прах и азотни оксиди, като е констатирано, че стимулиращото действие на азотните оксиди продължава и на следващата година. Изследването на въздействието на въздушното замърсяване с азотни оксиди върху здравето на хората в Старозагорския регион показва продължаващо една или две години последствие върху храносмилателната, костно-мускулната системи и кожата (Такучев, 2011). Ако се предположи същия механизъм на въздействие и при някои видове диви животни, става ясно, че в популациите им се увеличава броят на болните животни, което увеличава вероятността те да станат жетва на хищниците, в частност на скитащите кучета, както през годината с максимално вредно въздействие на азотните оксиди, така и през следващата година. Интересно е да се отбележи, че заболяванията на костно-мускулната система при хората също корелират с емисиите на азотни оксиди от Димитровград, за които се забелязва и влиянието при скитащите кучета в района на Гълъбово.

Отрицателни са корелациите на:

- Числеността на скитащите кучета в района със серните оксиди, емитирани от Димитровград. Тази зависимост не е повлияна от климатичните условия, т.е. серните оксиди действат подтискащо на популацията им.
- Числеността на чакалите с имисиите на фини прахови частици ПМ10, регистрирани от АИС Стара Загора. Зависимостта не е повлияна от климатичните условия, т.е. фините прахови частици действат подтискащо на популацията им.
- Числеността на яребиците с общия прах, регистриран от мониторинговия пункт Гълъбово. Тази зависимост не е повлияна от климатичните условия, т.е. прахът, който в района е с предимно индустриален произход, действа подтискащо на популацията им.
- Числеността на яребиците със серните оксиди, емитирани от централите на комплекса «Марица-изток». Тази зависимост не е повлияна от климатичните условия, т.е. серните оксиди действат подтискащо на популацията им.

Числеността на дивечовите популации се влияе от редица екологични фактори – наличие на достатъчно храна, болести, климат, хищници и човешка намеса (ловуване, но и зимно подхранване и разселване на млади индивиди; селско стопанство – източник на

отрови, но и на храна за дивеча; промишленост и замърсяване на околната среда; транспорт – ограничаване на ареала и смърт на пътя, замърсяване).

Чрез метода корелация на математическата статистика се доказва наличие (при статистически значим корелационен коефициент) на връзка между изменението на числеността на дивечовите популации и въздушните емисии/имисии.

Математическата статистика не предлага отговор на въпроса какъв е видът на тази връзка – дали е пряка зависимост, т.е. числеността се изменя под прякото въздействие на замърсяванията, или е косвена, т.е. измененията са предизвикани от обща причина – например чрез обща зависимост от климата.

Повече информация за вида на тази връзка може да се получи единствено в случаите, в които е приложим метода на изключването на другите потенциално влияещи въздействия – както това по-горе бе направено за климатичните въздействия.

Цитирани източници:

1. Statistical Yearbook 2010, Bulgaria, 618 p.
2. Statistical Yearbook 2010, Bulgaria, 41 p.
3. Report on a WHO Working Group. 2003. Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. Bonn, Germany. 98 pp.
4. Human Development Report 2011, <http://hdr.undp.org/en/>, Statistical tables, table 7, 151 p.
5. Григоров Ив., Б. Биволарски. 2011. ВЛИЯНИЕ НА ВЪГЛЕДОБИВА И ЕНЕРГОПРОИЗВОДСТВОТО ВЪРХУ ФЛОРАТА И ФАУНАТА НА ТЕРИТОРИЯТА НА ОБЩИНИТЕ ГЪЛЪБОВО И РАДНЕВО. Science & Technologies. Nautical & Environmental studies. Volume I, Number 1, 64 - 70
6. Статистически годишник на България, томове от 2003 до 2011 (Bulgaria, Statistical Yearbook, volumes from 2003 to 2010).
7. Изпълнителна Агенция по Околна Среда, Протокол за предоставяне на обществена информация No 65/05.11.2009 г.
8. Системата за контрол качеството на атмосферния въздух, Община Стара Загора, <http://ecomon.city.starazagora.net/> (2012). Последно посетен: 20.4.2012 г.
9. Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. Москва, Высшая школа, 4 изд. 352 стр., 113 – 128 стр.
10. StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
11. Такучев Н. 2011. Заболеваемост на населението на Старозагорска област от не-онкологични болести, свързани с емисиите във въздуха на азотен диоксид от големите източници в региона. В сборник доклади от международна конференция „Food science, engineering and technologies” 14-14 October, Plovdiv, 227 – 232.