

април 2019



МАКЕДОНСКА АКАДЕМИЈА НА НАУКИТЕ И УМЕТНОСТИТЕ

MACEDONIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

ИСТРАЖУВАЧКИ ЦЕНТАР ЗА ЖИВОТНА СРЕДИНА И МАТЕРИЈАЛИ  
RESEARCH CENTER FOR ENVIRONMENT AND MATERIALS

## ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

*„Загадувањето на градовите во Република Македонија: кои се решенијата?“*  
*“Pollution of the cities in the Republic of Macedonia: what are the solutions?”*

Скопје, 2019

## **ОРГАНИЗАЦИСКИ ОДБОР**

акад. Владо Матовски – претседател  
д-р Катерина Бачева Андоновска – секретар  
акад. Глигор Каневче  
акад. Гоце Петрески  
проф. д-р Трајче Стафилов  
проф. д-р Љупчо Меловски  
проф. д-р Татјана Миткова  
проф. д-р Иван Блинков  
проф. д-р Драган Ѓорѓев  
м-р Светлана Ѓорѓева  
м-р Ана Каранфилова Мазневска  
м-р Јани Макрадули  
проф. д-р Даме Димитровски  
Цветанка Икономова Мартиновска  
д-р сци. Снежана Милковска  
м-р Магдалена Т. Трпевска  
проф. д-р Дејан Мираковски

## **НАУЧЕН ОДБОР**

акад. Глигор Каневче – претседател  
проф. д-р Трајче Стафилов  
проф. д-р Драган Ѓорѓев  
проф. д-р Миле Димитровски  
проф. д-р Татјана Миткова  
м-р Ана Каранфилова Мазневска

## СОДРЖИНА

Таки Фити <i>Како да ти пооптимизираме енергетичката да се третира за животната средина</i>	7
Владо Матовски <i>Конференција – застапување на градовете во Република Македонија: кои се решенијата?</i>	15
Георги Старделов <i>Мораме да го запреме уништувањето на природата бидејќи тоа не води кон самоуништување</i>	21
Верица Тасеска-Ѓоргиевска, Александар Дединец, Александра Дединец, Наташа Марковска, Теодора Обрадовиќ Грнчаровска, Павлина Здравева, Јасмина Белчовска Тасевска, Глигор Каневче <i>Треење на градој Скопје - анализа на постојатки и мерки</i>	27
Александра Дединец, Александар Дединец, Верица Тасеска-Ѓоргиевска, Наташа Марковска, Павлина Здравева, Јасмина Белчовска Тасевска, Љупчо Коцарев, Глигор Каневче <i>Методологија и е-калкулатор за треење во домовите</i>	45
Магдалена Трајковска Трпевска, Елизабета Стефанова <i>Влијанието на домашните ложници врз квалитетот на воздухот</i>	69
Кармина Митева <i>Пиролиза - можност "оштета во гориво"</i>	87
Александар Дединец, Александра Дединец, Верица Тасеска-Ѓоргиевска, Наташа Марковска, Павлина Здравева, Јасмина Белчовска Тасевска, Глигор Каневче <i>Транспортирот во Скопје – реалност и предизвици</i>	105
Бошко Цветковски, Кирил Сотировски <i>Неопходно целосно запирање и лер на возила на semaфори исклучително за пешаци – очигледна мерила за управување со застапувањето на воздухот во Скопје</i>	131
Трајче Стафилов, Роберт Шајн <i>Застапување на животната средина во урбаниите области во Република Македонија како резултат на индустриската активност</i>	153
Митко Јанчев, Иван Боев, Зденка Стојановска, Блажо Боев <i>Природната радиоактивност во регионот на фосфоритот од ХИВ Велес, Република Македонија</i>	177

- Татјана Миткова, Силвана Манасиевска-Симиќ, Миле Маркоски  
*Влијанието на загадувањето врз земјоделското производство во урбаниите и периферијата во средината и можноста за производство на квалитетна и безбедна храна* 187
- Марјан Андреевски, Душко Мукаетов, Христина Попоска  
*Контраминација на почвата и земјоделските култури со тешки метали во Велес и неговата околина и можни решенија* 203
- Александра Николовска, Елена Ѓоргиевска, Бојан Сусинов, Јосиф Јосифовски  
*Еколошко и економски достапно решение за стабилизација на почва: стратешки план за управување на изворите на прашина* 223
- Биљана Коруноска, Владан Пешиќ  
*Примена на новите технологии врз база на земјоделските култури кај расфрнатите и негово влијание врз намалување на загадувањето на околината* 245
- Тодор Ановски, Елена Ановска-Јовчева, Кирил Лисичков, Дејан Димитровски, Стефан Кувенциев, Љубомир Арсов и Ефтим Мицевски  
*Пошукано на водите на изворот Раиче и аспекти на нивната заштитна* 259
- Кунгуловски Џоко, Наталија Атанасова-Панчевска, Кунгуловски Иван, Вице Шољан  
*Нови технологии во преработката на отпадни води со примена на гранулирани микробни организми* 277
- Кирил Лисичков, Ерхан Мустафа, Тодор Ановски, Зоран Божиновски, Стефан Кувенциев, Мирко Маринковски, Дејан Димитровски, Катерина Атковска  
*Примена на мембранско раздвојување процеси за преработка на отпадни води од аеродромски терминали* 298
- Стефанка Хаџи Пецова, Михаил Кочубовски, Славчо Христовски, Пече Ристовски, Јане Ацевски, Менка Спироска, Борис Стипцаров, Цветанка Маркушовска, Слободанка Стефановска, Софија Трајковска  
*Урбаниите отворени зелени простори во креирање на одржлив развој и квалитет на животот* 311
- Иван Блинков, Александар Трендафилов, Иван Минчев  
*Акциски план за контрола на ерозијата во Град Скопје* 337
- Кирил Сотировски, Бошко Цветковски  
*„Задавени“ сјебла во урбаното зеленило – лоша практика лесна за решавање, заради сјасување бројни индивидуални дрвја, кои се пред неосредно уништување* 361
- Мартина Блинкова Дончевска, Тања Димитрова Филкоска, Иван Мацановски, Весна Милановиќ, Габриела Дуданова Лазаревска



*Проценка на еколошкиот квалитет на Град Скопје како индикатор на одржливоста на градои* 381

Лазар Поп Иванов, Марија Мирчевска

*Македонија треба да го истражува како истражува од национална безбедност* 397

Марина Малиш Саздовска, Љатиф Љатифи, Тони Милески

*Ситуационо вештачење на површински води за докажување на еколошки криминал во Република Македонија* 411

## **КАКО ДА ГИ ПОТТИКНЕМЕ ПРЕТПРИЈАТИЈАТА ДА СЕ ГРИЖАТ ЗА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА<sup>1</sup>**

Таки Фити

e-mail: fiti@manu.edu.mk

Македонска академија на науките и уметностите, Скопје, Република Македонија

Загадувањето и деструкцијата на животната средина, со сите долгорочни негативни последици што произлегуваат од тоа – во однос на расположливите ресурси, здравјето на луѓето, состојбата на биолошката разновидност (биодиверзитетот) и, воопшто, во поглед на одржливоста на растот и развојот, влегува во редот на најсериозните глобални проблеми со кои е соочен современиот свет. Затоа, таа е предмет на широка елаборација и во современата економска наука. Во микроекономијата, загадувањето на животната средина се третира како негативна екстерналија и како домен на пазарен неуспех, а во макроекономијата, посебно во теориите на економскиот раст, како проблем кој е најдиректно поврзан со одржливоста на економскиот раст и развој. За значењето на проблематиката доволно говори и фактот што Нобеловата награда за економија за 2018 година им е доделена на двајца американски професори – Вилијам Нордхаус и Пол Ромер, при што придонесот на Нордхаус се специфицира токму во ова област – интегрирање на климатските промени во долгорочната макроекономска анализа [1].

Денес, речиси и нема земја којашто не е реално или потенцијално загрознена од овој тип деструкција – загадување на животната средина. Проблемот е особено тежок и сериозен за малите земји, каков што е случајот со Република Македонија, поради нагласената ограниченост, дефицитарност на расположливите ресурси – природни, човечки и произведени. За жал, Република Македонија во поново време е соочена со континуиран процес на влошување на квалитетот на животната средина во нејзините основни медиуми – водите, воздухот, почвите и состојбата со

---

<sup>1</sup> Обраќање пред учесниците на Научната конференција: *Загадувањето на градовите во Република Македонија: кои се решенијата?*, МАНУ, Скопје, 1. 11. 2018 година

биолошката разновидност и заштитените подрачја. Состојбите стануваат алармантни поради што е неопходно да се преземат итни мерки и да се конципираат издржани политики за заштита на животната средина – санација на состојбите и зголемување на ефикасноста и ефективноста на политиките [2].

Имајќи го предвид претходно кажаното, во оваа пригода, сакам да ја поздравам иницијативата на Истражувачкиот центар за животна средина и материјали на МАНУ за организирањето и одржувањето на оваа значајна научна конференција. Нашите очекувања се дека Конференцијата, којашто анимираше голем број научни истражувачи од различни области (хемичари, геолози, биолози, технолози, лекари, експерти од областа на земјоделството, шумарството, од општествените науки и др. – што е и очекувано со оглед на нагласената интердисциплинарност на проблематиката), ќе даде јасна дијагноза на состојбите со загадувањето во нашите градови, ќе ги идентификува основните извори на загадувањето и последиците од загадувањето и ќе предложи научно финансирани мерки, за ублажување на проблемите и корисни за креаторите на политиките.

Со оглед на фактот дека еден од значајните извори на загадувањето на големите градови се и производните капацитети (т.н. нечисти индустрии), дозволете ми, накратко, да се осврнам на третманот на современата економска наука на оваа проблематика и на мерките што таа ги предлага за спречување на деструкцијата на расположливите ресурси и за осигурување на долгорочен одржлив раст и развој.

Современата економска наука (пред сè модерната микроекономија) загадувањето на животната средина го третира како домен на пазарен неуспех и како типична негативна екстернација [3]. Поимот *пазарен неуспех* означува состојба кога пазарот, кој, инаку, економистите го третираат како најефикасен механизам за алокација (разместување) на ресурсите кон точките на нивната најпродуктивна употреба, не само што не може да ги разреши проблемите на загадувањето на животната средина, туку, напротив, токму тој ги продуцира ваквите проблеми. Тоа е така, бидејќи во пазарна економија целната функција на фирмите е максимизација на профитот. Потребата постојано да се намалуваат трошоците на производство, со цел максимизација на профитот ги поттикнува фирмите, секогаш кога е тоа можно, да ги исфрлаат отровните гасови во воздухот, нечистата вода во реките и сл., наместо да инвестираат во технологии за заштита

## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

на животната средина (вградување на филтри за прочистување на воздухот, вградување на опрема за хемиско и биолошко прочистување на водата и сл.). Инвестирањето во технологии за заштита на животната средина ги зголемува производствените трошоци на фирмите и го намалува нивниот профит. Токму *заради логиката на пазарот и профитот* фабриката ќе биде поттикната да ги избегне трошоците за зачувување на животната средина, а проблемот со отпадните гасови и води ќе го разрешува со нивно едноставно исфрлање во воздухот, реките, езерата. Затоа, овој типичен домен на пазарен неуспех ќе мора да го разрешува Владата со мерките на т.н. општествена регулација.

Терминот *екстерналии*, во конкретниов случај негативни екстерналии, упатува на ефекти од производната или потрошувачката активност на еден економски субјект (фирма или индивидуа) кои ги погодуваат другите производители или потрошувачи, но кои немаат директен одраз на пазарот, односно не се опфатени во пазарната цена на доброто (производот). Имено, производните трошоци на фирмата којашто не инвестира во технологии за заштита од загадувањето се сведуваат на амортизација, трошоци за суровини и помошни материјали и трошоци за работна сила. Тоа е т.н. *приватен трошок* (*private cost*) што егзистира на страната на фирмата – загадувач. Во приватниот трошок не влегуваат трошоците што општеството ги трпи од загадувањето на човековата околина. Но, економистите тука ја воведуваат и категоријата *општествен трошок* (*social cost*) што егзистира на страната на општеството и што е поголем токму за износот на негативните екстерналии. Значи, општествениот трошок е еднаков на приватниот трошок плус трошоците што мораат да се направат за отстранување на штетите од неконтролираното испуштање на отровни гасови и отровен отпад во воздухот и во водата. Ако фирмата не ги сноси трошоците за загадувањето, тоа ќе мора да го направи општеството. Ова покажува зошто е неопходна општествена регулација на екстерналиите, како типичен домен на пазарен неуспех.

Кога се во прашање негативните екстерналии, во литературата, а и во практиката, се сретнуваат различни пристапи врзани за плаќањето на разликата помеѓу приватниот и општествениот трошок и за поттикнување на претпријатијата да го смалат степенот на загадување на опкружувањето. Меѓу нив, три се посебно значајни [4].

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

**Прво, директна владина контрола на загадувањето** – се сведува на **административна владина мерка при што со закон** се пропишува дозволената количина штетни материи што претпријатието може да ги испушта во окружувањето. Во спротивност, следуваат санкции, најчесто парични. Контролата е неефикасна, ако казните се ниски. Под овој пристап може да се подведе и кривична одговорност за загадувачите, којашто се докажува по судски пат;

**Второ, даноци на испуштање на штетни материи**, што ги плаќаат самите претпријатија. Еден од начините да ги натерате загадувачите да водат сметка за големината на производството и за негативните ефекти што од нивната производна активност ги трпи окружувањето е плаќање на даноци за испуштање на штетни материи за секој тон произведен екстракт. Принципот е загадувачот плаќа. На овој начин доаѓа до т.н. *интернализација на екстерналиитите (internalizing of externalities)*, односно до поттикнување на економските субјекти да водат сметка за екстерните ефекти од нивната активност. Имено, ако Владата на загадувачите им наметне прогресивно оданочување, при што прогресијата и платените даноци растат со поголема динамика од порастот на испуштените штетни материи во окружувањето, фирмите ќе сфатат дека поисплатливо им е да инвестираат во технологија за заштита од загадувањето, отколку да плаќаат високи даноци. На овој начин, фирмите, фактички, се поттикнуваат да ја штитат животната средина. Даночите кои производителите ги плаќаат за коригирање на ефектите од негативните екстерналии се нарекуваат Пигуови даноци (Pigovian tax), по славниот професор Артур Пигу (1877 – 1959), еден од првите економисти кои се залагале за вакво решение.

**Трето, приватни пристапи – Коуз (Coase) теорема** – автор на оваа теорема е нобеловецот Роналд Коуз. Суштината на овој пристап е загадувачите и економските субјекти кои ги трпат штетите од негативните екстерналии, проблемот да го разрешат низ меѓусебно преговарање и договарање, а не по судски пат.

Денес економистите сметаат дека даночите се многу поефикасно решение за општеството, отколку што е тоа случај со директната државна контрола. Аргументите за ваквото тврдење се следни: (1) директната владина контрола се сведува на диктат, на директива којашто доаѓа од Владата, а даночите на економски поттици на субјектите да го намалат загадувањето, односно да ја намалат деструкцијата на животната средина; (2) кај директната државна контрола фирмите

### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

не смеат да испуштаат штетни материи над пропишаните стандарди. Но, постигнувањето на пропишаните стандарди не значи дека фирмите престанале да испуштаат штетни материи во окружувањето. Напротив, тие тоа го прават и понатаму, се разбира, почитувајќи ги стандардите. Ако стандардот е 100 мерни единици испуштени штетни материи, овие и понатаму можат да испуштаат 99 единици. Поинаку стојат работите со даноците. Тие директно се врзани за количината на испуштени штетни материи по тон производ - повеќе штетни материи по тон производ повисоки даноци и обратно. Затоа, фирмите се економски мотивирани да го намалат загадувањето до минимум (на пример преку перманентно усовршување на технологиите), а со тоа автоматски да плаќаат и помали даноци.

Република Македонија има модерна регулатива за заштита на животната средина: основни закони, подзаконски акти – правилници, упатства, наредби итн., краткорочни и долгорочни планови за заштита на животната средина, национални акциони планови за животна средина и сл. Меѓутоа проблемот на Македонија (и на други земји во транзиција) е во непочитувањето на законската регулатива, т.е. во слабата ефикасност на институциите (во конкретниов случај на судскиот систем и на надлежните министерства). Во многу случаи, дури и со „голо око“ може да се види дека тоа не се прави – загадувањето на реките и уништување на рибниот фонд, на пример, речиси и не резултира со конкретна одговорност на сторителите; во главниот град на земјава, посебно со дерегулацијата на јавниот сообраќај, се движат стари автобуси и коли што тешко можат да ги издржат пропишаните стандарди за загадување, а сепак се регистрирани и сл. Во некои случаи, доследното почитување на законските прописи е објективно отежнато – на пример РЕК –Битола, често ги пробива пропишаните стандарди, но затворањето на овој објект е невозможно итн. Овде едно од решенијата може да биде строгата и редовна контрола, казните, застрашувањето итн.

Во Република Македонија во 2005 година се донесе нов Закон за животната средина (во меѓувреме повеќекратно изменуван и дополнуван) кој на комплексен и модерен начин ја регулира оваа материја [5]. Новиот закон ја елиминираше конфузијата присутна во овој домен во транзициониот период, којашто произлегуваше од екстензивноста на законите и прописите во доменот на општествената регулација на негативните екстерналии (повеќе од 100 закони и

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

прописи). Тој инкорпорира сеопфатни општествени, политички, социјални, економски, технички, образовни и други мерки на општествена регулација на медиумите на животната средина (водата, воздухот и почвата), како и на одделните области на животната средина – заштита од осиромашување на озонската обвивка, спречување на штетната бучава и вибрации, заштита од јонизирачко и нејонизирачко зрачење, заштита од непријатна миризба и користење на отпадоците и друг вид заштита на животната средина. Законот се базира врз модерни начела на заштита на животната средина од кои посебно треба да се потенцираат: начелото на висок степен на заштита, начелото на интегрираност (на основните цели на политиката на заштита и унапредување на животната средина во сите развојни, стратегиски, плански и програмски документи), начелото на одржлив развој (рационално и одржливо користење на природните ресурси за да се задоволат потребите за здрава и квалитетна животна средина на сегашните генерации, без, притоа, да се загрозат правата на идните генерации), начелото загадувачот плаќа (покривањето на разликата помеѓу приватниот и општествениот трошок кај негативните екстерналии паѓа на товар на загадувачите), начело на супсидијарност (подразбира децентрализација на мерките и активностите и значајни права и обврски во доменот на заштитата и унапредувањето на животната средина на единиците на локалната самоуправа - општините, градот Скопје и општините во градот Скопје), и др. начела. Според моето мислење, единствената забелешка што може да му се упати на Законот за заштита на животната средина е неговата екстензивност.

Синтетички гледано, мерките на општествена регулација на негативните екстерналии, т.е. мерките за заштита на водата, воздухот, почвата и на други медиуми, содржани во новата македонска регулатива, ги опфаќаат трите модерни пристапи: *владиниите програми за намалување на загадувањето кои се сведуваат на пројизување на дозволена количина на штејни материји што претпријатието може да ги исфрла во окружувањето, интернализација на негативните екстерналии* (трошоците од загадувањето ги сносат загадувачите со нивно едновременно поттикнување да ја намалат емисијата на штетни материји во животната средина) и *приватниите пристапи* (Коуз теоремата).

Оттука, дел од важните предуслови за добра заштита на животната средина се обезбедени. За Македонија, како мала земја, со нагласено ограничени ресурси, многу е значајно да се осигури:

- строго почитување на законските прописи што ја регулираат ова материја;
- еколошката компонента при активирањето на старите капацитети, како и при одлучувањето за новите инвестиции (домашни и странски), да добие висок приоритет;
- економските пристапи, интернализацијата на екстерналите, со текот на времето, да добијат предност пред административните;
- Во меѓувреме, а посебно значајно е дека надоместоците кои економските субјекти (загадувачи) мораат да ги плаќаат треба наменски да се користат – онака како што е тоа е пропишано во Законот за животна средина.

#### **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] W. Nordhaus, *The Climate Casino – Risk, Uncertainty, and Economics of Warming World*, Yale University Press, **2013**.
- [2] Приоритети на идниот развој на Република Македонија, МАНУ, Скопје, **2017**.
- [3] Т. Фити, *Новата микроекономија и државната регулација*, изд. МАНУ, Скопје, **2008**.
- [4] G. Mankiw, *Principles of Microeconomics, Third Edition*, Thomson, **2004**.
- [5] Закон за животна средина, Службен весник на РМ, бр. 53/05, од 5.07. **2005** год. (подоцна повеќекратно изменуван и дополнуван – Види веб страница на Министерството за животна средина на Република Македонија).
- [6] J. H. Chan, "The economics and politics of regulation", *Camb. J. Econ.*, 21, **1997**, 703-728
- [7] Фити Т. „Екстерналиите како домен на пазарен неуспех и нивната општествена регулација“, *Прилози*, МАНУ (Одделение за општествени науки), Скопје, 38, 1-2, **2007**, 57-72.
- [8] Т. Fiti, " La protection de l'environnement dans les pays en transition: le cas de la République de Macédoine", referat podnesen na X ème Congrès de L'Association Internationale d'Etudes Sud-Est Européen (AIESEE), Paris, 24-26 septembre 2009, **2009**.
- [9] J. Stiglitz, *Ekonomija javnog sektora*, Ekonomski fakultet, Beograd, **2004**.
- [10] K. Train *Optimal Regulation*, Massachusetts Institute of Technology, **1991**.



*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

**КОНФЕРЕНЦИЈА – ЗАГАДУВАЊЕ НА ГРАДОВИТЕ ВО РЕПУБЛИКА  
МАКЕДОНИЈА: КОИ СЕ РЕШЕНИЈАТА?**

Академик Владо Матевски, претседател на Организациониот одбор на  
конференцијата  
Македонска академија на науките и уметностите, Скопје, Република Македонија

**- Обраќање на отворањето на конференцијата -**

Почитуван Претседател на МАНУ, академик Таки Фити  
Почитувана Ана Петровска, државен секретар во Министерството за животна  
средина и просторно планирање  
Почитуван академик Глигор Каневче – претседател на научниот одбор на  
Конференцијата  
Почитувани членови на МАНУ,  
Почитувани членови на организацискиот и научниот одбор на конференцијата,  
Почитувани градоначалници,  
Почитувани учесници на конференцијата,  
Почитувани присутни,

Македонската академија на науките и уметностите, заедно со  
Истражувачкиот центар за животна средина и материјали, во програмата за работа  
за 2018 година, посебно внимание посвети на организирањето на една  
конференција, на која ќе се разговара за проблемите со загадувањето на градовите  
во Република Македонија. Тоа треба да биде и почеток на една серија од  
конференции во организација на МАНУ а кои би биле посветени на различните  
аспекти на загадувањето, на зачувувањето, заштитата и одржливоста, како на  
урбаните, така и на природните екосистеми (на биолошката разновидност,  
геодиверзитетот, заштитените подрачја и друго).

Секоја година, соочени со големото, не е пресилно ако се каже, енормно  
аерозагадување (но не само аерозагадување) во Скопје и останатите градови во  
Република Македонија, Претседателството на МАНУ уште во почетокот на оваа  
година донесе одлука да се подготви и организира научно-стручна конференција,

## *Загадување на Градовите во Република Македонија: кои се решенијата?*

на која што би се расправало за овој многу актуелен и загрижувачки проблем со аерозагадувањето, но и за останатите видови на загадување (на водите и почвите), за причините кои ги предизвикуваат, за последиците по здравјето на луѓето и за можните решенија.

Квалитетот на воздухот, особено во зимскиот период, во повеќето градови во Република Македонија (пред сè во Скопје, Тетово, Куманово, Велес, Кавадарци, Кичево, Битола и др.) е загрижувачки, така што жителите од овие општини со години наназад континуирано се задушуваат во сопствениот смог. Тие, во овој период од годината, постојано се окупираани со информациите од интернет, за регистрираните PM честичи во воздухот, од мерните станици во населените места во РМ. Снимките од најзагадените градови во светот (Шангај, Пекинг, Карачи, Њу Делхи, Мексико, Лос Анџелес, Лисабон, Каиро и други), кои во минатото преку различните медиуми стигнуваа до нас од другите делови на светот, денес за жал претставуваат наша секојдневна реалност. Изминатата сезона беа продадени рекорден број на собни пречистувачи на воздух за домаќинствата, додека пак жителите со маски, за заштита од загадениот воздух беа честа глетка по скопските улици, но и по улиците во останатите градови во Македонија со високо ниво на аерозагадување.

Проблемите со загадувањето на нашите реки (во прв ред Вардар, Брегалница, Црна Река, Пчиња, Треска), понатаму загадувањето на обработливото земјоделско земјиште, депонирањето на отпадот, проблемите со дивите депонии, узурпирањето на многу зелени површини во централните градски јадра за изградба на станбени објекти, зголемениот сообраќај, индустриското загадување, користењето на различни видови огревни материјали во грејната сезона, како и сè уште присутната сиромаштија на населението, претставуваат утврдени подрачја каде што треба да се бараат причините, да се постават вистински дијагнози и да се предложат вистинските решенија. И покрај постојната законска регулатива, донесените стратешки документи, одржаните бројни конференции, расправи, округли маси, изразите на граѓански незадоволства, активностите на невладините организации, предизборните ветувања на политичките партии, проблемите со загадувањето на воздухот, водата и почвата кај нас се сè уште неразрешени.

Денес, луѓето сè почесто ги напуштаат своите места на живеење во текот на екстремните денови со загадување за да ги заштитат своите деца, препораките за

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

воздржување од движење на отворен простор за време на високи концентрации на загаден воздух се почитуваат многу повеќе, се користи вода за пиење во шишиња, се одбегнуваат земјоделски производи од одредени региони, внимателно се читаат податоците во декларациите на хранливите продукти кои секојдневно ги употребуваат, и сл.

Заради подобра подготовка на оваа конференција, активностите околу нејзиното организирање започнаа уште од почетокот на 2018 година, за таа да се одржи пред почетокот на зимската сезона.

- Беше формиран организационски и научен одбор на конференцијата;
- Беше испратена информација околу идејата за организирање на конференцијата до Министерството за животна средина и просторно планирање, како и до единиците на локалната самоуправа на најзагадените градови во Република Македонија;
- По предлог на членовите на Организационскиот одбор на конференцијата, беа поканети членови на МАНУ, професори, научни работници и други компетентни лица, кои се занимаваат со различните аспекти на оваа проблематика, со свои реферати да земат учество на конференцијата и да ги презентираат своите најновите податоци, сознанија, предлози и мерки за надминување на состојбата;
- Покрај поканетите предавачи беше испратена информација преку веб страницата на МАНУ и до научните институции во Република Македонија (универзитети, факултети, институти), до невладини организации и др.
- До почетокот на конференцијата пристигнаа 39 наслови на презентации (од 99 автори и коавтори) кои беа разгледани и прифатени од Научниот одбор на конференцијата;
- Подготвена е книга на апстракти и еве денес сме на почетокот на конференцијата.

Инаку, Организационскиот одбор одржа неколку состаноци на кои што беше донесен заклучок на конференцијата да се разговара за сите аспекти на загадувањето (а не само за аерозагадувањето), со цел да се задржи еден интегриран пристап во барањето на причините и можните решенија.

Основната идеја на оваа конференција беше да бидат поканети познавачи на оваа проблематика од разни области, од областа на аерозагадувањето, загадување на

## *Загадување на Градовите во Република Македонија: кои се решенијата?*

почвите, водите, медицината, биологијата, хемијата, земјоделството, шумарството, сообраќајот, енергетиката, машинството, урбанизмот, архитектурата, хортикултурата, технологијата, отпадот, правото, економијата и др. Од самиот почеток на организирање на конференцијата се поставуваше прашањето околу успешноста на конференцијата, односно дали резултатите од оваа конференција ќе допринесат во подобрување на состојбите со загадувањето на урбаните средини во Република Македонија. Организаторите на конференцијата се свесни за одговорноста која произлегува, пред сè, од големите очекувања на јавноста, научно и стручно да се придонесе во решавањето на проблемите со загадувањето. Организациониот одбор на конференцијата препорачува дека не би било целесходно на конференцијата да се репризираат излагања и дискусии, да се отворат веќе претходно слушнати и видени полемики и конфронтации, од кои немало видлив резултат. Енергијата на конференцијата би требало да биде насочена кон предлагање и изнаоѓање нови решенија, кои би биле базирани на сопствени истражувања и сознанија, но и на проверени искуства од други средини.

Сметаме, дека конференцијата би била оценета за неуспешна, доколку истата би се одвивала, како што би рекол академик Старделов, според една од тезите на Фоербах, во која парафразирано се вели дека „Филозофите само го објаснуваат светот, а, всушност, никој од нив не прави ништо тој да се промени“.

Поради тоа и насловот на конференцијата гласи – „ЗАГАДУВАЊЕТО НА ГРАДОВИТЕ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА: КОИ СЕ РЕШЕНИЈАТА?“. Ако се тргне од премисата дека секој проблем мора да има свое решение, тогаш тие треба да се пронајдат и да се прилагодат на нашите услови. Истите треба да бидат предложени и образложени, како и начинот на нивната реализација. Поради сето тоа, беше направен обид на едно место да се соберат што е можно поголем број компетентни личности од науката и струката, кои ќе имаат можност да се слушнат едни со други на пленарни, а не на одделни сесии, каде што ќе ги изложат своите најнови податоци, резултати и сознанија и ќе ги понудат своите предлози и решенија. Во исто време, тие ќе ја имаат пред себе јавноста и аудиториумот во амфитеатарот на МАНУ, кој се надевам дека активно ќе се вклучи во дискусиите кои се предвидени во програмата на конференцијата, а кои следуваат по завршувањето на секоја одделна сесија. Презентациите на конференцијата се распределени во следните 7 сесии:

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

1. Аерозагадување
2. Енергетика/греење
3. Сообраќај
4. Индустија/почва/храна
5. Води
6. Урбанизам/шумарство/озеленување
7. Општи аспекти на урбаното загадување

Пред крајот би сакал да се посетиме уште на синтагмата „ЗАГАДУВАЧОТ ПЛАЌА“, односно дека штетите кои произлегуваат од загадувањето треба да ги плати ЗАГАДУВАЧОТ. Но доколку државата тоа не го утврди, тогаш останува штетата да ја плати државата (во случајов граѓаните), што и најчесто се случува.

На крај, ќе завршам со една често повторувана фраза, дека резултатите од ваквите конференции би имале свој ефект само доколку тие бидат респектирани и прифатени од одговорните луѓе во политиката. Носителите на политичките одлуки треба да се убедат во нивната можна реализација и истите да ги вклучат во владините политики, или политиките на локалните самоуправи.

*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

## **МОРАМЕ ДА ГО ЗАПРЕМЕ УНИШТУВАЊЕТО НА ПРИРОДАТА БИДЕЈЌИ ТОА НÈ ВОДИ КОН САМОУНИШТУВАЊЕ**

**Академик Георги Старделов**

Македонска академија на науките и уметностите, Скопје, Република Македонија

Почитувани!

Денес, на овој научен собир, треба да пронајдеме решенија, како, колку-толку, да се справиме со апоричниот проблем – загадувањето на нашите поголеми градови, загадување што зема сè подраматичен тек. Тој проблем го нареков апоричен, зашто е видлив, него го гледаме и чувствуваме на секој чекор, па сепак си мислиме дека е неодгатлив, дека со него сè потешко се справуваме, или дека тешко ќе можеме да се справиме еднаш засекогаш, бидејќи тој секогаш ќе постои, но ќе се пројавува во различни форми и видови, што значи дека ќе се менува останувајќи ист. Вчера, на пример, во една форма (во загаден воздух), денес во друга (во загадени води), утре во трета (во загадена почва) и потем кој знае понатаму во каква непредвидлива форма и вид. Но, притоа, едно е, секако, сигурно: загадувањето не може да има друго решавање, освен сестрано и сеопфатно, имајќи ги предвид, хрониски и дијахрониски, сите чинители што се фактори на неговото загадување.

Тоа ни зборува дека живееме во еден свет во кој е сè владено во брзи мени и промени. Грандиозниот развој во областа на природните науки т.н. епопеја на науките, го поттикна и гласна најголемиот Experimentum Mundi во историјата на човечкиот род што се одвива денес. Него го овозможија и повеќето големи револуции: *индустријскијата* со откритието на парната машина и со преминот од мануфактурното кон индустриско производство; *политичкијата и социјалнијата револуции* – кои бараа и трагаа по еден нов свет, чија водечка идеја беше: индустријализација плус електрификација. *Урбаната револуција*, или новото *производство на просторот* (Production de la Spas, Лефевр) создавање на еден нов град и нова архитектура (рускиот револуционерен урбанизам, Баухаус, Атинската повелба). Курбизије, дури сметаше дека не е потребна социјална револуција. Нејзините цели ќе ги реши станбеното прашање, доволно е да изградиме повеќе згради за станување во кои ќе се сместат работниците и со тоа ќе се решат нивните



## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

проблеми, потреби и барања. Други решението го наоѓаа во новата научна револуција што ги зафати сите области на науката: во физиката – *квантната механика*, *атомистичката*, а со вернеровото откритие на кибернетиката дојде до силен подем на информатичката, технолошката и дигиталната револуција; во биолошките науки – *молекуларната биологија*, со која по откривањето на човечкиот геном, развитокот на генетиката, миметиката, но и на генетскиот инженеринг со клонирањето, па овцата Доли стана генетска парадигма за можното зголемување на храната на Земјата и решавањето на проблемот со гладот.

Сите овие револуции во науката доведоа до невиден напредок во модерната индустрија, до брз развиток на производните сили и до енормен пораст на производството; потем до демографската експлозија на населението кое, со сето тоа, доби таква димензија што, сега, повторно од науката (Римскиот клуб, Институтот во Масачусетс) и МПТ сметаат дека незаузданото молскавично забрзување на растот на производството на човекот на себеси и на предмети за себеси, тој е на патот докрај да го исцрпи она од што живее, и до презаситеност да го збогати она што ќе го уништи. Затоа научниците од спомнатите институти предлагаат не само ограничување на растот, туку и т.н. „О-ти“ раст, за да се запре секој развиток на производните сили на нивото во кои тие општества се наоѓаат денес.

Ги наведов некои од големите откритија во областа на природните науки, од две теоретски причини: првата – за да ги истакнам епохалните откритија во областа на науките во нашето време, прогласено како епопеја на науките, особено во областа на атомистиката, молекуларната биологија, поради што некои автори предлагаа да се замени досегашниот акроним пр. X и по X, со акронимот пред Б.Г. и по Б.Г., т.е. пред Бил Гејтс и по Бил Гејтс, но, од друга, да свртам внимание на втората причина, изразена во познатите интелектуални и етички јанси на Ж. Ж. Русо во текстот со кој тој учествуваше на конкурсот на Дижонската академија во 1755 година, а во кој напиша дека развитокот на науките не довел до подем на моралот, туку до морална назадување, и дека културата, цивилизацијата и во нив науките ја деградирале природата како основа на животот на човештвото, па затоа спасот е можен само со враќањето кон природата. Истото, во наше време, за своето учество во пронаоѓањето и произведувањето на атомската бомба, го рече и големиот атомски физичар Опенхајкер, „Сега станав смрт и уништувач на светот“.

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Ако при сето ова се земе предвид застрашувачкиот факт дека по океаните и морињата се истураат тони нафта, а по езерата, реките и каналите се фрлаат тони отпадоци од предмети на потрошувачкото општество, создадени од материјали што не се распаѓаат и раствораат, се мисли, дека повеќе не можеме да зборуваме за чисти води! Тука треба да се спомене малку познатиот факт дека само мал дел (една петтина) од кислородот што луѓето и птиците го дишат доаѓа од шумите и ливадите, а најголемиот дел од водените површини: океаните, морињата, езерата, реките. Затоа, познатиот светски океанограф Жан Кусто, предупреди со глас како лелек дека кога морињата, езерата, реките ќе престанат да дишат, загадени од човекот, тогаш не пропаѓа само нивната вегетација, туку и вкупната вегетација на животот и самиот живот на земјата.

Затоа, да повторам:

– Кога непосредно го гледаме и на своја кожа ги чувствуваме последиците од ова големо и сè понезапирливо загадување на нашиот животен простор, амбиент и животна средина;

– Кога по улиците и булеварите на нашите градови, натрупани со бројни автомобили, автобуси, а често и камиони, сè помалку има место за човекот и неговата безбедност што остава впечаток дека оние што владеат со градовите повеќе се грижат каде да се паркираат автомобилите, отколку да обезбедат место на кое да се „паркира“ човекот за никој да не го згази или усмрти;

– Кога го гледав на врвот на Водно истопорен оној монструозен (булдожер ли, багер ли?) како влегува во утробата на природата, како хара и претура во неа, како корне сè пред себе;

– Кога итн. итн. и кон сè побетер... по сето ова за кое зборов се прашав, пишувајќи го овој текст: дали патот по кој врвевме досега што нè доведе до ова дереце бил добар пат, или треба него да го напуштиме, да свртиме нова страница и да пронајдеме и избереме нов и поинаков пат? Во овој текст само го навестувам моето решение. Јас тој нов пат го нареков русоовски - *Враќање на природата*. Само така *можеме* неа да ја одбраниме.

Последново, имено, столетие што изврве, а тоа трае и сè до денес, природата беше и е нападната од сите страни и со сите средства: од човекот со секира и со оган што опожарува илјадници km<sup>2</sup> шуми, до оние робусни машини-страшила што разоруваат и раскоренуваат и бездушно уништуваат сè во неа. Затоа изрично велам:

иако се напишани повеќе филозофии на природата, та дури и една дијалектика за неа, ние и до денес како да не знаеме што е природата, поседувајќи погрешна свест за неа. Можеме да речеме дека ние едноставно не ја разбираме природата и затоа имаме најмалку разбирање за неа. Имено, во раздобјето на нејзиното уништување, ние никогаш не ја сфативме природата како живо суштество, како жив и животворен субјект-творец на сè (Спинозиното *Deus sive natura*) без чиј опстанок не е можен ни нашиот опстанок. Човекот, тој горд *homo sapiens*, надарен со разум, заден час е да се сепне и вразуми за да не ја дерогира и почне да живее во унисон и единство со природата како нешто најсвето за него и за сите нас, да живее во хомофилија со неа; да ја очовечува и да се опприродува со неа себеси; т.е. да гледа и да живее во природата и со неа како во нивен заеднички дом, односно да гледа на природата како свое прибежиште во кое се расцветува и раззеленува меѓусебната преданост и љубов на луѓето и природата, меѓу луѓето и природата, градејќи еден нов дигнитет и нова човечка интимност со неа.

Така дојдовме до клучниот проблем на ова мое пледоаје: како до еден нов град и како до едно ново село, при што сум уверен дека – нам, како општество и како држава, ни претстојат два големи, би ги нарекол историски потфати: првиот – да осмислиме и законски нормираме *Урбана револуција* за преобразба на постојниот град и вториот, да осмислиме исто така, законски нормирана *Рурална револуција*, за преобразба на селото. Тие два меѓусебно условени потфати треба да ги третираме како еден единствен и меѓусебно условен и реализиран процес. Во овие две револуции, што меѓусебно се условуваат и меѓусебно се реализираат, се работи за она што Анри Лефевр во својата книга „Урбана револуција“ го нарече *производството на просторот*, бидејќи, за овој мислител, севкупната историја на градовите е една чудесна приказна за граматиката и за значењето на просторот како урбанистичко, архитектонско и духовно место на раѓањето на човечкото суштество, како духовно место на непосредното однесување на луѓето во него, на нивната меѓусебна комуникација и разбирање што ние го обезумевме.

Но, да се свртам на двете спомнати револуции што ги предлагам – на урбаната и руралната. Во првата централно место ќе зазема градот и една нова концепција за неговиот статус (отворен или затворен модел на град) изградба на соодветни сообраќајници – улици, булевари, пешачки зони, хортикултурно обликувани; соодветно решавање на одвивањето на сообраќајот во него и избор на

## *Затапување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

превозните средства; потем границата на бројот на неговите жители и население, но и храброст за ограничување на доселувањето ако пренаселеноста е голема; потем да се процени која е таа граница на бројот на населението што обезбедува негово чистење и висока хигиена, видот на неговото затоплување, при што особено го нагласувам, неговото хортикултурно уредување, како најбитно без кое да не може да се добие градежна дозвола за градба ако недостига таков хортикултурен проект.

Во втората, во руралната револуција, средишно место зазема преродбата на селата. И сакам веднаш тука со огорченост да речам дека во изминатото македонско полустолетие ништо толку не беше напуштено од државата и оставено самото на себе да се иселува, да венее и исчезнува. Тешко можев да најдам, и во науката и во политиката, некој критички текст или програма во кои да се види присуството на грижа за пропаѓањето на нашите села, или грижа за нивната ревитализација, спасување и унапредување. Затоа, ако сакаме да се вратиме на природата, треба да ги обновиме и заживееме нашите села, треба да ги осмислиме една конзистентна политика како тие темелно да се преобразат, како да се кренат од пепелта и како да се воздигнат на ниво на судбинско прашање за нашиот опстанок во природата и со неа, зашто да ја сочуваме природата, тоа значи да го сочуваме селото како нејзино прибежиште. А за да го сториме тоа, најпрвин треба да го погратчиме селото со целосна негова инфраструктура и нова урбанизација. Тоа, пак, значи, да изградиме село без кал, со асфалтирани улици до домовите, нивите и ливадите, со водоводна мрежа и канализација и на тој начин да го кренеме него во една повеќе урбана, отколку рурална населба, со мануфактурна микроекономија, базирана на старите занаети и нивна обнова, со едно ново модерно земјоделие, преориентирано од производство на зарзават кон одгледување на старите индустриски култури, памукот, црницата како храна на свилената буба, што целосно замре и исчезна итн. што треба стручни луѓе од овие области да го предложат.

Она што за мене е најбитно во оваа обнова и враќање на селата и во нивната изградба е фактот што во нашата наука е заборавена свеста за големата улога на македонското село во битието на македонската култура. Целата наша народна култура: везовите, рачното ткаење на килимарството, грнчарството, и заедно со нив обнова на ретките занаети што исчезнаа. Во селото е создаден македонскиот фолклор, народната книжевност, а некои од селските цркви (Нерези или Курбиново) и нивните фрескописци и иконописци се познати во светската историја

### *Загадување на градовите во Република Македонија: кои се решенијата?*

на уметноста во медијавелистиката. Сето тоа му дава на нашето село, не само локално и регионално, туку и светско историско значење. Модерно обновени и изградени повеќето од нашите села можат да бидат села музеи на нашата народна култура, а со тоа да станат светски туристички дестинации.

Но, од сето речено произлегува единствениот мој заклучок: во обновата на селата, во враќањето на животот во нив, во напуштањето на загадените и пренаселени градови да се свртиме кон нашите села - тие единствени оази на чист воздух и еколошки чиста животна средина. Треба во оваа нова стратегија на подолг рок да го гледаме решавањето на загадувањето на нашите градови.

## **ГРЕЕЊЕ НА ГРАДОТ СКОПЈЕ - АНАЛИЗА НА ПОЛИТИКИ И МЕРКИ**

Верица Тасеска-Ѓоргиевска<sup>1</sup>, Александар Дединец<sup>1</sup>, Александра Дединец<sup>2</sup>, Наташа Марковска<sup>1</sup>, Теодора Обрадовиќ Грнчаровска<sup>3</sup>, Павлина Здравева<sup>4</sup>, Јасмина Белчовска Тасевска<sup>4</sup>, Глигор Каневче<sup>1</sup>  
e-mail: pavlina.zdraveva@undp.org

<sup>1</sup>Истражувачки центар за енергетика и одржлив развој, Македонска академија на науките и уметностите, Скопје, Република Македонија

<sup>2</sup>Факултет за информатички науки и компјутерско инженерство, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република Македонија

<sup>3</sup>Министерство за животна средина и просторно планирање, Скопје, Република Македонија

<sup>4</sup>UNDP, Скопје, Република Македонија

### **Апстракт**

Греењето во домаќинствата доминира во низата причинители за лошиот квалитет на воздухот во Скопје. Лошата термичка изолација на објектите придонесува за поголеми потреби од енергија за греење, од една страна, а од друга страна неефикасните печки и котли кои се користат за загревање на домовите придонесуваат за зголемување на потрошувачката на енергентите и со тоа и на локалното загадување. Во Република Македонија согорувањето на биомасата учествува со 90% во вкупното загадување со PM<sub>10</sub>. Измерените концентрациите на PM<sub>10</sub> честичките ги надминуваат дозволените гранични вредности и тоа повеќекратно во зимскиот период. Покрај тоа, неефикасното користење на енергијата е еден од главните причинители и за зголемување на емисиите на стакленички гасови.

Според анкетата за начинот на загревање на домаќинствата во Скопската котлина, спроведена во јануари 2017 година со поддршка на Програмата за развој на Обединетите нации, најголем дел од домаќинствата, околу 47%, користат цврсти горива (огревно дрво, јаглен, пелети, брикети) во сопствен систем за согорување, третина од домаќинствата се грееат со помош на електрична енергија, а околу 21% се снабдуваат од системот за централно греење. Исто така, над половина од објектите имаат сидови без дополнителна топлинска изолација.

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Цел на овој труд е да го утврди влијанието на различни мерки, поврзани со загревањето на домовите врз емисиите на стакленички гасови ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) и врз локалното загадување ( $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ) и квалитетот на воздухот. За таа цел е развиен модел (MARKAL-Скопје). Како влезни податоци во моделирањето се користат резултатите од анкетата за начинот на загревање на домаќинствата во Скопската котлина. Трудот ги проучува ефектите од следниве мерки: 1) Подобрување на изолацијата во објектите за домување; 2) Промена на горивото и начинот на греење (ефикасни технологии); 3) Зголемено прифаќање на централното греење (постојното или мали централни системи).

Покрај референтното сценарио „Скопје се гуши“, креирано е сценарио „Скопје дише“ во кое се вклучени сите три мерки и анализиран е ефектот од нивната заедничка имплементацијата.

Од добиените резултати може да се заклучи дека мерката „Промена на начинот на греење (ефикасни технологии)“ најмногу придонесува за намалување на  $\text{PM}_{10}$  и  $\text{PM}_{2.5}$  емисиите, додека  $\text{CO}_2$  емисиите најмногу се намалуваат со мерката „Зголемено прифаќање на централното греење“. Со спроведување на сценариото „Скопје дише“ ќе се постигне дури 70% намалување на  $\text{PM}_{10}$  и  $\text{PM}_{2.5}$  емисиите и околу 11% намалување на  $\text{CO}_2$  емисиите во 2025 година, во однос на сценариото „Скопје се гуши“. Споредено, пак, со 2015 година, во сценариото „Скопје дише“ емисиите на  $\text{PM}_{10}$  и  $\text{PM}_{2.5}$  во 2025 ќе се намалат за 60%. За реализација на сценариото потребни се вкупно 356 мил. €, за периодот од 2017 до 2025 година. Дополнителни 212 мил. € се потребни за изградба на нови термоелектрани-топлани. Покрај намалувањето на загадувањето, дополнителна придобивка од мерката „Изградба на енергетски ефикасни згради“ е можноста за отворање на 690 нови работи места.

**Клучни зборови:** домаќинства, емисии на стакленички гасови, загадувачи на воздух

### **Abstract**

There are many reasons for the poor air quality, but the most prevailing one is the heating of the households. Due to poor thermal insulation, buildings and houses require more energy for heating on one hand, and on the other hand the inefficient stoves and

boilers used for heating in the households contribute to increased energy consumption and thus to increased local pollution. In the Republic of Macedonia, biomass combustion is the cause for 90% of the total air pollution with PM<sub>10</sub>. The emissions of PM<sub>10</sub> have exceeded the limit values on several occasions during the winter period. Besides this, the inefficient use of energy is one of the main reasons for the increase in the GHG emissions.

According to the survey on the manner of heating the households in the Skopje valley, conducted in January 2017 with the support of United Nations Development Program, most of the households, about 47%, use solid fuel (fuel wood, coal, pellets, briquettes) in their own combustion system, one third of households use electricity for heating and about 21% are supplied with heat from the central heating system. Also, more than half of the buildings have walls without additional thermal insulation.

The main aim of this paper is to determine, with as many details as possible, the impact of various heating measures on the GHG emissions (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), but also on the local pollution (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>) and air quality. For this purpose, a model (MARKAL-Skopje) is developed. The model was updated with the results from the survey. This paper investigates the effects of the following measures: 1) Improving the insulation of the household buildings, 2) Change of fuel and the manner of heating (more efficient technologies) and 3) Increased acceptance of central heating (the existing one or new small central heating systems)

In addition to the reference scenario "Skopje is suffocating", a scenario "Skopje is breathing" was created, which includes these three measures and the impact of their combined implementation was analyzed.

From the obtained results, it can be concluded that the measure "Changing heating practices (efficient technologies)" contributes the most to reducing PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> emissions, while CO<sub>2</sub> emissions are most reduced with the measure "Increased acceptance of central heating", if they are implemented as individual measures. With the implementation of the scenario "Skopje is breathing", a 70% reduction of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> emissions will be achieved, and around 11% reduction of CO<sub>2</sub> emissions in 2025, relative to the scenario "Skopje is suffocating". Compared to 2015, in the scenario "Skopje is breathing" the emissions of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in 2025 will be reduced by 60%. To implement the scenario "Skopje is breathing" a total of 356 mil. € are needed for the period from 2017 to 2025. Additional 212 million € are needed for the construction of new cogeneration power plants. Besides the pollution reduction, the additional benefit of



the measure "Improving the insulation of the household buildings" is the possibility of opening 690 new jobs.

## **ВОВЕД**

Според Годишниот извештај за квалитетот на животната средина за 2015 година на Министерството за животна средина и просторно планирање [1], измерените концентрации на  $PM_{10}$  честичките ги надминуваат дозволените гранични вредности на сите мерни места и тоа повеќекратно во зимскиот период. Во Извештајот од кампањата за мерење на тешки метали и полициклични ароматични јаглеводороди во Скопје направен во рамки на твининг проектот меѓу Финскиот метролошки институт и Министерството за животна средина и просторно планирање [2], се наведува дека горењето на биомасата учествува со 90% во вкупното загадување со  $PM_{10}$  честички. Лошата термичка изолација на објектите и неефикасните печки и котли кои се користат за загревање на домовите придонесуваат за зголемување на потребите за енергенти и со тоа и за локалното загадување. Покрај тоа, неефикасното користење на енергијата е еден од главните причинители и за зголемување на емисиите на стакленички гасови. Во прилог на ова е и студијата изработена од Машински факултет, која преку анализа на економски-оптимална и еколошки одржлива структура за греење на ниво на Град Скопје, дава преглед и на состојбата со емисиите на аерозагадувачки супстанции [3].

Со поддршка на Програмата за развој на Обединетите нации, во јануари 2017 год. реализирана е анкета<sup>2</sup> за начинот на загревање на домаќинствата во Скопската котлина (седумнаесет општини во рамките на Скопскиот плански регион) која на резултатите им придава и гео-локациско обележје (со можност за прикажување на мапа). Од анкетата може да се заклучи дека најголем дел од испитаниците, околу 47%, користат цврсти горива (огревно дрво, јаглен, пелети, брикети) во сопствен систем за согорување, третина од домаќинствата се грееат со помош на електрична енергија, а околу 21% се снабдуваат од системот за централно греење. Исто така, над половина од објектите имаат ѕидови без дополнителна топлинска изолација.

---

<sup>2</sup> Повеќе информации на <http://www.skopjesezagreva.mk/>

Интересен податок од анкетата е дека само 1,5% од анкетираниите домаќинствата го избираат начинот на греење според тоа колку уредот загадува.

Главна цел на овој труд е што подетално да го утврди влијанието на различни мерки во греењето врз емисиите на стакленички гасови ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) и врз локалното загадување ( $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ) и квалитет на воздухот. Затоа е неопходен модел кој веродостојно ја отсликува реалноста и кој може да послужи за анализа на различни мерки и политики за потребите на Град Скопје, како целина и на општините на територија на градот (Аеродром, Бутел, Гази Баба, Ѓорче Петров, Карпош, Кисела Вода, Сарај, Центар, Чаир и Шуто Оризари). Како влезни податоци во моделирањето се користат резултатите од анкетата за начинот на загревање на домаќинствата во Скопскиот регион.

Трудов ги проучува ефектите од истовремената имплементација на следниве мерки:

- Подобрување на изолацијата во објектите за домување;
- Промена на горивото и начинот на греење;
- Зголемено прифаќање на централното греење (постојното или мали централни системи).

Со примена на овие мерки се намалува влијанието на загревањето на домовите врз локалното загадување и врз емисиите на стакленички гасови.

## **МЕТОДИ И МАТЕРИЈАЛИ**

За моделирање на предложените мерки и оцена на нивните ефекти користен е MARKAL модел за градот Скопје, кој беше развиен за потребите на стратегијата за климатски промени на Град Скопје „Отпорно Скопје“ [4]. Моделот го опфаќа периодот од 2012 - 2025 година. Влезните податоци во моделот се ажурирани со најновите достапни податоци, односно направени се промени во поглед на цената на енергенсите, бруто домашниот производ (БДП), растот на популацијата итн.

Главни двигатели кои се користени за да се дефинираат потребите од енергија до 2025 година се: растот на БДП на ниво на Град Скопје и промената на населението, односно неговиот раст. За да се одреди растот на БДП се користат податоци од Државниот завод за статистика (ДЗС), и тоа распределба на БДП по

региони<sup>3</sup> и вкупниот БДП на ниво на држава, изразени во милиони денари. Притоа, според направени процени земено е дека БДП на Град Скопје претставува 80% од БДП на Скопски регион. Од направените анализи беше констатирано дека БДП на Град Скопје расте приближно исто со БДП на ниво на Македонија.

Проекциите на БДП на ниво на држава за периодот до 2025 година се земени од анализата за ублажување на климатските промени, направени во рамките на Вториот двогодишен извештај (SBUR) [5], па истиот тренд беше земен и за Град Скопје. Просечниот стапка на раст на БДП е предвидена да биде 4,16% до 2025 година, (слика 1).

Што се однесува до бројот на населението, исто така, се користат податоците од Државниот завод за статистика.<sup>4</sup> Со оглед на тоа што анализите во студијата се на ниво на Град Скопје, беше претпоставено дека 88% од бројот на жители во Скопскиот регион живеат во општините на Град Скопје.<sup>5</sup> Во проекциите се предвидува Град Скопје и понатаму да има најголем пораст на населението, но со тек на времето, тој пораст да се намалува. Вкупниот број на жители во градот Скопје во 2025 година се предвидува да се зголеми за 2,9% во однос на 2012 година или просечно годишно да расте со 0,22% (слика 2). За истиот период просечниот пораст на населението во Македонија се предвидува да биде 0,02%.



Слика 1. БДП - Град Скопје

Слика 2. Население - Град Скопје

<sup>3</sup> податоците се достапни до 2014 година, преку МАКСтат базата

<sup>4</sup> Податоците се достапни на МАКСтат базата, број на население по региони (состојба на 31.12) за периодот од 2006 до 2015 година, за Скопски регион

<sup>5</sup> Удел кој одговара на статистичките податоци за периодот 2012-2015 година, ако се одземе бројот на население во Општина Сопиште

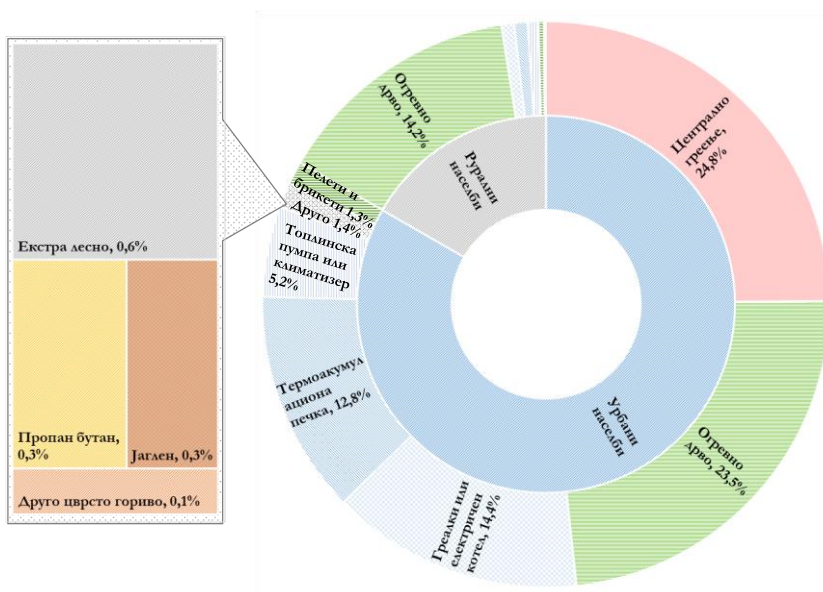
И покрај тоа што во овој труд главен акцент се става на домаќинствата, сепак со MARKAL моделот за градот Скопје се анализираат вкупните енергетски потреби на ниво на градот, кои се групирани во 4 клучни сектори: Производни индустрии и градежништво, Транспорт, Домаќинства и Неспецифициран сектор (кој ги опфаќа комерцијалниот и услужниот сектор).

За потребите на овој труд беше направена комплетна ревизија и ремоделирање на секторот Домаќинства. Имено, како влезни податоци во моделирањето се користат резултатите од анкетата за начинот на загревање на домаќинствата во Скопската котлина, спроведена во рамки на вториот двогодишен извештај за климатски промени. Од анкетираниите 5.044 домаќинства во Скопската котлина, моделирањето е направено врз основа на податоци од 4.469 анкети спроведени во општините на Град Скопје. Според анкетата, 83,3% од испитаниците живеат во урбана населба, од кои 43,2% живеат во куќа, а 40,1% живеат во стан. Останатите 16,7% од анкетираниите домаќинства се изјасниле дека живеат во рурална населба, од кои 95,1% се во куќи.

Од особена важност за оваа анализа се податоците од анкетата кои се однесуваат на греењето, т.е. технологиите кои се користат за греење на домовите (**слика 3**). Анкетата покажува дека домаќинствата во Град Скопје главно се греат на огревно дрво (37,6%), електрична енергија (34,4%) или централно греење (24,8%). Огревното дрво најмногу го користат граѓаните кои живеат во куќи. Имајќи ја предвид распределбата на живеалиштата по локација и тип, се забележува дека речиси сите граѓани кои живеат во куќи во рурални населби се греат на огревно дрво. Во урбаните средини, пак, сликата значително се разликува. Електричната енергија е чест избор за греење на домаќинствата и тоа најмногу преку користење на термоакумулациони печки, електрични греалки и котли. Од сите анкетирани домаќинства само 5,8% одговориле дека користат топлински пумпи или клима уреди за загревање на домовите и тоа 5,2% во урбаните и 0,6% во руралните заедници. На системот за централно греење се приклучени 24,8% од домаќинствата, а сите се лоцирани во урбани населби. На **слика 3** се воочува и дека дел од домаќинствата се греат на јаглен, нафта за ложење (екстра лесно), пропан бутан (ТНГ) и други цврсти горива. Иако нивното учество во вкупниот микс на горива е

## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

мал, дел од овие горива во голема мера придонесуваат кон емисиите на стакленички гасови и кон локалното загадување.



Слика 3. Технологии и горива кои се користат за греење на домовите

За да се проверат и валидираат податоците од оваа анкета беше направена споредба со податоците од анкетата спроведена од страна на ДЗС за потрошувачка на енергенси во домаќинствата [6], каде биле анкетирани 3.136 домаќинства на ниво на целата територија на Р. Македонија. Констатирано е дека има големо отстапување во податоците во однос на потрошувачката на огревно дрво. Имено, според податоците од анкетата за Скопската котлина се добива дека 44,7% од домаќинствата користат биомаса, додека кај ДЗС овој процент изнесува 32,3%. Исто така, забележано е дека процентот на домаќинства кои користат енергенси кои се помалку застапени, како на пример јаглен, во анкетата за Скопската котлина е повисок од процентот од анкетата на ДЗС.

Сите овие податоци се искористени за да се формира енергетскиот биланс на Град Скопје. Најпрво, за да се добие бројот на домаќинства во Град Скопје е искористен статистичкиот податок од ДЗС, каде се вели дека во 2015 година во

### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

општините Гази Баба, Ѓорче Петров, Карпош, Сарај и Скопје останат дел и Сопиште живеат 544.086 жители. Ако се одземе бројот на жители кои живеат во Сопиште, а се евидентирани со пописот од 2002 година (5.656 жители), добиено е дека на територијата на Град Скопје живеат 538.430 жители. Од спроведената анкета како резултат е добиен и просечниот број на лица по домаќинство и тој изнесува 3,73. Добиениот податок е верифициран со тоа што е направена споредба со резултатот добиен од анкетата спроведена од страна на ДЗС за потрошувачка на енергенс [6], каде за Скопскиот регион се вели дека живеат 3,79 лица во просек во едно домаќинство. Со поделба на 538.430 жители со 3,73 се добива дека на територијата на Град Скопје има 145.192 домаќинства. Користејќи ја процентуалната распределба според анкетата спроведена во рамките на вториот двогодишен извештај за климатски промени, се добива дека 120.961 домаќинство живеат во урбана средина, а 24.231 домаќинство во рурална средина.

Земајќи го предвид бројот на домаќинства на територијата на Град Скопје, процентуалната распределба за тоа кој тип на домаќинство на што се грее и која е нивната просечна потрошувачка на одреден енергенс се добива енергетскиот биланс на Град Скопје за греење. Енергетскиот биланс на Град Скопје за загревање на домаќинствата изразен во ktoe е прикажан во табела 1.

**Табела 1.** Енергетски биланс на Град Скопје за загревање на домаќинствата (ktoe)

Јаглен	ТНГ	Нафта за ложење	Огревно дрво	Брикети, пелети	Топлинска енергија	Електрична енергија
0,43	0,09	1,11	71,56	3,08	32,31	26,84

Повторно е направена валидација на добиените резултати со енергетскиот биланс на Република Македонија за 2015 година и е констатирано дека ниту една од вредностите не излегува надвор од рамките на енергетскиот биланс. Бидејќи во MARKAL моделот се моделира вкупната потрошувачка на енергија во секторот Домаќинства, а не само потребата за греење, беа направени дополнителни пресметки, со цел да се комплетира вкупниот енергетски биланс за домаќинствата. За вкупната потрошувачка на електрична енергија во овој сектор беа користени

податоците од публикацијата на ДЗС „Потрошувачка на енергенси во домаќинствата“ [6], каде за Скопскиот регион е добиено дека едно домаќинство во просек троши по 6.381 kWh годишно. Оваа количина, помножена по бројот на домаќинства за Град Скопје, ја дава вкупната потрошувачка на електрична енергија на ниво на Град Скопје.

## **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

За потребите на овие анализи се развиени две сценарија:

- Референтното сценарио „Скопје се гуши“, за кое е претпоставено дека не може да се користат понови технологии од оние што постојат во 2015 година;
- Сценарио „Скопје дише“ - во кое се оценува ефектот од имплементацијата на три мерки кои влијаат на потребите за греење на домаќинствата.

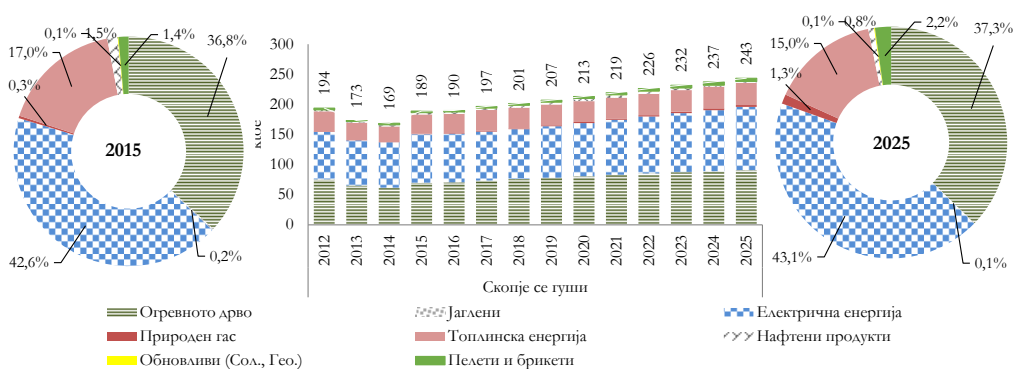
### **Референтно сценарио – „Скопје се гуши“**

Земајќи ги предвид трошоците за енергенси, цената за инсталирање на нова технологија, ефикасноста на технологиите, нивниот животен век, како и ограничувањето дека во сценариото „Скопје се гуши“ не може да се користат технологии понови/понапредни од оние што постојат во 2015 година, MARKAL моделот, врз основа на најниски трошоци, прави оптимална распределба и на ресурсите и на расположливите технологии во моделот (на страната на снабдувањето и на страната на потрошувачката), а со цел задоволување на крајните потреби од енергија во секој од секторите. Добиените резултати од моделот за сценариото „Скопје се гуши“, покажуваат зголемување на финалната потрошувачка на енергија за 26,3% во 2025 во однос на 2015 година, вкупно за четирите разгледувани сектори во моделот. Притоа најголем дел од потрошувачката, т.е. 45% е во секторот Производни индустрии и градежништво, а Домаќинствата и Транспортот имаат приближно исто учество од 26% и 23%, соодветно.

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Фокусот на овој труд е на секторот Домаќинства, а особено миксот на енергенси што се користи во овој сектор (слика 4), па од добиените резултатите може да се забележи следново:

- вкупно зголемување на финалната потрошувачка на енергија од 28,8% во 2025 година (243 ktOE) во однос на 2015 година (189 ktOE);
- доминантно учество на електричната енергија, со околу 43% во текот на целиот период;
- учество на огревното дрво од 37% во текот на целиот период;
- мало намалување на учеството на топлинската енергија од 17% во 2015 година на 15% во 2025 година;
- мало зголемување на учеството на пелетите и брикетите од 1,4% во 2015 година на 2,2% во 2025 година.

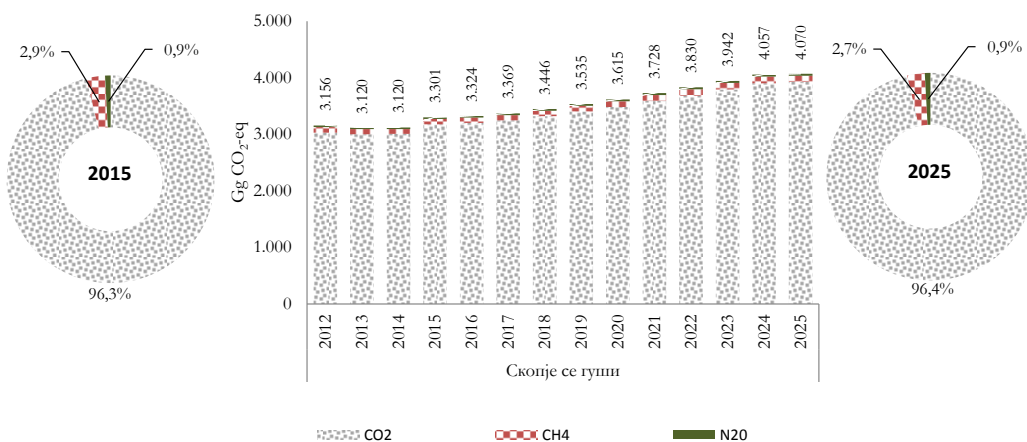


**Слика 4.** Финална потрошувачка на енергија по енергенси во секторот Домаќинства во сценариото „Скопје се гуши“ [ktOE]

Со оглед на тоа што во Референтното сценарио не се предвидува имплементација на мерки за намалување на емисиите на стакленичните гасови, резултатите од моделот покажуваат дека овие емисии континуирано се зголемуваат, достигнувајќи 4,070 Gg CO<sub>2</sub>-eq во 2025 година (слика 5), што претставува зголемување од 23% во однос на 2015 година (кога биле 3,301 Gg CO<sub>2</sub>-eq). Притоа, емисиите на CO<sub>2</sub> имаат доминантно учество од 96% низ целиот период, додека учеството на CH<sub>4</sub> изнесува околу 3%, а на N<sub>2</sub>O 0,9%



## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?



**Слика 5.** CO<sub>2</sub>-eq емисии по гасови во сценариото „Скопје се гуши“ [Gg CO<sub>2</sub>-eq]

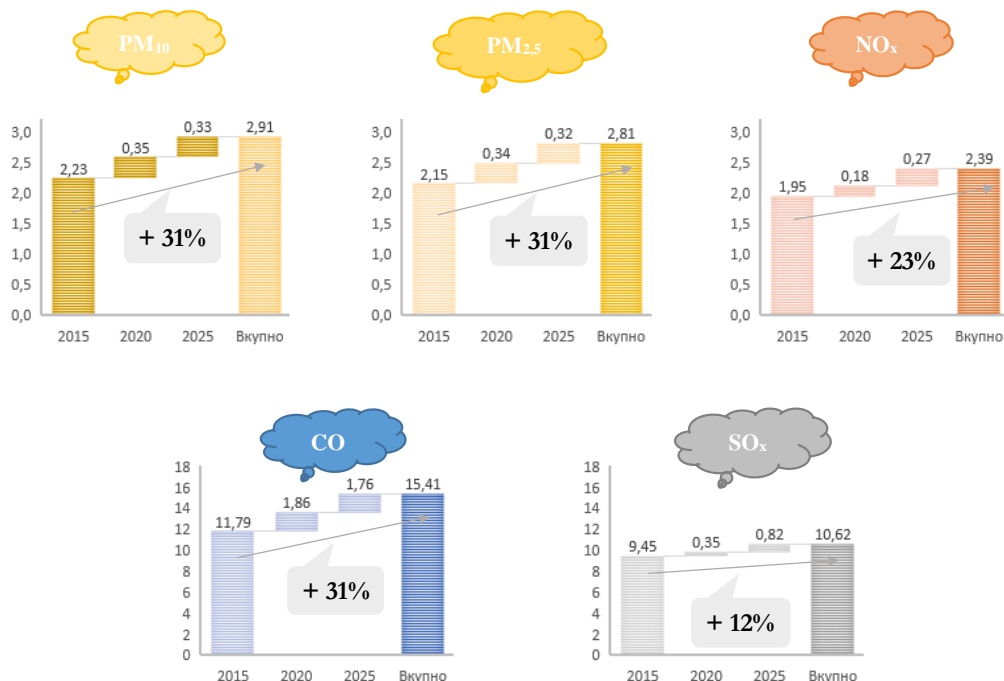
За потребите на овие анализи, MARKAL моделот за Град Скопје беше прилагоден да може како излезен резултат да ги пресметува и локалните емисии за секоја технологија којашто се користи за греење во секторот Домаќинство, користејќи ја Tier 2 методологијата за емисиони фактори, пропишана од IPCC [7]. Врз основа на потрошувачката на енергенси (пред сè на потрошувачката на огревно дрво), технологиите кои се користат за греење и нивната ефикасност, како и развојот на секторот Домаќинства во градот Скопје добиени се следниве резултати (Слика 6):

- континуирано зголемување на локалните емисии;
- најголемо зголемување на PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> и CO за по 30,5% во 2025 година во однос на 2015 година;
- зголемување на NO<sub>x</sub> за 23% во 2025 година во однос на 2015 година;
- зголемување на SO<sub>x</sub> за 12,4% во 2025 година во однос на 2015 година.

Резултатите покажуваат дека огревето дрво е најголемиот локален загадувач. Од друга страна, тоа е обновлив извор на енергија, и како таков е поволен

## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

за намалување на емисиите на стакленички гасови.<sup>6</sup> Доколку не се преземат одредени мерки за намалување на локалното загадување тоа не само што нема да се намали, туку и би се зголемило.



Слика 6. Локални емисии во сценариото „Скопје се гуши“ [Gg]

### Сценарио „Скопје дише“

Покрај референтното сценарио „Скопје се гуши“, креирано е сценарио „Скопје дише“ во кое е анализиран ефектот од заедничката имплементацијата на следниве три мерки:

- Подобрување на изолацијата во објектите за домување;
- Промена на горивото и начинот на греење (ефикасни технологии);
- Зголемено прифаќање на централното греење (постојното или мали централни системи).

<sup>6</sup> CO<sub>2</sub> емисиите од согорувањето на огревното дрво не се земаат предвид при пресметката на вкупните емисии на стакленички гасови, затоа што се смета дека тоа има исто толку апробирано CO<sub>2</sub> за време на својот животен век.

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Секоја од овие мерки е поединечно разгледувана од аспект на потребните инвестиции, заштедите на енергија и намалувањето на емисиите на стакленички гасови и аерозагадувачки супстанции во рамките на Студијата за греење на Град Скопје [8], на која се базира и овој труд.

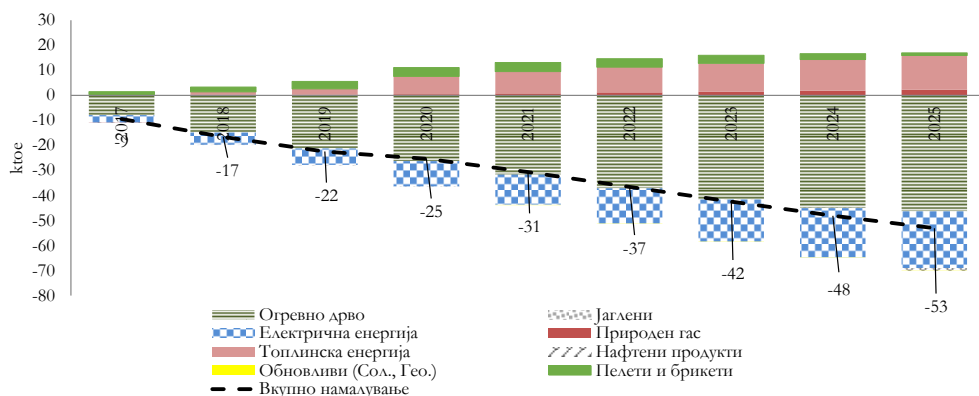
Поради тоа што постои голема поврзаност на трите мерки, односно ефектот од една мерка се препокрива со другите, се анализира ефектот кога ќе се имплементираат сите три мерки истовремено. Бројот на домаќинства опфатени со секоја од мерките е даден во табела 2.

Табела 2. Број на домаќинства опфатени со мерките

Опис:	Цел до 2025 година	
	Урбани населби	Рурални населби
Удел на домаќинства во кои е имплементирана барем една од мерките:	55%	42%
<b>Број на домаќинства кои:</b>		
- ќе ги исполнуваат најстрогите критериуми за енергетски ефикасен објект	15.600	2.500
- ќе користат поефикасни печки на огревно дрво	20.400	3.900
- ќе користат печки на пелети	7.280	850
- ќе користат топлотни пумпи	16.280	3.100
- ќе користат печки на природен гас	2.700	260
- ќе прифатат користење на системот за централно греење	10.000	/

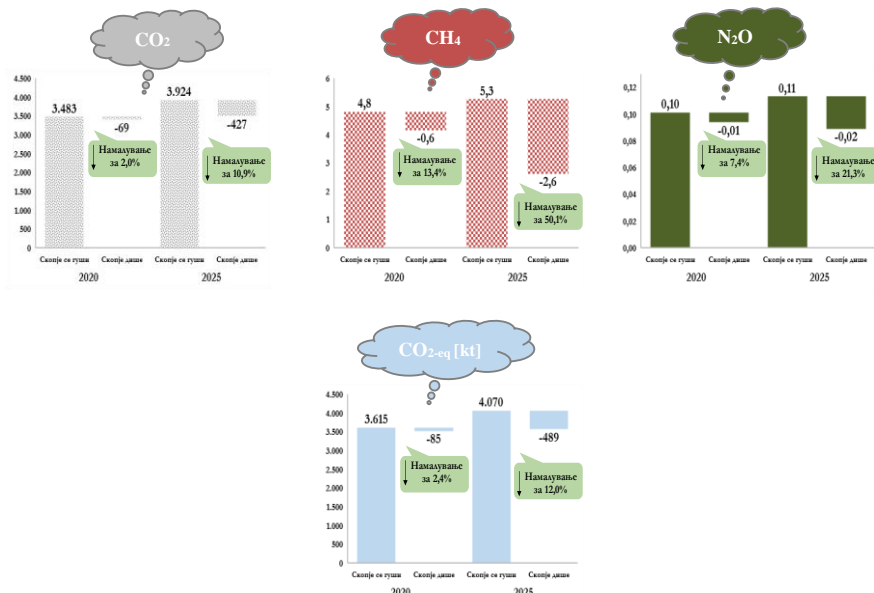
Според резултатите од ова сценарио, имплементирањето на сите мерки доведува до значително намалување на финалната потрошувачка на енергија во секторот Домаќинства, кое во 2025 година достигнува 22%, споредено со сценариото „Скопје се гуши“ (слика 7). Анализирајќи како овие промени се рефлектираат на потрошувачката на поединечните енергенси, најголемо намалување се забележува кај огревно дрво (за 50%), како и намалување на потрошувачката на електрична енергија за околу 45%, а на сметка на тоа се зголемува потрошувачката на топлинска енергија и природен гас за 37 % и 70% соодветно.

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?



Слика 7. Заштеда на финална потрошувачка на енергија по енергенси кај сценариото „Скопје дише“, во однос на сценариото „Скопје се гуши“

Намалувањето на финалната потрошувачката (особено на огревното дрво) и отворањето на новите ТЕ-ТО придонесуваат за намалување на емисиите на CO<sub>2</sub> за околу 11%, на CH<sub>4</sub> за околу 50%, и на N<sub>2</sub>O за околу 21%, во 2025 година, во однос на сценариото „Скопје се гуши“ (слика 8).

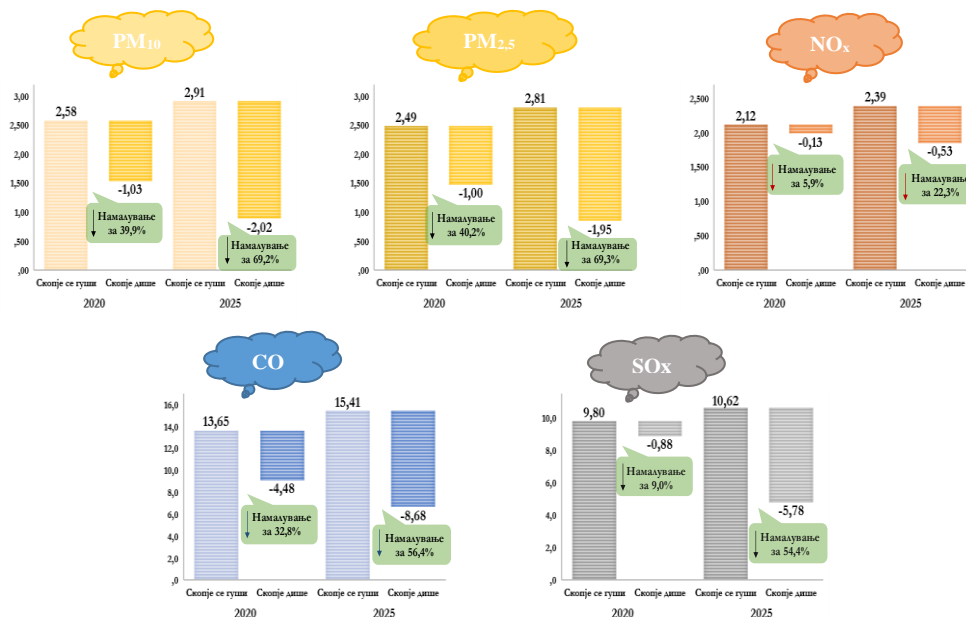


Слика 8. Намалување на емисиите на стакленички гасови кај сценариото „Скопје дише“, во однос на сценариото „Скопје се гуши“

## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Во поглед на аерозагадувачките супстанции, кои се причинители на локалното загадување, во сценариото „Скопје дише“ во 2025 година, споредено со сценариото „Скопје се гуши“ (слика 9), се постигнува:

- големо намалување на  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  емисиите од околу 70%;
- големо намалување на  $CO$  и  $SO_x$  емисиите од околу 55%;
- намалување на  $NO_x$  емисиите од околу 22%



Слика 9. Намалување на локалните емисии кај сценариото „Скопје дише“, во однос на сценариото „Скопје се гуши“

За реализација на ова сценарио потребни се 356 мил. € за периодот од 2017 година до 2025 година. Дополнително се потребни 212 мил. € за изградба на нови ТЕ-ТО.

Како дополнителна придобивка од мерката „Подобрување на изолацијата во објектите за домување“ е креирањето на вкупно 690 нови „зелени“ работни места на територијата на Град Скопје до 2025 година.

## **ЗАКЛУЧОК**

Како главни заклучоци од овој труд од аспект на штетните емисии од греењето на домаќинствата може да се извлечат следниве:

- Како поединечна мерка која најмногу придонесува за намалување на  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  емисиите е мерката „Промена на начинот на греење (ефикасни технологии)“;
- Во однос на  $CO_2$  емисиите, мерката „Зголемено ирифаќање на централното греење“ има најголем придонес за нивно намалување, како поединечна мерка;
- Со имплементирање на сценариото „Скопје дише“ може да се постигне 70% намалување на  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  и околу 11% намалување на  $CO_2$  емисиите во 2025 година, во однос на референтното сценарио „Скопје се гуши“;
- Вкупно потребни средства за реализација на сценариото „Скопје дише“ се 356 Мил. € за периодот од 2017 година до 2025 година;
- Дополнителни 212 Мил. € се потребни за изградба на нови ТЕ-ТО.
- Мерката „Подобрување на изолацијата во објектите за домување“ создава можност за отворање на дополнителни 690 нови работни места.

Генерална препорака од овој труд е дека загадувањето на воздухот не може да се намали за една или две години, и со решавање на само еден сектор. Имплементацијата на мерките за намалување треба да се координира и правилно да се одреди, бидејќи некои брзи одлуки и акции може да предизвикаат негативни несакани ефекти, како што се зголемување на цените.

## **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] МЖСПП. Годишен извештај од обработени податоци за квалитетот на животната средина во Република Македонија за **2015-2016**.
- [2] МЖСПП; Фински метеоролошки институт. Извештај од кампањата за мерење на тешки метали и полициклични ароматични јагледородороди во Скопје 2015-2016 година, **2017**.
- [3] Машински Факултет – Скопје, МАЦЕФ. Дефинирање на техничко – економски оптимална и еколошки одржлива структура за греење и имплементирање на централизирано снабдување со санитарна топла вода на градот Скопје, **2017**.

- [4] Град Скопје. Отпорно Скопје - Стратегија за климатски промени, **2017**.
- [5] ИЦЕОР-МАНУ; МЖСПП. Втор двогодишен извештај за климатски промени на Република Македонија - Ублажување на климатски промени. **2017**.
- [6] Држ. завод за статистика. Потрошувачка на енергенси во домаќинствата, **2014-2015**.
- [7] European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Part B: sectoral guidance chapters. n.d., **2016**.
- [8] ИЦЕОР-МАНУ. Студија за греење на градот Скопје, анализа на политики и мерки - СТУГРЕС, **2017**.

#### **БЛАГОДАРНОСТ:**

Претставените анализи се дел од активностите на три проекти на УНДП, подготвени со финансиска и техничка поддршка на Глобалниот фонд за животна средина, Министерството за финансии на Република Словачка и Град Скопје. Авторите се заблагодаруваат за поддршката од Град Скопје и Министерството за животна средина и просторно планирање.

**МЕТОДОЛОГИЈА И  
Е-КАЛКУЛАТОР ЗА ГРЕЕЊЕ ВО ДОМОВИТЕ**

Александра Дединец<sup>1</sup>, Александар Дединец<sup>2</sup>, Верица Тасеска-Ѓоргиевска<sup>2</sup>, Наташа Марковска<sup>2</sup>, Павлина Здравева<sup>3</sup>, Јасмина Белчовска Тасевска<sup>3</sup>, Љупчо Коцарев<sup>2</sup>,  
Глигор Каневче<sup>2</sup>

e-mail: aleksandra.kanevche@finki.ukim.mk

<sup>1</sup>Факултет за информатички науки и компјутерско инженерство, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република Македонија

<sup>2</sup>Истражувачки центар за енергетика и одржлив развој, Македонска академија на науките и уметностите, Скопје, Република Македонија

<sup>3</sup>UNDP, Скопје, Република Македонија

**Апстракт**

Еден од значајните извори на загадување во градот Скопје е загревањето на домаќинствата. Со цел да се намали загадувањето од овој сектор, потребно е да се преземат мерки, како што се подобрување на изолацијата на домовите и промена на начинот на греење, односно на неефикасните технологии кои се користат. Во главно, најголемиот дел од средствата за реализација на ваквите мерки доаѓаат од самите граѓани. Во таа насока е и целта на развивањето на методологијата и е-калкулаторот предложени во овој труд, со што целиот концепт ќе им се доближи на граѓаните. Имено, со помош на развиената софтверска алатка им се нуди можност да оценат како одлуките за типот и дебелината на изолација и типот на технологија за греење влијаат врз вкупната потрошувачка на енергија. Заедно со тоа, се дава приказ и за влијанието на овие одлуки врз трошоците што ги има домаќинството за загревање, како и нивното влијание врз животната средина. Всушност, со помош на оваа алатка на секое поединечно домаќинство му се овозможува да согледа кој начин на загревање е најсоодветен за нив, истовремено заштедувајќи и енергија и финансиски средства, а, се разбира, и намалувајќи го штетното влијание врз животната средина.

**Клучни зборови:** калкулатор за греење, емисии на стакленички гасови, загадувачи на воздух



## **Abstract**

One of the significant sources of pollution in the City of Skopje is the household heating. In order to reduce the pollution from this sector, it is necessary to take measures such as improving the isolation of the households and changing the way of heating, that is, the inefficient technologies that are used. In general, most of the funds for the realization of such measures should come from the citizens themselves. In this direction, the goal of the developed methodology and e-calculator within this paper is to bring the whole concept closer to the citizens. Namely, with the help of the proposed software tool, it is offered to evaluate how decisions about the type and thickness of the insulation and the type of heating technology affect the total energy consumption of a certain household. Additionally, the impact of these decisions on the household's heating costs, as well as their impact on the environment is also presented. In fact, with the help of this tool, each individual household can determine which way of heating is the most appropriate for them, while saving both energy and financial resources, and at the same time reducing the negative impact on the environment.

## **ВОВЕД**

Загадувањето кое доаѓа од загревањето на домовите е проблем кој зависи од повеќе фактори. Еден од нив е изолацијата на објектите, фактор на кој во последно време му се дава сè поголемо значење при изградбата на нови објекти, наметнувајќи одредени стандарди за енергетска ефикасност кои треба да ги исполнуваат објектите. Сведоци сме на сè поголемата иницијатива за изолација и на веќе постојните објекти, на пример, реконструкција на градинките и училиштата, мерки кои се предвидени и во акцискиот план за енергетска ефикасност [1].

Друг фактор, кој е од особена важност при загревањето на домовите, се технологиите кои се користат за нивно загревање. Според резултатите од анкетата спроведена во Град Скопје [2] домаќинствата во Град Скопје главно се греат на огревно дрво (37,6%), електрична енергија (34,4%) или централно греење (24,8%). Огревното дрво најмногу го користат граѓаните кои живеат во куќи и речиси сите граѓани кои живеат во куќи во руралните населби се греат на огревно дрво. Во урбаните заедници, пак, електричната енергија е чест избор за греење на домаќинствата и тоа најмногу преку користење на термоакумулациони печки,

## *Загадување на Градовите во Република Македонија: кои се решенијата?*

електрични греалки и котли. Од сите анкетирани домаќинства само 5,8% одговориле дека користат топлински пумпи или клима уреди за загревање на домовите и тоа 5,2% во урбаните и 0,6% во руралните заедници. На системот за централно греење се приклучени 24,8% од домаќинствата и сите се лоцирани во урбани населби. Дел од домаќинствата се грееат на јаглен, екстра лесно гориво, пропан бутан и други цврсти горива. Иако нивното учество во вкупниот микс на горива е мал, дел од овие горива во голема мера придонесуваат кон емисиите на стакленички гасови и кон локалното загадување.

Врз основа на овие податоци, развиена е студија – СТУГРЕС [2] во која се дефинирани три мерки за подобрување на квалитетот на воздухот и ублажување на климатските промени и тоа: подобрување на изолацијата во објектите за домување, промена на горивото и начинот на греење и зголемено прифаќање на централното греење (од постојното или од нови, мали централни системи).

Методологијата и е-калкулаторот кои што се развиени во рамките на овој труд се мотивирани од студијата СТУГРЕС и претставуваат продолжение на оваа студија. Имено, со помош на оваа алатка на секој граѓанин на Град Скопје му се овозможува:

- Пресметка на потребната енергија за загревање на одреден објект со технологијата што ја поседува;
- Пресметка на тоа дали и колку би заштедил доколку би купил нова технологија за загревање на објектот, како и предлог за замена на постојната;
- Оценка на влијанието на типот и дебелината на изолацијата врз потрошувачката на енергијата;
- Споредба на потрошувачката на енергија во едно домаќинство во случаите каде што соседните простории се затоплуваат, или не се затоплуваат;
- Оценка како неговиот избор влијае врз животната средина.

Со оглед на тоа што најголемиот дел од средствата за реализација на мерките предложени во СТУГРЕС треба да дојдат токму од самите граѓаните, оваа методологија ќе овозможи целиот овој концепт да им се доближи на граѓаните. Воедно, калкулаторот ќе придонесе кон заложбите за намалување на загадувањето во градот Скопје и подобрување на квалитетот на воздухот.

Развиената методологија се состои од четири дела детално опишани во поглавјето „Материјали и методи“: модел за потрошувачка на енергија, економски модел, околински модел и алгоритам за одлучување. Во следното поглавје од овој труд се дадени резултатите и соодветна дискусија во поглед на прикажување на софтверското решение кое е развиено, како и во поглед на анализа на карактеристичен случај со кој се презентираат можностите кои ги нуди развиениот е-калкулатор. Во последната глава е презентираан заклучокот на овој труд.

## **МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ**

### **Модел за потрошувачка на енергија**

Првиот дел од е-калкулаторот се состои од модул за пресметување на потребната количина на енергија за загревање на еден објект на одредена температура (корисна енергија) [3]. Понатаму, се пресметува и финалната потрошувачка на енергија за чија пресметка е потребно да се знае технологијата која што се користи за греење.

Вкупната потребна енергија за загревање на еден објект се пресметува како збир од загубите на енергија преку пет различни типови на површини и тоа:

- надворешни ѕидови – односно ѕидови кои се граничат само со надворешен простор;
- внатрешни ѕидови – односно ѕидови со кои анализираниот простор се граничи со останати станови (соседи/соседни простории) на истиот кат;
- таван на анализираниот простор (сосед/соседна просторија на горниот кат или кровна конструкција);
- под на анализираниот простор (сосед/соседна просторија на долниот кат или приземје);
- прозорци во просторот.

За таа цел, секој од делови детално е објаснет во понатамошниот текст.

При пресметувањето на загубите на енергија преку надворешните ѕидови, кровот и прозорците, од особена важност е предвид да се земе и влијанието односно ефектот на соларната радијација. За таа цел, прво во ова поглавје е претставен моделот на соларна радијација кој се користи во рамките на овој е-калкулатор.

### Модел на соларна радијација

За пресметување на соларната радијација се користи моделот на Collares-Pereira и Rabl [4]. Главната равенка врз која се заснова овој модел е следнава:

$$\bar{H}_h = \bar{H}_{day} \frac{\pi}{24} (b + d \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{2\pi\omega_s}{360} \cos \omega_s}$$

каде што коефициентите  $b$  и  $d$  се пресметуваат со помош на следниве равенки:

$$b = 0,409 + 0,5016 \sin(\omega_s - 60^\circ)$$

$$d = 0,6609 - 0,4767 \sin(\omega_s - 60^\circ)$$

$\bar{H}_{day}$  е променлива која ја претставува дневната радијација,  $\omega$  е аголот на сонцето во средината на часот за кој се пресметува сончевата радијација,  $\omega_s$  - аголот на заоѓање на сонцето, којшто се пресметува според следнава равенка:

$$\omega_s = \cos^{-1}(\tan \varphi \tan \theta)$$

каде  $\varphi$  е географска ширина на анализираното место и  $\theta$  е агол на соларна деклинација кој се пресметува за репрезентативен ден во месецот.

Со помош на Liu-Jordan, Klein моделот вкупната соларна радијација на одредена површина на земјата се пресметува со помош на следната равенка:

$$I = I_b + I_d + I_r$$

каде  $I_b$  ја претставува директната соларна радијација,  $I_d$  е дифузна радијација,  $I_r$  е хемисферска радијација и се дадени со равенките:

$$I_b = \bar{H}_h (1 - \bar{K}_d) \bar{R}_b$$

$$I_d = \bar{H}_h \bar{K}_d \frac{1 + \cos \beta}{2}$$

$$I_r = \bar{H}_h \rho \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

каде  $\bar{K}_d$  и  $\bar{R}_b$  се дефинирани со следниве равенки:

$$\bar{K}_d = 1,05 - 1,125 \bar{K}_T$$

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \theta \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \omega_s \sin(\varphi - \beta) \sin \theta}{\cos \varphi \cos \theta \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \omega_s \sin \varphi \sin \theta}$$

и каде  $\bar{K}_T$  е индекс на бистрина на инсолација,  $\varphi$  е географска ширина и  $\beta$  е агол на азимут на површината.

### **Загуби на енергија преку надворешни сидови**

Во однос на загубата на топлина преку надворешните сидови, корисникот треба да ги внесе следниве основни параметри:

- Внатрешна температура која корисникот сака да ја има во просторијата ( $T_v$ )
- Висина ( $A$ ) и ширина ( $B$ ) на надворешниот сид (во метри)
- Карактеристики за трите слоја кои ги има сидот, вклучувајќи:
  - Дебелина ( $\delta_v$ ) во mm и тип ( $\lambda_v$ ) на внатрешна изолација
  - Дебелина ( $\delta_s$ ) во mm и тип ( $\lambda_s$ ) на самиот сид (без изолација)
  - Дебелина ( $\delta_n$ ) во mm и тип ( $\lambda_n$ ) на надворешна изолација

Врз основа на овие внесени параметри, може да се пресмета вкупната енергија која се губи преку надворешните сидови. За таа цел, прво се пресметува вкупната топлотна отпорност со помош на следнава равенка:

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_v}{1000 \cdot \lambda_v} + \frac{\delta_s}{1000 \cdot \lambda_s} + \frac{\delta_n}{1000 \cdot \lambda_n},$$

каде:

- $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  се коефициенти на пренесување на топлина на внатрешната и надворешната површина на сидот,
- $\delta_v$ ,  $\delta_s$  и  $\delta_n$  се дебелините на слоевите кои корисникот ги внесол за внатрешната изолација, самиот сид на средината и надворешната изолација
- $\lambda_v$ ,  $\lambda_s$  и  $\lambda_n$  ја претставуваат топлотната спроводливост на секој од слоевите, чија што вредност зависи од типот на изолација и сид кои корисникот ги избрал.

Врз основа на топлотната отпорност се пресметува топлотната спроводливост со помош на следната равенка:

$$k = \frac{1}{R}$$

Користејќи го коефициентот  $k$ , специфичниот топлотен проток  $q$  може да се пресмета користејќи ја следната равенка:

$$q = k(T_v - T_{ns})$$

## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

каде  $T_v$  е внатрешната температура која ја внесол корисникот, а  $T_{ns}$  е надворешната температура, во која предвид е земен и ефектот од соларната радијација со помош на равенката:

$$T_{ns} = T_n + \frac{\alpha_s I}{\alpha_2}$$

каде  $T_n$  е надворешната температура,  $I$  е соларната радијација, а  $\alpha_s$  е соларна абсорптивност.

Вкупниот топлотен проток на целата површина на надворешниот ѕид се пресметува со помош на равенката:

$$Q = qAB$$

Каде  $A$  и  $B$  се висината и ширината на ѕидот внесени од корисникот. На крај, се пресметува енергијата која е потребна за да се надоместат загубите на топлина преку надворешниот ѕид, за една грејна сезона, со помош на:

$$E_n = \sum_{i=1}^{4392} Q_i$$

### Загуби на енергија преку внатрешни ѕидови, таван и под

Покрај загубите преку надворешните ѕидови, загуби има и преку внатрешните ѕидови (ѕидови кои се кон соседен стан, доколку се работи за стан, или кон соседна соба, доколку се анализира една соба во куќа), преку таванот и преку подот. За секоја од овие три ставки потребно е да се креираат слични форми како таа за загубите преку надворешниот ѕид.

Параметрите кои се потребни, како и равенките кои се користат за пресметување на загубите на енергија преку соодветниот тип на ѕид се исти како оние за надворешните ѕидови, со што на крај треба да се добијат:

- $E_v$  - енергија потребна за надоместување на загубите преку внатрешните ѕидови,
- $E_t$  - енергија потребна за надоместување на загубите преку таванот,
- $E_p$  - енергија потребна за надоместување на загубите преку подот.

Притоа, треба да се земе предвид дека соларната радијација не треба да биде вклучена во пресметките за внатрешните ѕидови и за подот (односно температурата треба да се земе како што ја внесол корисникот без да се менува). Единствено треба

да биде вклучена за таванот, доколку тој во исто време е и кров кој е изложен на соларна радијација.

### **Загуби и добивка на енергија преку прозорците**

Покрај ѕидовите, потребно е да се пресметаат загубите на енергија преку прозорците. За таа цел, врз основа на податоците кои корисникот ќе ги внесе за прозорците (како што се, тип и број на рамки и број на комори) се одредува коефициентот за пренос на топлина на прозорците  $U$ .

Топлотниот проток преку прозорците се пресметува со помош на равенката:

$$q_w = U(T_v - T_n)$$

Вкупниот топлотниот проток се пресметува користејќи ја равенката:

$$Q_w = q_w A_w B_w$$

каде  $A_w$  е висина, а  $B_w$  е ширина на вкупната површината на прозорците.

Вкупната енергија која се губи низ прозорците во една грејна сезона се добива со помош на равенката:

$$E_{w,out} = \sum_{i=1}^{4392} Q_{w,i}$$

Меѓутоа, покрај загубите низ прозорците, треба да се земат и предвид добивките на топлина преку соларната радијација. За таа цел, се користи следнава равенка:

$$E_{w,in} = I W_{SF} A_w B_w$$

Каде  $I$  е соларната радијација, а  $W_{SF}$  е соларниот фактор на прозорците.

### **Вкупни загуби на енергија**

Врз основа на добиените загуби и добивки на топлинска енергија, на крај треба да се пресметаат и прикажат сумарните резултати за следниве ставки:

- Вкупни загуби на топлинска енергија преку:
  - Надворешни ѕидови ( $E_n$ )
  - Внатрешни ѕидови ( $E_v$ )
  - Таван ( $E_t$ )
  - Под ( $E_p$ )
  - Прозорци ( $E_{w,out}$ )

## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

- Вкупни добивки на топлинска енергија преку:
  - Прозорци ( $E_{w,in}$ )

Дополнително на поединечниот приказ, треба да се прикажат и сумарните загуби на топлинска енергија со помош на равенката:

$$E_{vkupno} = E_n + E_v + E_t + E_p + E_{w,out} - E_{w,in}$$

### Економски модел

Со претходниот дел од методологијата пресметана е енергијата, потребна во текот на зимскиот период за одреден објект да се загрева на зададена температура, во текот на зимскиот период. За да се одредат трошоците кои ги има корисникот за моменталната технологија, потребно е да се одреди количеството на финална енергија, тоа значи да се одреди количеството на пример на дрва. Овде од круцијална важност е да се напомене дека потрошувачката на финална енергија за загревање на одреден објект е во директна спрега со изборот на технологија кој се користи за загревање. За таа цел, потребно е корисната енергија да се подели со ефикасноста на технологијата која се користи за загревање на просторот, односно се користи равенката:

$$E_{finalno} = E_{vkupno} / Eff_{teh}$$

каде:

$E_{vkupno}$  - вкупна корисна енергија

$Eff_{teh}$  - ефикасност на технологијата

Со цел да се одреди економската исплатливост при купување на нова технологија за греење, од особена важност е пресметување на “Levelized Investment”, што значи колку пари треба да се одвојуваат за технологијата до крајот на нејзиниот животниот век. Овој резултат се добива со помош на равенката:

$$Levelized\ investment = investment\ cost / \sum_{j=1}^{LIFE} (1 + d)^{-j}$$

каде што  $investment\ cost$  е цената на новата технологија,  $LIFE$  е животниот век на технологијата, а  $d$  е каматната стапка.

Притоа, вкупните трошоци за новата технологија се збир од годишните инвестициски трошоци за технологијата и годишните трошоци за гориво.



## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Доколку новата технологија се споредува со веќе постојна технологија, заштедата што се добива е разликата од вкупните трошоци за постојната технологија и новата технологија.

### Околински модел

Целта на околинскиот модел е да се пресмета какво влијание има изборот на технологија за греење, начинот и дебелината на изолација, како и типот на прозорци на корисникот врз околината.

За да се одреди количеството на емисии, создадени од енергенсите кои се користат за загревање на домовите, одбрано е да се користи „Ниво 2“ методологија според Европската агенција за животна средина [5]. Тоа значи дека за секоја технологија посебно се дефинирани емисиони фактори во зависност од горивото кое што го користи. Количеството на емисии се одредува со помош на формулата:

$$E_i = \sum_{j,k} EF_{i,j,k} * A_{j,k}$$

каде:

$E_i$  – годишни емисии за полутантот/гасот  $i$ ,

$EF_{i,j,k}$ - емисионен фактор за полутантот/гасот  $i$  за уредот од тип  $j$  и енергенс  $k$ ,

$A_{j,k}$ - годишна потрошувачка на енергент  $k$ , уредот од тип  $j$

### Алгоритам за одлучување

Врз основа на направените анализи за потрошувачката на енергија, околинскиот ефект, како и економскиот модел, на корисникот може да му се предложи која опција е најсоодветна за него. Во тој случај, изборот за најдобра опција за технологија за греење се врши според одредени критериуми (како на пример, почетна вредност на инвестицијата, влијание врз животната средина итн.). Притоа, корисникот треба да ги подреди критериумите по важност според негово мислење.

За таа цел, потребно е да се имплементира методологија за одлучување според повеќе критериуми, којашто е дадена во продолжение. Всушност, тежините за секој критериум се одредуваат со користење на методот на Аналитичка

хиерархија (АНР). Овој процес на одлучување се користи за да се извлечат заклучоци за соодносот на тежините на критериумите, врз основа на споредба на парови. За таа цел, на почетокот се креира матрица  $A$  за споредба на парови. Матрицата е со големина  $m \times m$ , каде што  $m$  е бројот на критериуми коишто се анализираат. Секој влез  $a_{jk}$  од матрицата ја претставува важноста на  $j$ -от критериум во однос на  $k$ -от критериум. Ако  $a_{jk} > 1$ , тогаш  $j$ -от критериум е поважен од критериумот  $k$ . За да се оцени колку  $j$ -от критериум е поважен од критериумот  $k$  се користи нумеричка скала од 1 до 9, така што 9 значи дека е апсолутно поважен. Доколку критериумот  $k$  е подеднакво или поважен од критериумот  $j$ , тогаш се користат соодветните реципрочни вредности.

По одредување на матрицата со споредби, се пресметува векторот на приоритети. (Во рамките на оваа методологија се користи апроксимација на сопствениот вектор (и сопствената вредност) на реципрочната матрица). За таа цел, прво се пресметува нормализирана матрица на споредби  $A_{norm}$  според следнава равенка:

$$\bar{a}_{jk} = \frac{a_{jk}}{\sum_{l=1}^m a_{lk}}$$

На крај, елементите на векторот на тежини на критериумите  $w$  може да се пресметаат со усреднување по редиците, со помош на следнава равенка:

$$w_j = \frac{\sum_{l=1}^m \bar{a}_{jl}}{m}$$

Векторот  $w$ , кој исто така се нарекува вектор на приоритети, ги прикажува релативните тежини помеѓу критериумите кои се споредуваат.

## **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

### **Влезни податоци**

За да може да се пресметаат потребите од топлинска енергија, потребно е да се знаат просечните часовни температури во градот Скопје. За таа цел, ќе се користат часовните температури од Weather Underground [6]. Како карактеристична грејна сезона е искористена сезона 2011/2012.

За секој од понудените типови на материјали потребно е да се внесат нивните карактеристики. Во Табела 3 се дадени параметрите кои се користат за секој тип на материјал.

**Табела 3. Карактеристики на материјалите [3,7]**

Материјал	$\delta$ [cm]	$\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]
Малтер	2	0,720
Тула	20	0,620
Екструдирани полистирен	1-16	0,029
Дрво	3	0,100
Бетон	15	1,500

Вредностите за  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  се 15 [W/m<sup>2</sup>K] и 50 [W/m<sup>2</sup>K], соодветно.

Карактеристиките на прозорците кои се користени во софтверот се дадени во Табела 4.

Технологиите кои се предложени во софтверската алатка, заедно со нивните карактеристики, се земени од неколку компании чии технологии за греење се моментално застапени на пазарот во Македонија [8-12].

Цените на енергенсите се ажурирани врз основа на податоците дадени од страна на Регулаторната комисија за енергетика, Македонски шуми, ЕВН Македонија и Макпетрол.

**Табела 4. Карактеристики на прозорци [13]**

Материјал	Вредност за $U$ [W/m <sup>2</sup> K]
Дрвени	
1 рамка	5,02
2 рамки	2,9
PVC	
3 комори	1,39
5 комори	1,31
6 комори	1,29
7 комори	1,2
Алуминиумски	1,61

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Во однос на околинскиот модел, во рамките на трудот искористени се емисионите фактори, предложени од Европската агенција за животна средина (Energy Environment Agency – EEA), во однос на загревање на домаќинствата [5].

### Приказ на софтверското решение за е-калкулаторот

Развиеното софтверско решение за е-калкулаторот е достапно на веб страницата <http://heatcalculator.manu.edu.mk>. Алатката е составена од два дела: Дома и Калкулатор (Слика 10).

**Калкулатор за греење**  
За најлесен избор на нова технологија за греење, на најекономски начин, но имајќи ги во предвид и ефектите врз животната средина

**ДОМА** **КАЛКУЛАТОР**

### Дома

Калкулаторот за греење му овозможува на корисникот на најлесен начин да дознае:

- колку енергија му е потребна за загревање на неговиот дом;
- како различниот тип на **изолација** влијае на потрошувачката на енергија во неговиот дом;
- која е неговата економска најисплаќлива **опција за греење**;
- како неговиот избор на начин на греење **влијае врз животната средина**.

Дополнително, калкулаторот нуди можност корисникот да дознае како околните простории (станови) влијаат врз неговата потрошувачка на енергија.

**Интересни факти**

**Дали знаете дека во град Скопје:**  
Доколку не преземеме мерки емисиите (kt) на **PM10, PM2.5, CO** ќе се зголемят за **31%** во 2025 година во однос на 2015 година

Year	PM10 (kt)	PM2.5 (kt)	CO (kt)
2015	2.2	11.5	11.5
2020	2.4	12.5	12.5
2025	2.9	15.0	15.0

**Доколку ги преземеме следните мерки:**

- Изградба на енергетски ефикасни згради
- Користење на професионални технологии
- Зголемување на централното греење

емисиите на **PM10** и **PM2.5** ќе се намалат за околу **70%**, а

### Калкулатор за греење

За најлесен избор на нова технологија за греење, на најекономски начин, но имајќи ги во предвид и ефектите врз животната средина

**ДОМА** **КАЛКУЛАТОР**

### Калкулатор

**ON-LINE КАЛКУЛАТОР ЗА ГРЕЕЊЕ**  
За најсоодветен и најлесен избор на технологија за греење

Страна 1 од 9

Генерални податоци

Внутрешна температура во домот (C)°

Број на луѓе што живеат во домот°

Просечен број на часови на греење во текот на денот°

Површина на станот (m2)°

Колкав процент од станот се грее°

Податоци за соседни станови

Дали има соседни просторија (стан) на

**Интересни факти**

**Дали знаете дека во град Скопје:**  
Доколку не преземеме мерки емисиите (kt) на **PM10, PM2.5, CO** ќе се зголемят за **31%** во 2025 година во однос на 2015 година

Year	PM10 (kt)	PM2.5 (kt)	CO (kt)
2015	2.2	11.5	11.5
2020	2.4	12.5	12.5
2025	2.9	15.0	15.0

**Доколку ги преземеме следните мерки:**

- Изградба на енергетски ефикасни згради
- Користење на професионални технологии
- Зголемување на централното греење

емисиите на **PM10** и **PM2.5** ќе се намалат за околу **70%**, а

Слика 10. Приказ на софтверското решение

## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Со избирање на „КАЛКУЛАТОР“ табот од главното мени, се отвора дел во кој се внесуваат генерални податоци кои се потребни, како што се: внатрешна температура на домот, број на луѓе кои живеат, просечен број на часови на греење во текот на денот, површина на објектот, процент од површината што се грее. Дополнително, потребно е да се внесат информации за соседните станови/простории, односно дали има соседни простории на истиот кат, на катот над и под анализираниот и дали истите се греат.

Понатаму, следуваат пет посебни делови за внесување на податоци за: надворешните сидови, внатрешните сидови, подот, таванот и прозорците. Податоците кои се внесуваат за четирите типови на сидови се слични и се состојат од податоци за вкупната површина за соодветниот тип на сид и од податоци за нивната структура (Слика 11).

Надворешни сидови

Должина [m]:\*   
Се внесува вкупната должина на сидовите кои надвор

Висина [m]:\*   
Се внесува просечната висина на сидовите кои надвор

Внатрешна изолација

Тип:\*

Сид

Тип:\*  Дебелина [mm]:\*

Надворешна изолација

Тип:\*

Вкупно енергија загубена преку надворешните сидови во една грејна сезона [kWh]:

**Слика 11.** Приказ на делот од е-калкулаторот за пресметување на загуби преку надворешни сидови

Се претпоставува дека секој од типовите на сидови е составен од максимум три слоја наречени: внатрешна изолација, самиот сид и надворешна изолација. За внатрешна и надворешна изолација со помош на опаѓачко мени се нудат следниве опции: стиропор, стаклена волна, гипс картон, камена волна, малтер или нема. Доколку се избере некој тип на изолација, понатаму се внесува неговата дебелина.

## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Како материјал за самиот ѕид може да се избере помеѓу тула, бетон и бетонски блок. Дополнително, кај таванот за надворешна изолација може да се избере и една од следниве опции: панел, ќерамида или лим. Врз основа на внесените информации од страна на корисникот и равенките дадени во поглавјето „Модел за потрошувачка на енергија“ се пресметуваат загубите на енергија преку секој од четирите типови на ѕидови. Доколку, соседниот стан/просторија се грее, тогаш преку таа површина нема загуби на енергија.

Следно се внесуваат информациите за прозорците, односно се внесува типот и бројот на рамки/комори, информацијата дали се користат завеси, како и вкупната површина на прозорци во анализираната просторија, со цел да се пресметаат загубите и добивките на енергија преку прозорците.

Со помош на претходно внесените податоци се пресметува вкупната енергија која е потребна за да ги надомести загубите на енергија во текот на една грејна сезона.



Во следниот дел од софтверската алатка потребно е да се внесат податоци за постојната технологија за греење (Слика 12).

Влезни податоци за постојна технологија за греење

Начин на греење\*

Тип на гориво\*

Изберете модел на печка (најслична на вашата)\*

Metalec, Ekonomik-1 Gorenje, Miv Alfa plam (55+C15)

Резултати за постојна технологија

Вкупно потрошена енергија во текот на една сезона [kWh]

Цена на гориво [MKD/kWh]

Годишни трошоци за гориво [MKD]

Слика 12. Приказ на делот од е-калкулаторот за постојната технологија

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

За таа цел, прво од опаѓачко мени се избира начинот на греење. Изборот се врши помеѓу: печка, клима уред, централно греење, сопствено парно или камин. Притоа, доколку се избере печка или сопствено парно, се појавува уште едно опаѓачко мени во кое треба да се избере типот на гориво кое се користи: дрва, пелети, електрична енергија, нафта или ТНГ. Дополнително, при изборот на печка, се појавуваат и слики на модели на печки, при што треба да се избере модел којшто е најсличен или ист со печката која ја има корисникот. Врз основа на овие податоци, се одредува ефикасноста на технологијата и се прикажуваат резултати за постојната технологија, односно:

- Вкупно потрошена енергија во текот на една грејна сезона
- Цена на гориво
- Годишни трошоци за гориво

Дополнително, се прикажува и ефектот што избраната технологија го има врз животната средина, во однос на CO, PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub>.

Понатаму, следува делот за внесување на податоци за нова технологија за греење. Тука има две можности: споредба на постојната технологија со нова технологија или предлог за замена на постојната технологија.

Доколку се избере споредба со нова технологија, тогаш се внесуваат слични податоци за новата технологија, како и за постојната. Врз основа на тоа, се прикажуваат резултати од споредбата (Слика 13 и Слика 14). Помеѓу позначајните резултати се вкупните годишни трошоци за двете технологии и доколку е поисплатлива новата технологија се прикажуваат годишните заштеди, како и времето на поврат на инвестицијата. Дополнително, се прикажува и ефектот што новата технологија го има врз животната средина во однос на постојната технологија и колкави се заштедите на емисии при таквиот избор.

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Резултати од споредбата на двете технологии		
Резултати	Стара технологија	Нова технологија
Инвестиција [МКД]	/	24890
Животен век [години]	/	20
Инвестиција на годишно ниво [МКД]	/	2170
Вкупно потрошена енергија во текот на една сезона [kWh]	17096	11710
Цена на гориво [МКД/kWh]	1.4	1.4
Годишни трошоци за гориво [МКД]	23934	16394
Вкупни годишни трошоци [МКД]	23934	18564
Годишни заштеди [МКД]	/	5370
Време на поврат на инвестицијата [години]	/	3.3

Слика 13. Приказ на резултатите при споредба на постојната со нова технологија

Ефект врз животната средина (колку ќе придонесете за намалување на емисиите)			
Локални емисии	Постојна технологија [kg]	Нова технологија [kg]	Заштеди [%]
CO [kg]	246.2	84.3	65.76
PM10 [kg]	46.8	4.0	91.45
PM2.5 [kg]	45.5	3.9	91.43

Слика 14. Приказ на ефектот врз животната средина при споредба на постојната со нова технологија

Од друга страна, доколку се избере опцијата за предлог за замена на постојната технологија, потребно е корисникот да внесе информација за тоа дали веќе има инсталација за централно греење (парно) и да направи споредба на важноста на критериумите при одлучувањето за купување на нова технологија. Критериумите кои треба да се приоритизираат се: време на поврат на инвестицијата, големина на почетната инвестиција и влијанието врз околината. Врз основа на изборот на важноста на критериумите на корисникот, карактеристиките на домот и постојната технологија, е-калкулаторот дава предлог технологија за замена на постојната.



Критериуми за избор на нова технологија

Во овој дел треба да се направат споредба за важноста на секој критериум при одлучувањето за купување на нова технологија

Дали веќе имате инсталација за парно?

поврат на инв.  инвестиција

Вредност 9

околина  инвестиција

Вредност -9

околина  поврат на инв.

Вредност 9

Тежина инвестиција	<input type="text" value="33"/>
Тежина поврат на инвестиција	<input type="text" value="33"/>
Тежина околински ефект	<input type="text" value="33"/>
Број на уреди	<input type="text" value="2"/>

Врз основа на изборот на вашите критериуми, карактеристиките на вашиот дом и постојната технологија, се препорачува најзгодна замена со следната технологија:

Слика 15. Приказ на делот за предлог за замена на постојната технологија

### Анализа на карактеристичен случај



Со цел да се согледаат резултатите кои ги дава софтверската алатка, во овој дел од трудот се анализира карактеристичен случај. Имено се разгледува стан од 60 m<sup>2</sup>, којшто целиот се грее на 23 °C и во кој живеат 4 лица. Анализираниот стан се граничи со соседен стан (којшто се грее) на истиот кат преку внатрешниот ѕид и има станови над и под станот, но тие не се греат. Надворешните ѕидови немаат ниту внатрешна, ниту надворешна изолација, а самиот ѕид е од тула со дебелина 200 mm. Подот е направен од бетон со дебелина 150 mm, нема внатрешна изолација, а како надворешна изолација има малтер од 20 mm. Таванот исто е од бетон со дебелина од 150 mm, нема надворешна изолација, а како внатрешна изолација има малтер со дебелина 20 mm. Прозорците имаат по две дрвени рамки и не се користат ролетни или завеси. Вкупната површина на прозорците е 10 m<sup>2</sup>.

Врз основа на овие податоци, софтверот пресметува дека вкупните загуби на енергија преку ѕидовите и прозорците изнесуваат 13600 kWh, во текот на една грејна сезона.

За постојна технологија се избира печка на дрва, модел Metalec (Ekonomik). Резултатите за постојната технологија се прикажани на Слика 16. Може да се

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

забележи дека вкупно потрошената енергија во една типична грејна сезона е 27200 kWh, земајќи ја предвид ниската ефикасност на постојната печка и карактеристиките на станот. Користејќи ја цената на дрвото, пресметано е дека вкупните годишни трошоци за гориво изнесуваат 38.080 МКД, или околу 3.170 МКД месечно. Дополнително, софтверот го прикажува и ефектот врз животната средина, во однос на вкупната количина на емисии на CO, PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub>.

Влезни податоци за постојна технологија за греење	
Начин на греење*	Печка
Тип на гориво*	Дрва
Изберете модел на печка (најслична на вашата)*	<input checked="" type="radio"/>  <input type="radio"/> 
	Metalec, Ekonomik-1 Gorenje, Miv Alfa plam (55+C15)

Резултати за постојна технологија	
Вкупно потрошена енергија во текот на една сезона [kWh]	27200
Цена на гориво [МКД/kWh]	1.4
Годишни трошоци за гориво [МКД]	38080

Ефект врз животната средина	
CO [kg]	391.7
PM10 [kg]	74.5
PM2.5 [kg]	72.4

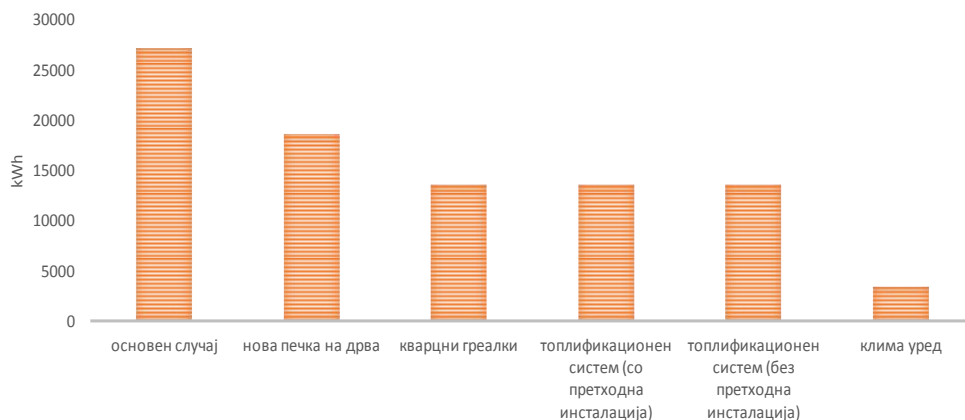
Слика 16. Резултати за постојната технологија на анализираниот стан

Во однос на споредба на постојната технологија со нова технологија, анализирани се неколку нови технологии:

- Нова печка на дрва (со повисока ефикасност);
- Печка на електрична енергија;
- Централно греење преку топлификационен систем, доколку станот има инсталација;
- Централно греење преку топлификационен систем, доколку станот нема инсталација;
- Клима уред.

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Во првиот случај, односно доколку се избере нова печка на дрва, модел Alfa-Plam (FAVORIT A 70), се добива дека вкупно потрошената енергија се намалува на 18630 kWh (Слика 17), а инвестицијата на годишно ниво изнесува 4.340 МКД. Годишните заштеди се 7.658 МКД, што значи дека инвестицијата се исплаќа и истата се враќа за 4,1 година. Заштеди има и во однос на ефектот врз животната средина, односно заштеди од околу 66%, 91% и 91% на CO, PM<sub>10</sub> и PM<sub>2,5</sub>, соодветно.



**Слика 17.** Вкупно потрошена енергија во текот на една грејна сезона при различни технологии

Доколку пак, за нова технологија се избере технологија на електрична енергија, односно LEOV кварцни греалки, може да се забележи дека поради поголемата ефикасност на греалките вкупно потрошената енергија се намалува на 13600 kWh. Но, поради значително повисоката цена на горивото на новата технологија, оваа инвестиција не се враќа, односно истата не се исплаќа и покрај ниската инвестиција на годишно ниво од само 450 МКД.

Резултатите за централното греење преку топлификациониот систем покажуваат дека од голема важност во овој случај е дали веќе има инсталација за централно греење во станот. Потрошувачката на енергија и во овој случај е слична како и во претходниот и изнесува 13600 kWh. Поради високата почетна инвестиција, доколку во станот нема инсталација, приклучување кон топлификациониот систем не е опција којашто се исплаќа во тој случај. Доколку, пак, има инсталација, централно греење преку топлификациониот систем е добра

опција за замена, бидејќи почетната инвестиција е нула и годишните заштеди изнесуваат 1.360 МКД.

Доколку, пак, се избере клима уред (модел Gree GWH12) и покрај високата почетна инвестиција и повисоката цена на горивото, таа се исплаќа поради високата ефикасност (има SCOP со вредност 4). Имено, вкупно потрошената енергија се намалува на само 3400 kWh, односно е точно осум пати помала. Оваа нова технологија има време на поврат на инвестицијата од само три години.

Во однос на можноста на софтверот да даде **предлог за замена на постојната технологија**, анализирани се следниве случаи:

- корисникот нема инсталација за централно греење и далеку најважен критериум му е почетната инвестиција, останатите два му се подеднакво важни;
- корисникот нема инсталација за централно греење и подеднакво важни му се критериумите за време на поврат на инвестиција и влијанието врз околината, а почетната инвестиција не му е многу важна;
- корисникот има инсталација за централно греење и трите критериуми му се подеднакво важни.

Во првиот случај, кога на корисникот му е најважна почетната инвестиција, а околината и времето на поврат на инвестицијата не му се важни, тогаш софтверот препорачува да се купат кварцни греалки, бидејќи имаат најниска почетна инвестиција.

Доколку анализираме обратен случај, односно ако почетната инвестиција воопшто не е важна, а останатите два критериуми се подеднакво важни, тогаш софтверот дава препорака за инвертер клима уред, како технологија која, поради нејзината многу висока ефикасност има краток рок за поврат на инвестиција и има најголеми заштеди на емисии во животната средина.

Доколку пак корисникот има инсталација за централно греење и на пример сите три критериуми му се подеднакво важни, тогаш најдобра опција за него е приклучување кон топлификационен систем, бидејќи почетната инвестиција е нула, а и заштедите на емисии се високи.

Со помош на развиената алатка може да се согледа како додавањето на надворешна **изолација** ќе влијае врз потрошувачката на енергија. Имено, доколку

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

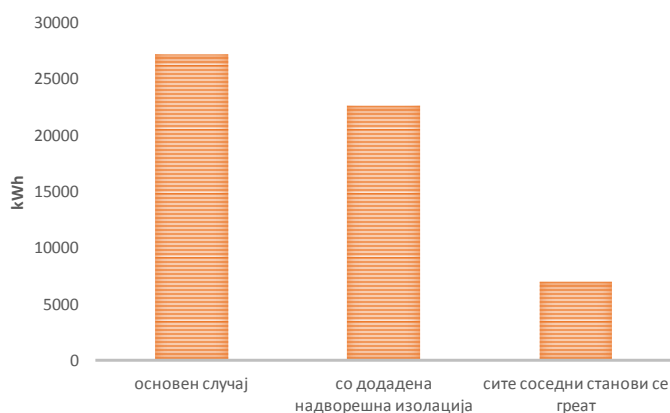
на надворешниот ѕид се додаде, на пример, 10 cm стиропор како надворешна изолација, тогаш се добиваат резултатите прикажани на Слика 18. Ако се споредат резултатите со претходните (Слика 16), може да се забележи дека има намалување на потрошувачката на енергија, како и, се разбира, на годишните трошоци за гориво и тоа за околу 1,2 пати (Слика 19). Исто толкава заштеда има и во однос на животната средина, односно емисиите се намалуваат за 1,2 пати во однос на претходниот случај.

Резултати за постојна технологија	
Вкупно потрошена енергија во текот на една сезона [kWh]	22592
Цена на гориво [МКД/kWh]	1.4
Годишни трошоци за гориво [МКД]	31629

Ефект врз животната средина	
CO [kg]	325.3
PM10 [kg]	61.9
PM2.5 [kg]	60.1

Слика 18. Резултати за анализираниот стан со додадена надворешна изолација на надворешниот ѕид



Слика 19. Вкупно потрошена енергија во текот на една грејна сезона при додавање на изолација и доколку сите соседни станови се греат

## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Доколку, на основниот карактеристичен пример на стан единствена промена што ќе ја направиме е да додадеме дека **соседните становите** под и над анализираниот случај се загреваат, односно нема загуби кон тие станови, тогаш се добиваат резултатите прикажани на Слика 20. Всушност, во овој случај се добива дека потрошувачката на енергија, трошоците и негативните ефекти врз животната средина драстично се намалуваат и тоа за околу 3,9 пати (Слика 19).

Резултати за постојна технологија	
Вкупно потрошена енергија во текот на една сезона [kWh]	6992
Цена на гориво [МКД/kWh]	1.4
Годишни трошоци за гориво [МКД]	9789

Ефект врз животната средина	
CO [kg]	100.7
PM10 [kg]	19.2
PM2.5 [kg]	18.6

Слика 20. Резултати за анализираниот стан доколку сите соседни станови се греат

## ЗАКЛУЧОК

Во рамките на овој труд е претставена методологија за пресметување на потрошувачката на енергија која е потребна за загревање на одредена просторија, стан или куќа, земајќи ги предвид карактеристиките на објектот и типот на технологијата која се користи за греење. Врз основа на предложената методологија, развиено е софтверско веб решение, со кое оваа методологија се приближува на секој граѓанин. Во трудот е презентираниот интерфејсот кој го има е-калкулаторот, како и можностите кои ги нуди истиот, односно каков вид на резултати може да даде.

Методологијата и е-калкулаторот развиени во рамките на овој труд имаат за цел да помогнат во намалувањето на загадувањето кое доаѓа од домаќинствата, како еден од секторите со најголем удел во PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub> емисиите во градот Скопје. Со помош на развиениот софтвер, секое поединечно домаќинство ќе може да даде

придонес кон имплементација на мерките за намалување на загадувањето на градот Скопје, со што би се подобрил квалитетот на воздухот.

#### **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Министерство за економија, Трет акционен план за енергетска ефикасност на Република Македонија за периодот од 2016 до 2018 година, **2017**.
- [2] ИЦЕОР-МАНУ, Студија за греење на градот Скопје анализа на политики и мерки СТУГРЕС, **2017**.  
<http://klimatskipromeni.mk/data/rest/file/download/e786e0006316422e779d0ec0b48aa0b7df3611d1e3177b5190553746f83adcea.pdf>
- [3] A. Dedinec, A. Dedinec, N. Markovska, Optimization of heat saving in buildings using unsteady heat transfer model, *Thermal Science*, 19, 3, **2015**, 881-892.
- [4] M Collares-Pereira, A. Rabl, The average distribution of solar radiation-correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values, *Solar Energy*, 22, 2, **1979**, 155-164.
- [5] Европска агенција за животна средина, Согорување во помали единици и инсталации, **2016**, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2016/view>
- [6] Weather Underground, <https://www.wunderground.com/>
- [7] M. Ozel, Effect of wall orientation on the optimum insulation thickness by using a dynamic method, *Applied Energy*, 88, 7, **2011**, 2429-2435.
- [8] Гран Експорт, <http://gran.mk/>
- [9] АгроТехна, <http://www.agrotehna.com.mk/>
- [10] Нептун, <https://www.neptun.mk/>
- [11] Сетек, <http://www.setec.mk/>
- [12] Техномаркет, <https://tehnomarket.com.mk/>
- [13] ПРОСПЕРА, [www.prospera.com.mk](http://www.prospera.com.mk)

#### **БЛАГОДАРНОСТ:**

Претставените анализи се дел од активностите на три проекти на УНДП, подготвени со финансиска и техничка поддршка на Глобалниот фонд за животна средина, Министерството за финансии на Република Словачка и Град Скопје. Авторите се заблагодаруваат за поддршката од Град Скопје и Министерството за животна средина и просторно планирање.

## **ВЛИЈАНИЕТО НА ДОМАШНИТЕ ЛОЖИШТА ВРЗ КВАЛИТЕТОТ НА ВОЗДУХОТ**

Магдалена Трајковска Трпевска<sup>1</sup>, Елизабета Стефанова<sup>1</sup>

tehnolab@tehnolab.com.mk

<sup>1</sup>Технолаб ДОО, Скопје, Република Македонија

### **Апстракт**

Одржливото управување со животната средина вклучува и правилно управување со квалитетот на амбиентниот воздух. Управувањето со квалитетот на воздухот подразбира постојано следење на состојбите, преку студиозни аналитички испитувања, со цел обезбедување на квалитетни податоци кои се основа за давање на оценка на квалитетот на амбиентниот воздух. Доверливоста и квалитетот на дадената оценка во голема мера зависат од квантитетот на податоците, динамиката со која се обезбедуваат и нивната достапност.

Основни и еднакво важни фактори кои влијаат на квалитетот на воздухот во градот Скопје се: географската положба на градот, климатските карактеристики на Скопската котлина и емисиите во воздухот од повеќе извори на емисии.

Европските и светските истражувања покажуваат дека во последнава деценија е забележан пораст на количините на биомаса која се согорува во домашните ложишта. Истата тенденција е забележана и во Град Скопје каде голем број на домаќинства за затоплување на своите домови користат дрва, јаглен и производи од дрво со сомнителен и непроверен квалитет.

Испитувањата на причините за загадениот воздух во Скопје покажуваат дека најголем удел во нарушениот квалитет на воздухот, особено на концентрациите на цврсти честички  $PM_{10}$ , имаат домашните ложишта во кои за обезбедување на топлотна енергија за домовите се користат печки со неефикасно согорување во кои се согоруваат пред сè биомаса, односно дрва, но и горива со низок квалитет и сомнително потекло.

Утврдувањето на потеклото на емисиите на  $PM_{10}$  во воздухот е од клучно значење за правилен избор на мерки за спречување на загадувањето на воздухот. Карактеристичен индикатор за потеклото на  $PM_{10}$  во амбиентниот воздух е присуството на левоглукозан ( $C_6H_{10}O_5$ ).



Во овој труд се прикажани резултатите од испитувањата што ги спроведе лабораторијата на Технолаб, со цел утврдување на потеклото емисиите на  $PM_{10}$  преку испитување на концентрациите на левоглюкосан во примероците од амбиентен воздух.

**Клучни зборови:** животна средина, воздух, загадување, цврсти честички, левоглюкосан

### **Abstract**

Sustainable environmental management includes regular air quality management. This means constant air quality monitoring through qualitative analytical testing for obtaining data with high quality as basis for air quality assessment. The reliability of the air quality assessment largely depends on the data quantity, data providing dynamic and data availability.

Basic and equal important factors which affect the air quality in Skopje are: geographical position, climate characteristics of the Skopje basin and the emission of air pollutants from various pollution sources.

Global and European studies are showing that in the last decade the quantity of combusted biomass in the domestic households is increased. The same trend is detected in Skopje where large number of households are using wood, coal and wood products with suspicious quality for providing energy for heating.

The conducted studies for the air pollution in Skopje provide indicative data that domestic households biomass combustion has the largest impact on the disturbed air quality in Skopje, especially for the emission of suspended particles  $PM_{10}$ . This also corresponds with the fact that households in Skopje are using stoves with inefficient fuel combustion and low quality fuels with suspicious origin.

The determination of the sources of  $PM_{10}$  emission in air is crucial for proposing and planning the measures for reducing the air pollution. The presence of levoglucosan ( $C_6H_{10}O_5$ ) in ambient air  $PM_{10}$  samples indicates that  $PM_{10}$  in air are emitted from biomass combustion.

The results of the research for determination of sources of  $PM_{10}$  emission in Skopje by monitoring the concentration of levoglucosan in ambient air samples conducted by the laboratory of Tehnolab are presented in this paper.

**Key words:** environment, air, pollution, suspended particles, levoglucosan

## **ВОВЕД**

Заштитата на животната средина претставува актуелен глобален проблем. Овој проблем пред сè потекнува од големата концентрација на населението во одредени области кои најчесто се опкружени со присуство на голем број индустриски капацитети. Зголемената концентрација на населението неминовно предизвикува и зголемен интензитет на сообраќајот, зголемени енергетски потреби, зголемени количества на отпад кој се депонира во депонии и друго. Ваквите карактеристики на модерниот живот предизвикуваат зголемено загадување на медиумите на животната средина: воздухот, водата, почвата.

Еден од предизвиците на одржливото управување со животната средина е управувањето со квалитетот на воздухот. Соочувањето со овој предизвик бара заедничка посветеност од надлежните институции, вклучените страни и за граѓаните кои треба да дејствуваат на локално, национално и глобално ниво.

Справувањето со нарушениот квалитет на воздухот започнува со правилно констатирањето на состојбите, што подразбира студиозен аналитички пристап за обезбедување на квалитетни податоци кои се примарна база за давање на оценка на квалитетот на животната средина. Квалитетот на дадената оценка и нејзината доверливост во голема мера зависи од квантитетот на податоците, динамиката со која се обезбедуваат и нивната достапност.

Во последниве години евидентен е нарушениот квалитет на воздухот во повеќе градови во Македонија. Особено алармантни се состојбите со квалитетот на воздухот во градот Скопје како најголем индустриски, административен, урбан и сообраќаен центар на Република Македонија. Квалитетот на воздухот во Скопје е под непосредно влијание на голем број фактори поради што постојано се присутни предизвиците за одржливо управување со квалитетот на амбиентниот воздух. Основни и еднакво важни фактори кои влијаат на квалитетот на воздухот во градот Скопје се: географската положба на градот, климатските карактеристики на Скопската котлина и емисиите во воздухот од повеќе извори на емисии.

Одржливото управување со животната средина вклучително и управување со квалитетот на амбиентниот воздух подразбира постојано следење на состојбите.

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Овој процес секогаш започнува со правилно и точно констатирање на состојбите за што се потребни детални и студиозни анализи на причинителите, односно изворите на загадување на животната средина и нивниот удел во нарушениот квалитет на воздухот. Од утврдената состојба првенствено зависи оценката на ефикасноста на спроведените мерки и уште повеќе зависат идните планови за предлагање на нови поефикасни мерки, со цел достигнување на оптимален квалитет на животната средина.

Согласно со јавната определба за следење на европската регулатива во делот на заштитата на животната средина, потребно е доследно имплементирање на европските директиви за квалитет на амбиентниот воздух и тоа пред сè на Рамковната директива за квалитет на амбиентниот воздух (96/62/EC) чии општи принципи се воспоставување цели за квалитет на амбиентниот воздух, преку воспоставување гранични вредности за концентрациите на релевантни загадувачи, со цел точно дефинирање на оценката на квалитетот на амбиентниот воздух. Овие принципи предвидуваат избегнување, спречување или намалување на штетните влијанија по човековото здравје и системите во животната средина во целина. Ваквите основи обезбедуваат одржување на квалитетот на амбиентниот воздух онаму каде истиот е добар, и негово подобрување во услови кога квалитетот на воздухот е нарушен. Директивата на ЕУ препорачува користење на заеднични методи и критериуми за обезбедување на адекватни информации за квалитетот на амбиентниот воздух и обезбедување нивна достапност за јавноста.

Причина за нарушениот квалитет на воздухот е емисијата на загадувачки супстанции од различните извори кои го нарушуваат природниот квалитет на воздухот.

Европските и светските истражувања покажуваат дека во последнава деценија е забележан пораст на количините на биомаса која се согорува во домашните ложишта. Истата тенденција е забележана во градот Скопје и поголемите градови во Македонија.

Резултатите од досегашните направени испитувања покажуваат дека најголем удел во нарушениот квалитет на воздухот во градот Скопје имаат домашните ложишта во кои, со цел обезбедување на топлотна енергија за домовите

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

се користат печки со неефикасно согорување во кои се согорува пред сè биомаса, односно дрва, но и горива со низок квалитет и сомнително потекло.

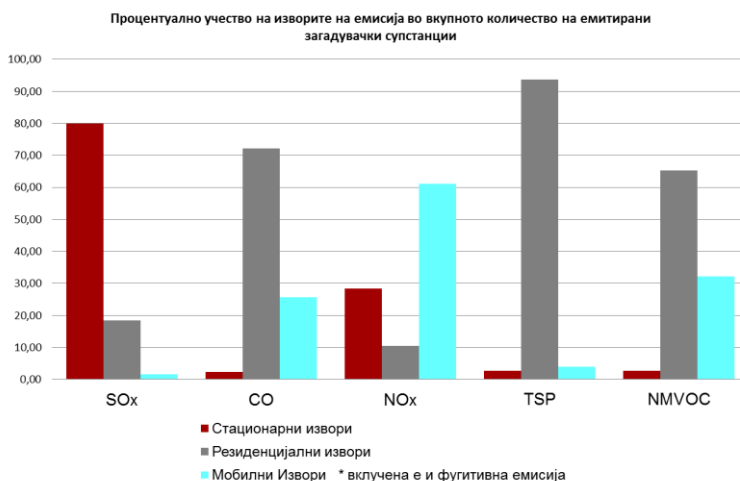
Емисијата на загадувачките супстанции во воздухот од согорувањето на цврстите горива претставува еден од факторите кои значително влијаат врз квалитетот на амбиентниот воздух. Бидејќи емисиите на загадувачки супстанции кои потекнуваат од домашните ложишта значително влијаат на квалитетот на амбиентниот воздух, неопходни се детални анализи и истражувања базирани врз проверени мерења. Крајна цел на овие истражувања е утврдување на адекватни мерки за намалување на загадувањето.

Емитираните загадувачки супстанции во воздухот во различни амбиентални услови подлежат на низа хемиски реакции во атмосферата. Продуктите од ваквите реакции се оние компоненти кои го нарушуваат природниот квалитет на амбиентниот воздух.

За правилно следење на состојбите со квалитетот на воздухот кој го дишат жителите на Скопје потребни се континуирани, квалитетни и непристрасни податоци, добиени врз база на спроведени релевантни мерења на параметрите на амбиентниот воздух. Бидејќи е констатирано дека во Скопје најголем проблем претставува загадувањето со цврсти честички со големина до 10  $\mu\text{m}$ , потребни се квалитетни истражувања на концентрациите на  $\text{PM}_{10}$  во амбиентниот воздух и уште повеќе детектирање на примарните извори на  $\text{PM}_{10}$ .

Во периодот 2016-2017 год. лабораторијата на Технолаб спроведе повеќе истражувања и испитувања кои се однесуваат на квалитетот на воздухот во Скопје [1, 2, 3]. Добиените резултати покажуваат дека најголем удел во емисионото оптоварување на воздухот со  $\text{PM}_{10}$  имаат резиденцијалните извори (домашните ложишта).

Сумарен приказ на уделите на изворите на емисија во вкупните количества на емисии по загадувачки супстанции е прикажан на графикот, прикажан на Слика 1.



Слика 1: Удели на SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> TSP и NMVOC во вкупните емисии во воздухот според извори на загадување

Загадувањето на воздухот во Скопје најмногу се манифестира со присуството на зголемени концентрации на PM<sub>10</sub>, особено во текот на зимскиот период.

Ова упатува на потребата од подетални испитувања, базирани на проверени мерења за уделот на PM<sub>10</sub> во загадувањето на воздухот во области каде е доминантно загревањето со користење на домашни ложишта.

Во рамките на овој труд се прикажани резултатите од испитувањата [3] на потеклото на PM<sub>10</sub> честичките преку испитување на концентрациите на левоглюкосан, органско соединение во состав на PM<sub>10</sub>, за кој е утврдено дека претставува специфичен и вообичаен индикатор за присуството на PM<sub>10</sub> кои потекнуваат од согорување на биомаса [9, 10, 11, 12]

Имено, цврстите честички содржат најразлични органски соединенија меѓу кои најзастапени се моносахаридните деривати кои настануваат како резултат на разложувањето на целулозата, која е најмногу застапена во дрвото, како средство за затоплување. Покрај овие деривати, се јавуваат и помали количества на праволиниски сврзани алифатски и кислородни соединенија и терпеноиди од растителните восоци, смоли и други биополимери.

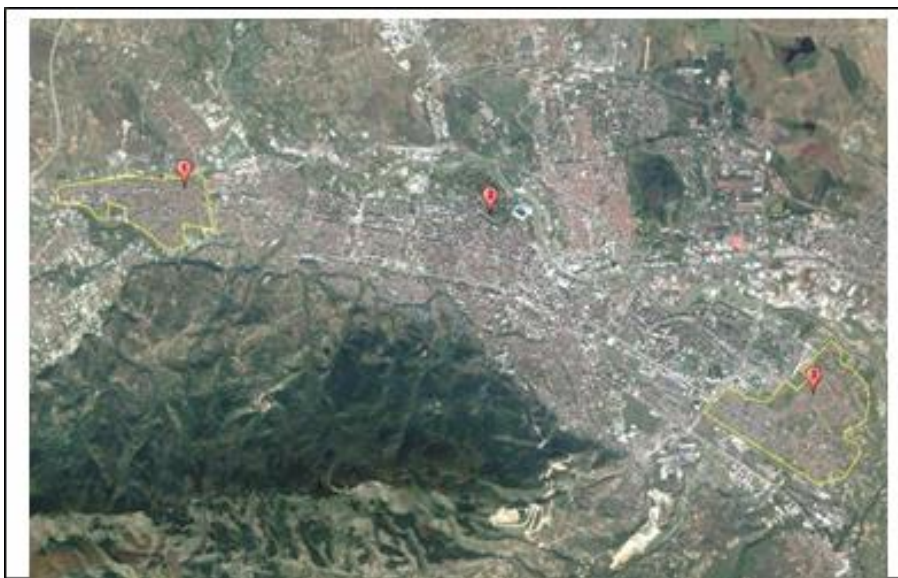
## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Постојат повеќе индикатори кои укажуваат на тоа дека  $PM_{10}$  во амбиентниот воздух потекнуваат од согорување на биомаса. Тоа се: левоглукосан, маносан, галактосан, меѓутоа левоглукосанот се смета за најспецифичен заради фактот што тој се емитира во концентрации кои квантитативно можат да се одредат, за разлика од маносанот и галактосанот – соединенија кои се јавуваат заедно со левоглукосанот во емисиите на цврсти честички, но истите се помалку стабилни и потешко се квантифицираат. Исто така, левоглукосанот може да се детектира на значително растојание од изворот каде се врши согорувањето.

Поради овие карактеристики левоглукосанот се користи како специфичен и вообичаен индикатор за присуството на  $PM_{10}$  кои потекнуваат од согорување на биомаса.

### **МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ**

Во периодот од септември 2016 г. до март 2017 г. лабораторијата на Технолаб спроведе индикативни мерења, со цел одредување на концентрацијата на суспендирани честички со големина до 10 микрометри ( $PM_{10}$ ) и анализа на левоглукосан во составот на суспендирани честички.



**Слика 2.** Локации на мерните места во градот Скопје

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Мерењата беа реализирани во текот на два периоди - вонгрејна сезона и во грејната сезона на две локации каде доминантно е греењето со огревни дрва - Ѓорче Петров и Лисиче и на една локација каде доминантно е греењето преку топлификационен систем на градот Скопје- Центар.

На слика 2 прикажана е мостоположбата на мерните места.

Земањето на мостри беше направено согласно со Правилникот за методологија за мониторинг на квалитетот на амбиентниот воздух (Сл. весник на РМ 138/09), а анализите на концентрациите на  $PM_{10}$  се направени со акредитираната метода МКС EN 12341:2014-Амбиентен воздух – Стандардна метода на гравиметриско мерење за одредување на  $PM_{10}$ . Согласно со Прилог 1, дел II од Правилникот за методологијата за мониторинг на квалитетот на амбиентниот воздух (Сл. весник на РМ бр.138/2009 год.) изборот на мерни места и поставувањето на инструментите беше направен на начин со кој се обезбеди исполнување на законски предвидените критериуми и тоа:

- Протоколот околу влезот на сондата за земање на примероци да биде слободен во лак од најмалку  $270^\circ$ , без какви било попречувања што можат да влијаат на протоколот на воздухот во близина на опремата за земање на мостри (оддалечено од градежен објект, грмушки и дрва),
- Влезната точка за земање на примероците да биде во рамките на растојанието од 1,5 m (зоната на дишење) до 4 m над земјата,
- Влезот на сондата да не биде поставен во непосредна близина на изворот, за да се избегне директно вшмукување на емисиите неизмешани со амбиентниот воздух,
- Издувните отвори на опремата за земање на примероци да се оддалечени на доволно растојание од влезните сонди за да се избегне рециклирање на исфрлениот воздух,
- Да се обезбеди непречено функционирање на целокупниот мониторинг на амбиентен воздух (обезбедено квалитетно напојување со електрична енергија за инструментите, обезбеден непречен пристап до истите, видливост на локацијата, безбедност за јавноста и овластените лица-извршители на мерењата, како и заштита од надворешни влијанија).

Мострирањето беше изведено со употреба на референтен инструмент COMDE DERENDA LSV 3.1 согласно со стандардна референтна метода, МКС EN

12341:2014-Амбиентен воздух – Стандардна метода на гравиметриско мерење за одредување на  $PM_{10}$ . На слика 3 прикажани се фотографии од поставената опрема за земање на мостри од амбиентниот воздух.



**Слика 3.** Слика од поставената мерна опрема на мерните места

Опремата за земање на примероците и аналитичката опрема користена во текот на мониторингот редовно е одржувана и калибрирана согласно со процедурите во рамките на документацијата на системот за квалитет на Лабораторијата на Технолаб и е во согласност со техничките барања за компетентност на лаборатории за тестирање од МКС EN ISO/IEC 17025:2006.

Сетот за земање на мостри се состои од:

- глава за мострирање (за честички со големина до 10 микрометри), снабдена со покривка за заштита на аспирирачкиот отвор од дожд и снег,
- држач за филтер и филтер,
- сонда за поврзување на главата и држачот за филтер со системот за контрола на протокот (пумпа),
- Метеоролошка станица,
- Софтверски дел за снимање на податоците,
- Опрема за промена на филтри,
- Опрема за складирање на филтрите.

За земање на мострите беа користени филтри од стаклени влакна со дијаметар од 47 mm од производителот Ahlstrom Munktell (Germany GmbH).

Филтрите за мострирање на  $PM_{10}$  беа претходно третираны на  $450^{\circ}C$ , со цел да се отстрани органската материја која би пречела при одредување на масата, односно концентрацијата на левоглюкосанот во фракција од  $PM_{10}$ . Вака третираните филтри беа кондиционирани на  $20^{\circ}C$  и мерени на аналитичка вага со точност од



0,01 mg. Истите беа соодветно складирани во петриеви садови и заштитени од светлина со алуминумска фолија.

Принципот на мерење се состои од спроведување на амбиентниот воздух преку одвојувач на честички со одредена големина со константен проток. Соодветната фракција од цврсти честички се задржува на филтер во период од 24 h. Земањето мостри е вршено со проток од  $2,3\text{m}^3/\text{h}$  ( $38,3\text{l}/\text{min}$ ) во текот на номинален период на мострирање од 24h. Волуменот на земениот воздух е сведен на референтните услови (293OK и 101,3kPa).

По секое мострирање филтрите беа складирани и транспортирани во петриеви садови заштитени од светлина (поради фотосензитивноста на левоглюкосанот), кондиционирани на  $20^\circ\text{C}$ , мерени согласно со условите во стандардот MKC EN 12341:2014 на аналитичка вага тип: Sartorius CPA-225D-OCE.

Масата на цврстите честички беше одредена со мерење на филтерот во стандардни услови пред и по испробувањето согласно со препораките дадени во стандардот MKC EN 12341:2014.

Концентрациите на левоглюкосан во примероците од  $\text{PM}_{10}$  беа одредени со спектрофотометриска метода со употреба на Антрон-сулфурна киселина.

Левоглюкосанот од филтрите со суспендирана прашина ( $\text{PM}_{10}$ ) беше екстрахиран со сонификација во воден раствор. Со сонификацијата во воден раствор доаѓа до хидролиза на левоглюкосанот до глукоза. Одредувањето на глукозата се врши во дехидратација на глукозата до фурфурал во присуство на сулфурна киселина и деривација на продуктот со антрон (10H-Антрацен-9-он) на температура од  $80\text{-}100^\circ\text{C}$ . Дериватот на антронот со фурфуралот има стабилна боја која се спектрофотометрира на 620 nm.

Анализата на левоглюкосанот во лабораторијата на Технолаб беше извршена по модифицирана метода опишана во трудот на Fartas [9]. Методата е развиена по интерна процедура на лабораторијата, сите хемикалии што се користат во одредувањето се со сертифициран аналитички квалитет и чистота за анализа, контролата на матрицот е извршена со методот на стандардни додатоци. Сите интерференции при мострирањето и складирањето на примерокот се отстранети со соодветно складирање на филтрите на ниска температура. Хемиските интерференции од другите конституенти во суспендираната прашина се сведени на

минимум во праксата, затоа што секоја серија на филтри се анализа со конструирање на нова калибрациона крива и контрола на матриксот.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Во рамките на индикативните мерења спроведени од Технолаб во периодот септември 2016 – март 2017 г. беа земени вкупно 126 примероци од три различни мерни места. Примероците во аналитичката лабораторија на Технолаб беа анализирани, со цел одредување на концентрацијата на суспендирани честички со големина до 10 микрометри ( $PM_{10}$ ) и одредување на концентрацијата на левоглюкосан во составот на суспендираните честички.

Резултатите за измерените 24-часовни концентрации на  $PM_{10}$  во анализираниите примероци се прикажани на графикот даден на слика 4.



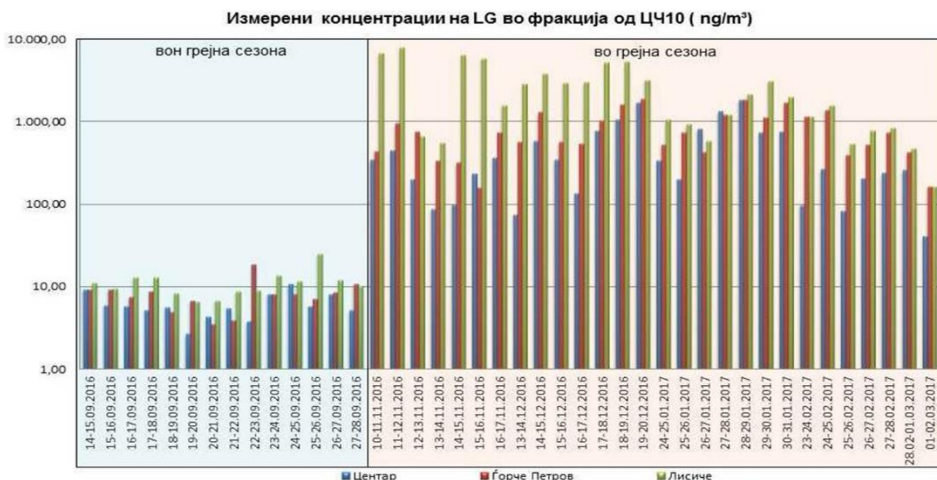
Слика 4. Графички приказ на резултатите од измерените концентрации на  $PM_{10}$

Од графичкиот приказ за вкупниот разгледуван период може да се констатира дека во споредба со периодот вон грејната сезона, во грејната сезона има значително зголемување на концентрацијата на  $PM_{10}$  во амбиентниот воздух на разгледуваните мерни места.

Со намалување на температурата, трендот на зголемување на 24-часовните концентрации на  $PM_{10}$  расте, особено на мерните места во општините каде се користи огревното дрво и секундарно третирана дрвна маса како средство за затоплување.

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

За периодот во грејна сезона забележително е дека со намалување на температурата емисиите на цврсти честички во амбиентниот воздух се зголемуваат особено на мерните места во општините каде се користи огревното дрво и секундарно третирана дрвна маса како средство за затоплување. Резултатите од измерените концентрации на левоглукозан во примероците од PM<sub>10</sub> се прикажани на графикот на слика 5.



Слика 5. Графички приказ на резултатите од измерените концентрации на левоглукозан

Со цел подобра прегледност на резултатите истите се претставени со користење на логаритамска скала.

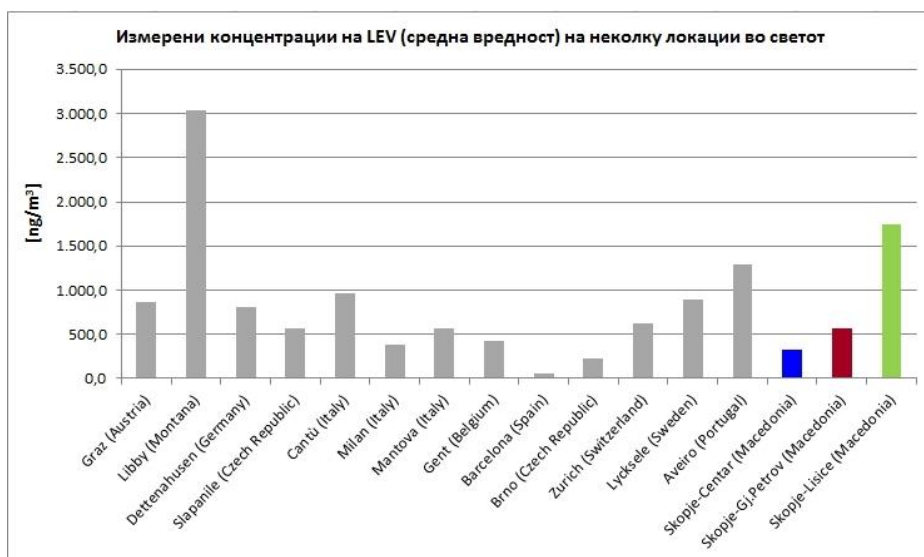
Од прикажаните резултати може да се заклучи дека:

- во периодот вон грејната сезона најниска концентрација на левоглукозан е измерена на мерното место во Центар и истата изнесува  $2,67 \text{ g/m}^3$ , додека најголема концентрација на левоглукозан ( $25,0 \text{ ng/m}^3$ ) во овој период е измерена на мерното место во Лисиче;
- во периодот во грејна сезона се забележува неколкукратно зголемување на концентрациите на левоглукозан. Најниската концентрација во овој период е измерена на мерното место Центар ( $40,7 \text{ ng/m}^3$ ), а највисоката измерена концентрација од  $8.051 \text{ ng/m}^3$  е измерена на мерното место во Лисиче.

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Поради нетоксичната метаболитичка природа на левоглукозанот по човековиот организам, сè уште не е утврдена гранична вредност на експозиција на оваа супстанца присутна во амбиентниот воздух. Направени анализи на примероците од  $PM_{10}$  во разгледуваниот период покажуваат дека, мал удел на левоглукозан во фракција  $PM_{10}$  е детектиран на сите мерни места во периодот вон грејната сезона. Во грејната сезона, најголем удел на левоглукозан во фракција  $PM_{10}$  е 6,1% и истиот е добиен од извршените анализи на мерното место во Лисиче.

Добиените резултати во текот на ова истражување се во согласност со очекуваните трендови на мал удел на левоглукозанот во  $PM_{10}$  вон грејна сезона, кога согорувањето во домашните ложишта е незначително споредено со зголемениот удел на левоглукозан во  $PM_{10}$  во грејната сезона, кога домашните ложишта активно се користат за загревање на домаќинствата. Резултатите од измерените концентрации на левоглукозан беа споредени со резултатите од спроведени испитувања на левоглукозан во неколку градови во светот. На графикот, даден на слика 6, прикажана е споредба на измерените концентрации на левоглукозан на трите мерни места во Скопје, со податоците за неколку градови во светот.



**Слика 6.** Споредба на измерените концентрации на левоглукозан на мерните места во Скопје со други градови во светот

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Од споредбениот приказ може да се констатира дека просечните вредности на левоглюкосанот на мерното место во Лисиче ( $1.744 \text{ ng/m}^3$ ) се меѓу највисоките измерени вредности во Европа, (во областа Авiero Португалија концентрацијата на ЛГ изнесува  $1.290 \text{ ng/m}^3$ ), но се пониски од концентрации на левоглюкосан во Libby Монтана ( $3.040 \text{ ng/m}^3$ ), додека просечните концентрации на левоглюкосан од  $565 \text{ ng/m}^3$  во Ѓорче Петров се слични со измерените концентрации од  $569 \text{ ng/m}^3$  во градот Мантова-Италија, се повисоки во споредба со оние во Гент-Белгија ( $420 \text{ ng/m}^3$ ), Милано-Италија ( $385 \text{ ng/m}^3$ ) и Брно-Чешка ( $220 \text{ ng/m}^3$ ), а се пониски од измерените вредности во Цирих-Швајцарија ( $620 \text{ ng/m}^3$ ), Лукселе-Шветска ( $900 \text{ ng/m}^3$ ) и Детенхаусен-Германија ( $806 \text{ ng/m}^3$ ).

Измерените концентрации на левоглюкосан од  $328 \text{ ng/m}^3$ , на мерното место во Центар се слични, но се пониски во споредба со просечните концентрации во Милано-Италија од  $385 \text{ ng/m}^3$ .

## **ЗАКЛУЧОК**

Повеќекратното зголемување на концентрациите на левоглюкосан во  $\text{PM}_{10}$  претставува индикатор дека во периодот на грејната сезона исклучително голем удел во емисиите на  $\text{PM}_{10}$  во амбиентен воздух имаат емисиите кои потекнуваат од согорувањето на дрвото кое како средство за затоплување се користи во индивидуалните ложишта во градот Скопје. Спроведените анализи за потребите на овој проект покажуваат дека ваквата состојба особено е присутна во деловите од градот (Лисиче и Ѓорче Петров), каде како средство за затоплување доминантно се користи огревното дрво.

Долгорочно гледано, со системска контрола на емисиите на цврсти честички кои потекнуваат од домашните ложишта ќе се подобри квалитетот на амбиентниот воздух во градот Скопје. Тоа подразбира преземање на краткорочни, среднорочни и долгорочни мерки за подобрување на квалитетот на воздухот.

Сетот од мерки пред сè треба да бидат насочени кон спроведување на следните активности:

- Проширување на топлификационата мрежа (онаму каде што е можно), преку приклучување на поголем број на домаќинства на истата, а со цел намалување

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

на емисиите на цврсти честички кои потекнуваат од домаќинствата кои се греат на цврсто гориво;

- На оние места каде што не е можно приклучување на домаќинствата на топлификациона мрежа, потребно е стимулирање и субвенционирање на употребата на современи уреди за затоплување со повисок коефициент на искористување (сертифицирани шпорети и други грејни тела) кои како гориво користат биомаса. Стимулирањето може да се направи преку спроведување на кампањи за подигање на јавната свест за користење на современи уреди и инсталации за загревање на домаќинствата и преку субвенции за замената на старите со нови печки;
- Истражувањата покажуваат дека при согорување на пелети емисиите на цврсти честички се значително помали, отколку при согорување на дрво, поради што е потребно спроведување на кампањи, со кои ќе се стимулира користење на пелети, наместо дрво, како средство за затоплување и промовирање на користењето на висококвалитетни пелети, при чие согорување емисиите на  $PM_{10}$  ќе се најмали;
- Спроведување на кампањи за промовирање на енергетската ефикасност на индивидуалните објекти, со што директно ќе се намали потрошувачката на гориво за загревање на домаќинствата;
- Обезбедување на ефикасно и контролирано одведување на димните гасови кои се резултат од согорувањето во домашните ложишта;
- Редовно одржување и контрола на режимот на работа на горилниците и правилно и континуирано чистење и одржување на чадоводните канали од индивидуалните ложишта;
- Донесување на законски решенија со кои ќе се забрани употребата на недефинирани горива (отпадно масло, лакирани и обоени отпадоци од дрво и мебел, стиропор, пластична амбалажа, гума или синтетички материјали) и отпадни материјали, како средство за затоплување на домаќинствата.

Препорачани мерки треба да се спроведуваат во јасно прецизирани рокови, при што доколку постои можност истите треба да се имплементираат паралелно со што значително ќе се зголеми нивната ефикасност. Секако ефикасноста на спроведените мерки директно зависи како од посветеноста на институциите надлежни за нивно спроведување, така и од степенот на јавната свест и актуелните

социјално економски состојби. Поради ова, при преземање на мерки за подобрување на состојбата со квалитетот на амбиентниот воздух во Скопје потребни се балансиран интерсекторски политики кои ќе ги земат предвид сите еколошки, социјални и економски прашања.

Ефикасноста на спроведените мерки задолжително треба редовно да се проверува со адекватен мониторинг на квалитетот на воздухот, спроведен од страна на компетентни и непристрасни субјекти кои поседуваат соодветна правилно одржувана и калибрирана опрема за земање на примероци и адекватни аналитички методи за анализа на земените примероци.

#### **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА:**

- [1] ТЕХНОЛАБ, Скопје, „План за подобрување на квалитетот на амбиентниот воздух на подрачјето на агломерацијата на Скопски регион“, Скопје, **2016**.
- [2], „Интегриран катастар на загадувачи на животната средина на Град Скопје“, Скопје, **2016**.
- [3] ТЕХНОЛАБ, Скопје, „Елаборат за испитување на загадувањето на амбиентниот воздух од согорувањето на дрвото како средство за затоплување, Скопје“;
- [4] Завод за статистика на Р. Македонија, „Статистички преглед за потрошувачката на енергенси во домаќинствата за 2002 година“, **2003**.
- [5] Завод за статистика на Р. Македонија, „Статистички преглед за потрошувачката на енергенси во домаќинствата за 2014 година“, **2015**.
- [6] БАЛКАН ЕНЕРѢИ ГРУП АД – Скопје, „Студија за решавање на проблемот со загадувањето на воздухот во Скопје преку избор на техно-економски оптимален и еколошки одржлив тип на грееење“, **2016**.
- [7] Анкета на Град Скопје за снабдување на домаќинствата со топлинска енергија, **2013**.
- [8] M. Trajkovska-Trpevska, S. Jovanovski, Determination of mass concentration of PM<sub>10</sub> and heavy metals in ambient air samples in municipality Karpos in Skopje, International conference “Laboratory Competence 2016”, CROLAB, Vinkovci, Croatia, **2016** .
- [9] F.M. Fartas, M. R. Othman, F. A. Rajeb, M. T. Latif, Determination of Levoglucosan in PM<sub>10</sub> and Biomass Close Burning Residue Samples Using Anthrone-sulfuric Acid Colorimetric Method, *J Appl. Sci. Res.*, **2009**.
- [10] M.S. Bae, J. Y. Lee, Y. P. Kim, M.H. Oak, J.S. Shin, K.Y. Lee, H. Lee, S. Y. Lee, Y.J. Kim, Analytical Methods of Levoglucosan, a Tracer for Cellulose in Biomass Burning, by Four Different Techniques, *Asian J. Atmos. Environ.*, **2012**.
- [11] S.D. Christopher, D.L. Russell, S.K. Bethany, D.A. Kalman, Determination of Levoglucosan in Atmospheric Fine Particulate Matter, *J. Air Waste Manage. Assoc.*, **2004**.
- [12] M.Z.M. Satar, M.T. Latif, M.R. Othman, Determination of Levoglucosan Diurnal Pattern in Air by Colorimetric Method, *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, **2014**.
- [13] M. A. Bari, G. Baumbach, B. Kuch, G. Scheffknecht, Wood smoke as a source of particle-phase organic compounds in residential areas, *Atmos. Environ.*, **2009**.

- [14] H. Puxbaum, A. Caseiro, A. Sanchez-Ochoa, A. Kasper-Giebl, M. Claeys, A. Gelencse, M. Legrand, S. Preunkert, C. Pio, Levoglucosan levels at background sites in Europe for assessing the impact of biomass combustion on the European aerosol background, *J. Geophys. Res.*, 112, D23S05, doi:10.1029/2006JD008114, **2007**.
- [15] Q.-H. Hu, Z.-Q Xie, X.-M. Wang, H. P. Kang, Zhang, Levoglucosan indicates high levels of biomass burning aerosols over oceans from the Arctic to Antarctic, **2013**.
- [16] C. Schmidl, M. Luissier, E. Padouvas, L. Lasselsberger, M. Rzaca, C. Ramirez-Santa Cruz, M. Handler, G. Peng, H. Bauer, H. Puxbaum, Particulate and gaseous emissions from manually and automatically fired small scale combustion systems, , *Atmos. Environ.*, 45, **2011**.
- [17] M. Kistler, Chemical characterization of particulate matter from combustion of Central European wood types in residential modern stoves, Vienna University of Technology, Wien, **2012**.
- [18] M. Kistler, C. Schmidl, E. Padouvas, H. Giebl, J. Lohninger, R. Ellinger, H. Bauer, H. Puxbaum, Odor, gaseous and PM<sub>10</sub> emissions from small scale combustion of wood types indigenous to Central Europe, *Atmos. Environ.*, 51, **2012**, 86-93.
- [19] Action B4: Biomass burning in Southern Europe, AIRUSE LIFE 11 ENV/ES/584
- [20] R. M. Harrison, D. C. S. Beddows, L. Hu, J. Yin, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, , Comparison of methods for evaluation of wood smoke and estimation of UK ambient concentrations, **2012**, 8271–8283.



*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

## **ПИРОЛИЗА - МОЖНОСТ „ОТПАД ВО ГОРИВО“**

Кармина Митева

e-mail: karmina@tmf.ukim.edu.mk

Технолошко-металуршки факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје,  
Република Македонија

### **Апстракт**

Обновувањето на енергијата од отпад е една од основните цели на плановите за управување со отпад. Големиот обем на цврст комунален отпад (MSW) во нашата земја генерира еколошки предизвици за намалување на отпадот, обнова на материјалите и производство на енергија. Ограничувањата за одлагање на отпадот доведуваат до потреба од алтернативни технологии. Технологијата, отпад до енергија или отпад до гориво, како што е пиролизата, е можно решение за управување со цврстиот комунален отпад, како и ветувачки начин за добивање производи со енергетски потенцијал, како што се био маслото, цврстиот остаток и гасот. Термичката и каталитичката пиролиза може да бидат комерцијално атрактивни, поради можноста за намалување на цврстиот комунален отпад, преку конверзија до гориво и безбедно за одлагање на супстанциите. Главниот фокус на оваа студија е истражување на придобивките од пиролизата во секторот за управување со отпад. Студијата ја идентификува локалната практика за управување со отпадот, потрошувачката и создавањето отпад, како клучни социјални двигатели.

**Клучни зборови:** управување со отпад, конверзија, алтернативни технологии, пиролиза

### **Abstract**

Energy recovery from waste is one of the primary objectives of waste management plants. The large volume of municipal solid waste (MSW) in our country generate environmental challenges for waste reduction, material recovery and energy production. The limitations of waste disposal lead to the need for alternative technologies. Waste-to-energy or waste to fuel technology such as pyrolysis is possible solution for managing of municipal solid waste as well as promising way to obtain products with potential energy,

such as bio-oil, char and gas fuel. Thermal and catalytic pyrolysis could be commercially attractive because of possible reduction of the municipal solid waste through conversion into fuel and safely disposable substances. The main focus of this study is the investigation of the benefits of pyrolysis in the waste management sector. The study identifies the local waste management practice, consumption and generation of waste as the key social drivers.

**Keywords:** waste management, conversion, alternative technologies, pyrolysis

## **ВОВЕД**

Човечкиот живот во современите општества е неизбежно поврзан со создавањето на отпадот. Количината на отпад, генерирана од просечниот потрошувач, постојано се зголемува. Се проценува дека во 2014 година еден жител на Западна Европа просечно произведувал повеќе од 450 kg ѓубре годишно [1]. Статистички гледано, околу 255 милиони тони цврст комунален отпад се создадени од 27 земји-членки во Европската Унија во 2006 година. Постои зголемување од 13% во споредба со 1995 година. Ова претставува просек од 517 kg комунален отпад по глава на жител, што е зголемување од 9% во однос на 1995 година [2]. Причината за ова е брзиот технолошки и индустриски развој кој придонесе не само зголемување на комуналниот, туку зголемување и на индустрискиот отпад. Вкупната количина на произведен отпад во Европската Унија секоја година изнесува 1,3 милијарди тони отпад од кои 40 милиони тони е опасен отпад [3]. Отстранувањето и справувањето со вишокот отпад е многу важен фактор кој влијае на борбата против климатските промени.

Македонија, како и многу држави во светот, се соочува со проблемот на неправилно менаџирање на отпадот. Од последните податоци на Државниот завод за статистика за 2017 година, вкупното количество на создаден комунален отпад во Република Македонија изнесува 786 881 тони, односно 379 kg по жител, а вкупното количество на собран комунален отпад е 635 875 тони, што е за 4,2 % повеќе од 2016 година. Според видовите, најголемо количество на собран отпад е измешан комунален отпад, 554 280 тони (87,2 %), а најмало количество отпад од гума, 1 007 тони (0,2 %) од вкупното количество собран комунален отпад. Најголемото количество на собран комунален отпад (99,4 %) се отстранува на депонија [4].

## *Затадување на Траговитије во Република Македонија: кои се решенијата?*

Според наведените податоци може да се види дека отпадот претставува неизбежен производ на општеството и е еден од најголемите предизвици на идните генерации. Отпадот може да се дефинира како неупотреблива или несакана супстанција или материјал. Тој може да биде во цврста, течна или гасна форма. Терминот цврст отпад обично се користи за опишување на материјали кои не се течни и кои произлегуваат од домашни, трговски, комерцијални, земјоделски и индустриски активности и од јавни услуги [5]. Цврстиот отпад се состои од различни отпадни фракции, како што се пластика, стакло, органски отпад или запалив отпад.

Наједноставен начин на третирање на отпадот е негово одлагање на депонии, односно негово депонирање. Постои Директива за депонии донесена од Европската Унија за намалување и минимизирање на количината на отпад во депониите, а со тоа и намалување на неговите негативните влијанија врз животната средина како на почвата, подземните, воздушните и површинските води. Цената на отпадот е уште една причина повеќе, општеството и компаниите да се свестат колку ги чини отпадот. Со Директивата за депонии на ЕУ се предвидува зголемување на трошоците за депонирање на отпадот од година во година. На пример, во Велика Британија трошоците по тон отпад во 2012 година биле 64£ , додека истите наредната 2013 година биле 72 £ [6]. Затоа е потребно да се промени начинот на кој се размислува за отстранување на отпадот.

Потребно е правилно управување со големите количини отпад на одржлив начин. Правилниот пристап опфаќа минимизирање на количината на создаден отпад преку рециклирање на поголемите фракции на отпадните материјали. Во многу развиени земји постои интегриран систем за управување со отпад. Интегрираниот систем за управување со отпад нуди флексибилност при третманот на цврст отпад. Во светот, методите за управување и справување со отпад се различни во зависност од: географската локација, населението, количините создаден отпад и постојниот техно-економски потенцијал. Третманот, управувањето и депонирањето на комуналниот цврст отпад (MSW) спаѓа во основните грижи на секоја земја. Различни земји ширум светот избираат да усвојат различни стратегии, во зависност од социјалните, економските и еколошките критериуми и ограничувања [7].

Очигледно е дека секторот за управување со отпад се соочува со проблем што не може едноставно самиот да го реши на одржлив начин. Зголемувањето на количината на цврст отпад и притисокот што го предизвикува отпадот врз животната средина, наметнува потреба да се воведат напреден пристап за ефикасно управување со цврстиот отпад. Според европското законодавство, напредниот пристап кон управувањето со отпад е базиран на принципот „хиерархија на отпад“. Тука се воведува редоследот на приоритетите за управување со цврст отпад. Оваа хиерархија на приоритети за третирање на отпадот, почнувајќи од најмалку одржливите приоритети и движејќи се до најодржливите приоритети, оди по следниов редослед: одлагање (депонирање), обновување на енергијата, рециклирање/компостирање, повторна употреба, минимизација на отпадот. Целта на оваа хиерархија за третирање на отпадот е искористување на максималните практични придобивки од производите и генерирање на минимална количина отпад [8].

Од друга страна, енергетскиот сектор се чини дека е идеално решение за проблемите со управувањето и намалувањето на отпадот. Енергетскиот сектор има постојана потреба од задоволување на растечката побарувачка за енергија. Отпадот може да се третира како вреден енергетски ресурс, а не како несакан производ на општеството. Обновувањето на енергијата од отпадот може да ги реши двата проблеми одеднаш: третирање на количините на отпад кои не се рециклираат и кои не можат повторно да се рециклираат; и генерирање на значителна количина на енергија која може да се вклучи во целокупното производство на енергија, со цел да се задоволат потребите на потрошувачите [9].

## **КОРИСТЕНИ МАТЕРИЈАЛИ - ТИПОВИ ОТПАД КАКО СУРОВИНИ ВО ПРОЦЕСОТ НА ОБНОВУВАЊЕ НА ЕНЕРГИЈАТА**

При разгледувањето на отпадот како енергетски ресурс, важно е да се земе предвид составот на различните типови на отпад што е достапен. Комуналниот цврст отпад (MSW) од домовите, индустријата и комерцијалните извори е најчестиот вид отпад што се користи при процесот на обновување на енергијата. Сепак, градежниот отпад, био-отпадот од земјоделството и шумарството, опасниот отпад и многу други, исто така може да бидат потенцијална суровина во постапките за обновување на енергијата, во зависност од нивниот специфичен состав, нивната

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

енергетска содржина и специфичните потреби на општеството во однос на отстранувањето на отпадот.

Општо земено, комуналниот цврст отпад (MSW) опфаќа отпад од домаќинствата и се состои од пластика, хартија, метали, текстил, органски отпад, кожа, гума, метали, стакло, керамика, земјени материјали и разни други материјали. Типично отпадот од домаќинствата содржи широк спектар на материјали кои значително варираат во составот во зависност од типот на општествената заедница, приходите и начинот на живот на потрошувачите, како и степенот на индустријализација и комерцијализам [10].

Најопасниот цврст отпад е отпадот што не се разградува, или за тоа треба долго време. Некои видови цврст отпад и потребното време за негово дегрардирање се прикажани во Табела 1 [11].

**Табела 1.** Приближното време потребно за деградација на различни типови цврст отпад [11]

<b>Органски отпад (зеленчук и овошје)</b>	<b>Една недела или две</b>
<b>Хартија</b>	10-30 дена
<b>Памучна ткаенина</b>	2-5 месеци
<b>Дрво</b>	10-15 години
<b>Волнени материјали</b>	1 година
<b>Калај, алуминиум и други метални предмети (лименки)</b>	100-500 години
<b>Пластични кеси</b>	Милиони години
<b>Стаклени шишиња</b>	Неопределено

Изборот на суровината-отпад ќе зависи од технологија која ќе се користи за третман на цврстиот отпад, што, пак, е определено од природата и обемот на влезниот тек на отпадот. Клучен фактор е енергетската содржина (калориската вредност) на отпадот, која ја одредува енергијата што може да се добие од него. Во Табела 2 се прикажани приближни нето-калориски вредности од заедничките фракции на комуналниот цврст отпад.

**Табела 2.** Приближни калориски вредности Q на фракции од комуналниот цврст отпад и горива

Горива	Q, MJ kg <sup>-1</sup>	Фракции отпад	Q, MJ kg <sup>-1</sup>
Природен гас	36-50	Хартија	16
Дизел	46	Органски материјал	46
Различни типови јаглен	29-32,7	Пластика	36
Бригети лигнин	21	Стакло	0
РДФ гориво	13-23	Метал	0
Дрво	15	Текстил	19
Суров лигнин	10	Други материјали	11
Несортиран отпад (Австралија)	8-12	Несортиран отпад (Кина)	3,5-5

## **МЕТОДИ ЗА ПРОЦЕСИРАЊЕ НА ЦВРСТИОТ КОМУНАЛЕН ОТПАД**

Ефикасното управување со цврстиот отпад вклучува примена на разновидни третмани, методи, технологии и практики. Во последните години, се правеа многу напори на развивање на еколошки технологии кои го користат отпадот како алтернатива за замена на фосилните горива. Сите применети технологии и системи мора да обезбедат заштита на здравјето на луѓето и зачувување на животната средина. Иако постојат различни методи за обработка на комунален цврст отпад, постои некоја општо прифатена класификација на технологии. Меѓу основните методи се: 1) депонирање на цврстиот отпад; 2) сортирање- механичко рециклирање; 3) механички биорефининг; 4) директно согорување; 5) анаеробна ферментација и компостирање; 6) пиролиза и гасификација, 7) плазма технологија. Треба да се спомене дека не постојат универзално прифатени стандарди или регулативи за строго определување или примена на горенаведените методи [12].

Технологиите кои се користат за обновување на енергијата овозможуваат намалување на волуменот на отпадот и обновување на енергијата. Отстранувањето на отпадот е во согласност со локалните упатства или закони за животната средина. Според Директивата 2008/98 / ЕС, термичките методите за третман на отпад се категоризираат како „отстранување - депонирање“ или „обновување“, а посакувана

опција за одржливо управување со отпад е обновување на енергијата и конечно отстранување на отпадот [13].

## **ПИРОЛИЗА - ТЕРМИЧКИ МЕТОД**

Термичките методи за управување со отпадот имаат за цел да го намалат обемот на отпад преку негова конверзија до безопасни крајни продукти, односно до гориво.

Пиролизата претставува термичка метода која опфаќа термохемиска деградиција на органските материјали (отпадот) на висока температура, обично на температура од 450 до 750 ° C, во отсуство на кислород или атмосфера на инертен гас. Како производи на пиролизата се добиваат испарливи органски соединенија и неиспарлив цврст остаток. Испарливиот дел е составен од сингаза кој главно се состои од H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и кондензационен дел кој се состои од сложени јаглеродороди [14, 15]. Денес, пиролизата го привлекува вниманието со својата флексибилност. Како крајни производи се добива комбинација на цврсти, течни и гасовити производи во различни пропорции само со варијација на работните параметри, како што се температурата или брзината на загревање.

Процесот на пиролиза се користел за производство на јаглен од биомаса уште многу одамна, пред илјадници години. Од средината на 80-тите постоеле пилот и комерцијални системи за гасификација и пиролиза. Денеска широм светот постојат многу постројки за пиролиза на цврст комунален отпад [16].

Во моментот во Р. Македонија нема развиена технологија за целосно обновување на отпадот. На пример, нашата земја нема ефикасен селективен систем за собирање на отпадот. Во моментот, нема многу специјализирана опрема за сортирање/отстранување на мешавината од отпад, затоа потенцијалот на отпадот недоволно се експлоатира, барем на краток и среден рок. Неопходно е правење на анализа, со цел утврдување на можностите користење на постоечки технологии во зависност од типот на отпад кои се широко применети во земјите од Северна и Западна Европа. Ваквите технологии ќе придонесат за економска бенефит заради производството на гориво и отстранување на отпадот.

Пиролизата обезбедува можност за трансформација на отпадот од материјал со мала енергетска густина до био-горива со голема енергетска густина и добивање на хемикалии со повисока вредност [17]. Првичните реакции на пиролиза опфаќаат



### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

деградација на лесно испарливите органските компоненти до други понестабилни соединенија. Покрај тоа, во раните фази на процесот на пиролиза, реакциите што се случуваат вклучуваат кондензација, отстранување на водород и реакции на формирање на прстени, кои водат до формирање на цврст остаток. Во случај на постоење на кислород се добива CO и CO<sub>2</sub>, а можно е и формирање на вода [18]. Така сумарната реакција на пиролиза е дадена со равенката:



каде Q - топлината која треба да биде внесен во реакторот за реакциите

Топлината што треба да се внесе во реакторот се состои од три дела и тоа: топлина за испарување на присутната влагата во отпадот, топлина потребна за загревање на реакторот и одвивање на процесот на пиролиза (термичката деградација на отпадот) и топлина што се губи со радијација односно топлотни загуби во околината. Суровината (отпадот) нема да подлежи на деградација пред нејзината влага да испари. Затоа се препорачува компоненти на MSW со висока содржина на влага, како што се отпадоците од храна и биомаса, да бидат одделени пред процесот на пиролиза, а препорачливо е и сушење на отпадот [16]. Пред самиот процес, неопходно е делумно или целосно да се подготви отпад за процесот на пиролиза.

Процесот на пиролиза ги вклучува следниве фази:

1. пред-третман на суровината;
2. процес на пиролиза;
3. кондензација на испарливите продукти;
4. гасификација.

Гасификацијата е дел кој не е неопходен за процесот на пиролиза. За време на процесот на гасификација, цврстиот остаток се претвора во гас под влијание на атмосферскиот кислород или пареа [19].

Пред-третманот генерално вклучува одвојување - сортирање на несаканите материјали, намалување на големината, односно ситнење на отпадот и обично некогаш се вклучува процес на сушење.

Типот на пиролиза зависи од температурата на процесот на која се врши пиролизата. Постојат неколку типови пиролиза и тоа [19, 20]:

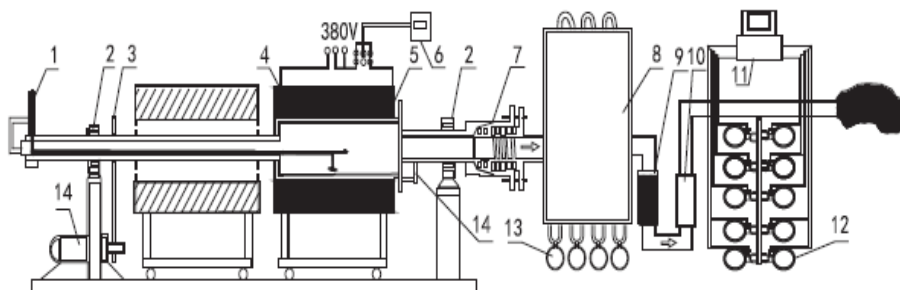
- **ниско температурна пиролиза** која се одвива на температурен интервал од 450-500 °C. На овие температури цврстиот отпад се деградира до најмалку гасовити продукти, но затоа се формираат максимални количини на различни пиролитички масла, катрани/смоли и цврст остаток;
- **пиролиза на средна температура** која се одвива во температурен интервал над 500 °C до 800 °C. Овој тип на пиролиза го фаворизира порастот на гасни продукти, восоци и пиролитички масла, а затоа се намалува цврстиот остаток.
- **пиролиза на висока температура** која се одвива на температури повисоки од 800 °C. Овој тип на пиролиза генерира максимално гасовити продукти додека формирањето на смоли, масла и цврст остаток е минимално. Високо-температурната пиролизата е ограничена до 1050-1100 °C, бидејќи овој температурен опсег е поврзан со процесот на топење на остатоците – згурата, што придонесува да дојде до компликации во постројката заради растопената згура.
- **плазма пиролиза** се одвива на температури повисоки од 1000 °C. Главен продукт е синтетичкиот гас (главно CO и H<sub>2</sub>). Кај овој тип пиролиза има подобра контрола на температурата и поголема брзина на целиот процес. Потребен е помал реактивен волумен за одвивање на пиролизата, не е потребно селектирање на отпадот, а се добива оптимален состав на син-гасот и се ослободуваат големи количини на секундарна енергија. Оваа пиролиза е доста скапа.
- **микробранова пиролиза** се одвива со микробранови и се користи за хомоген отпад -тиња, пластика и гуми. Предности на овој тип пиролиза се брзото и ефикасно греење и лесната контрола. Недостаток на овој тип пиролиза е што не е погодна за третирање на мешан отпад, заради непознавање на диелектричните податоци на повеќето компонентите од отпадот како функција од температурата.

Процесот и типот на пиролиза видовме дека зависи од температурата на која се врши деградацијата на отпадот. Температурата е важен параметар за процесот на пиролиза, но не и единствен параметар од кој зависи пиролизата. Други важни параметри од кои зависи пиролизата се: типот на суровина (тип на отпад), присуството и типот на катализатор, неговата количина и сооднос со почетната суровина. Не помалку важен е и притисок при кој се одвива процесот. Обично индустриските постројки за пиролиза работат при атмосферски притисок, но има и такви кои работат при покачен или снижен притисок. Вакуум -пиролиза е пријавена само во студии кога се третираат посебни отпади, како што се печатените плочи. За правилна деградација на суровината - отпад и добивање на саканите производи, брзината на загревање, времето на реакција, големината на материјалот и типот на реакторот се многу важни за правилно изведување на процесот.

**Типови на реактори** кои се користат за процесот на пиролиза на цврст комунален отпад има повеќе, а тие се :

1. Ротирачки печки;
2. Реактори со флуидизиран слој;
3. Реактори со фиксен слој;
4. Цевни реактори;
5. Шаржни, полу-шаржни реактори и
6. Типови на иновативни реактори.

**Ротационите печки** се широко распространети и се користат за конвенционална пиролиза (бавна пиролиза). Овие реактори бавно ротираат со што се овозможува добро мешање на отпадот, а брзината на загревање не им е поголема од  $100\text{ C min}^{-1}$  за време на реакција до 1 час. Овие реактори имаат многу уникатни предности во однос на другите видови реактори, заради доброто мешање на отпадот, а со тоа се обезбедува добар пренос на топлина, потоа флексибилното прилагодување на времето на престој во реакторот (времето на реакција). Друга голема предност е големиот канал за дотур на суровина - отпад кој може да е хетероген, па затоа не е потребно претходно негово третирање. Одржувањето на овие реактори е доста едноставно. Заради ова е најчесто користен тип на реактор кој се користи при процесот на пиролиза. Ваков тип на реактор е прикажан подолу на слика 1.



**Слика 1.** Систем за пиролиза со ротациона печка (1-термометар; 2-лежиште; 3-брзински пренос; 4-електрична печка; 5-ротациона печка; 6-температурен контролер; 7-затка; 8-кондензатори; 9-филтер; 10- протокомер; 11-компјутер; 12-узоркување на гас; 13-празнење ; 14-брзински прилагодливи електрични машини) [20a].

*Реакторите со флуидизиран слој* се карактеризираат со голема брзина на загревање и добро мешање на суровината. Типично, реакторите со флуидизиран слој се користат за брза пиролиза (или флеш пиролиза). Реакторите со флуидизиран слој често се користат во лабораториски услови, нивната индустриска примена не е честа појава за пиролиза на MSW, заради тешкото одвојувањето на коксот од флуидизираниот слој, како и неговото надворешно загревање [21].

*Реакторот со фиксен слој* се карактеризира со мала брзина на загревање, како резултат на неговиот низок коефициент на пренос на топлина. Затоа кога се деградираат поголеми количини отпад, температурата не е унифицирана низ целиот реактор, па затоа отпадот се распаѓа на различни температури истовремено по должина на реакторот. Поради неговата неефикасност, овој реактор поретко се користи [22].

*Производите на пиролиза* може да бидат течни, цврсти и гасовити. Поголемиот дел од органските супстанции во отпадот кои подложат на деградација се конвертираат до 75-90% испарливи супстанции и до 10-25% цврст остаток (кокс). Сепак, поради постоењето на влажност и неоргански супстанции, количината на испарливи супстанции варира од 60 до 70%, а коксот помеѓу 30 и 40% [2]. Количина на добиените пиролитички продукти, нивниот состав и калориска вредност зависат најмногу од температурата, но и од другите процесни параметри. Во Табела 3 е прикажан еден литературен преглед на добиените пиролитички производи во зависност од процесните параметри.

**Табела 3.** Добиени производи од пиролиза на различен отпад [23]

Отпад	Реактор	T (°C)	Гас (wt%)	Течно (wt%)	Цврст (wt%)
Отпад од храна	Со фиксен слој	800	~29	46	~25
Меко дрво	Вакуум	500	24,7	45,0	27,6
Тврдо дрво	Вакуум	500	19,9	55,9	26,2
Хартија	Шаржен	600	~41	~19	~40
Гуми	Движечки ротор	600	11,7	48,4	39,9
Текстил	Со фиксен слој	450	60,35	14,00	25,26
Пластика	Полу-шаржен	500	34,0	65,2	0,8

Гасовитиите *продукти* се зголемуваат со покачување на температурата поради секундарни реакции и делумно распаѓање на цврстиот остаток. Исто така и составот на пиролитичкиот гас е силно зависен од температурата, типот на отпадот кој се третира, како и од самиот процес на пиролиза. Со пиролиза на биомаса количините на гас кои се добиваат не се повеќе од 30 wt. %, а содржат CO<sub>2</sub>, CO и лесни јаглеродородии со калориска вредност од 10-15 MJ N<sup>-1</sup>m<sup>-3</sup>, која варира во зависност од температурата и брзината на греење [24]. Гасовитите продукти добиени со пиролиза на пластика се лесни јаглеродородии: метан, етан, етен, пропан, пропен, бутан и бутен и се со висока калориска вредност која варира помеѓу 42 - 50 MJ kg<sup>-1</sup>. Додека, ко-пиролизата на полимери и биомаса дава гасовити продукти: CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и лесни јаглеродородии, со просечна калориска вредност околу 15 MJ N<sup>-1</sup>m<sup>-3</sup>, што се зголемува со зголемување на температурата [25]. Пирогасот од гуми содржи релативно висока концентрација на H<sub>2</sub>S, кој може да се оксидира до SO<sub>2</sub> [26], а гасот добиен од PVC содржи големи количини на HCl [27].

*Течни продукти* – нивниот состав, калориска вредност и принос зависат од типот на суровината (отпад) и процесните параметри. Пиролитичките масла кои потекнуваат од биомасата се состојат главно од вода, киселини, шеќери, алкохоли, кетони, алдехиди, феноли и нивни деривати, фурани и други мешани оксигенати со

просечна калориска вредност околу 15 - 20 MJ kg<sup>-1</sup>. Фенолните соединенија често се присутни во големи концентрации (до 50 wt% -тежински) [28]. Овие масла може да се користи за производство на топлина, струја, синтетички гас или хемикалии. Од друга страна, пиролитичко масло добиено со пиролиза на отпадна пластика има повисока калориска вредност од околу 30 – 45 MJ kg<sup>-1</sup>. Тоа е така заради помалата содржина на водена фракција која се добива во крајниот производ затоа што пластичниот отпад може да има само мала количина на присутна влага [29].

*Цврстиот остаток* обично е застапен во најмал процент и главно е богат со јаглерод. Како цврст остаток во смеса со јаглеродот се појавуваат и неорганските соединенија присутни во суровиот отпад. Можно е и присуство на опасните елементи S, Cl и N во остатокот, како и значителна количина на кондензирани нуспроизводи формирани за време на процесот на пиролиза. Неговата калориска вредност обично е околу 33,6 MJ kg<sup>-1</sup> што е споредливо со типичниот јаглен [30].

Од направената анализа на широк спектар на технологии за пиролиза утврдено е дека тие можат да произведат 770 нето kWh за тон комунален цврст отпад. Во светот постојат повеќе постројки за преработка на комунален цврст отпад со различен капацитет. Најголемата фабрика за пиролиза е сместена во Јапонија, во градот Toyohashi City, која обработува вкупно 400 тони дневно на MSW [5]. Сепак, горивото добиено од MSW отпад, не може да се натпреварува со фосилните горива поради ниската калориска вредност и хетерогениот состав. Во наредната Табела 4 е даден енергетски биланс на потребната и добиената енергија од процесот на пиролиза.

**Табела 4.** Енергетски биланс [7]

Влез/излез	Пиролиза
Почетна енергија (kWh/ тон)	339.3
Генерирана енергија (kWh/ тон)	685
Цврст остаток (kg/ тон)	120

Од целокупната анализа во овој текст може да се види дека процесот на пиролиза на комунален цврст отпад има низа предности. *Главниите придонеси на пиролизата*, во споредба со друга често употребувана метода како инсинерација, се:

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

- Постројките бараат помалку простор во однос на оние кај согорувањето, иако процесот е сложен, но тој е флексибилен и лесен за ракување затоа што има континуирана контрола.
- Добриените производи имаат повеќекратни апликации и се добра замена за фосилните горива, односно се добива одржливо гориво кое овозможува намалување на климатските промени.
- Температурата на деградација е пониска од температурата на согорување, а бидејќи реакцијата на пиролиза се одвива во инертна атмосфера, или без присуство на кислород, има формирање на помали количини азотни оксиди (NO<sub>x</sub>) и сулфурни оксиди (SO<sub>2</sub>), а со тоа и помали емисии во воздухот заради инертната атмосфера и можноста за миење на сина гасот (пиролитичкиот гас) пред согорувањето. Емисиите се намалени и поради тоа што не доаѓа до запалување на отпадот, се добива енергија на почист начин.
  - Содржината јаглеродот во пепелта е многу повисока отколку во случај на согорување и количината добиена пепел е многу помала. Металите кои остануваат во пепелта (цврстиот остаток) оксидираат за време на пиролизата и имаат повисока комерцијална вредност.

### *Главниите недосјатности на пиролиза вклучуваат:*

- Голем проблем е пред-третманот на отпадот што може значително да ја зголеми цената на чинење на инсталацијата и работата на таквите единици. Исто така, деловите од постројката за чистење на гасовите и отпадните води генерираат исклучително високи трошоци.
- Постројките на пиролиза бараат одредена (постојана) количина на отпад за да работат ефикасно и да се економски оправдани, а почетните инвестиции се големи, иако тие бргу се враќаат.
- Можни се генерирања на токсични остатоци како инертна минерална пепел, неорганички соединенија и неререформиран јаглерод, а постои и потенцијал за добивање голем број можни токсични емисии во воздухот, како кисели гасови, диоксини и фурани, азотни оксиди, сулфур диоксид, честички, итн. доколку нема соодветни филтри и делови за пречистување.

## **ЗАКЛУЧОК**

- Пиролизата на цврст отпад е ефективен метод за третман „отпад – до - гориво“.
- Голем предизвик е да се направи пиролизата економски одржлива.
- Добра суровина за пиролиза е во основа секој материјал, кој вклучува органски јаглород.
- Не бара употреба на сложена сепарација на отпад.
- Најчесто користени реактори за пиролиза се ротациони печки или цевни реактори.
- Приносите од гас се зголемуваат со зголемување на температурата на пиролиза, но генерално се под  $1\text{Nm}^3\text{kg}$  и имаат просечна калориска вредност од  $15\text{ MJ Nm}^3$
- Течните производи се хемиски комплексни смеси, со голем процент на вода.
- За производство на течно гориво без вода, треба да се користи пластичен отпад, наместо цврст комунален отпад.
- Цврстиот остаток од пиролизата има висока калориска вредност, но може да биде контаминиран со тешки метали и органски загадувачи.

### **Препораки**

За да се намалат количините на цврст комунален отпад, а де се искористи потенцијалот на отпадот, потребно е негово соодветно третирање. Неопходно е правење на анализа, со цел да се утврдат можностите за користење на постоечки технологии во зависност од типот на отпад кои се широко применети во земјите од Северна и Западна Европа. Потребно е депониите да се трансформираат во места каде нема да има само обично собирање и депонирање, туку истите да се снабдат со постројки за конверзија на отпадот. Треба да се инвестира во изградба на комбинирани постројки за пиролиза и гасификација, постројки за инсенерација и био рафинерии. Ваквите технологии ќе придонесат за економска бенифит заради производството на гориво и отстранување на отпадот.

Прв чекор во спроведување на оваа мерка е негово задолжително сортирање, кое е пракса во западните земји. По сортирањето дел од селектираниот отпад механички би се рециклирал (на пр. отпад од метали, стаклени шишиња и сл.). Остатокот од отпадот понатака би се конвертирал, користејќи биолошки и/или



термички третман, во зависност од типот на отпадот. Со ова, како краен производ би се добила енергија во форма на горива или топлина, а со тоа би се постигнала и крајната цел намалување на отпад, заштита на животната средина и економски бенифит.

#### **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] E.-H. Hauser, K. Blumenthal, *Each person in the EU generated 475 kg of municipal waste in 2014*. Eurostat Press 56/2016., **2016**.
- [2] L. Konstantinos K. Moustakas, M. Loizidou. "Solid Waste Management,." *Waste Manag., Er Sunil Kumar (Ed.), 2010*.
- [3] G. Ionescu, C. Mărculescu, A. Badea, "Alternative solutions for MSW to energy." *U.P.B. Sci. Bull., Series C* 73, 3, **2011**, 243-253.
- [4] С. Стојановска, Комунален отпад за 2017 година. Скопје: Државен завод за статистика, **2017**.
- [5] K. Sasikumar, G. Krishna. *Solid Waste Management*. New Delhi: PHI Learning Private limited, **2009**.
- [6] Fccenvironment. *Waste management and disposal: A best practice business guide*. www.fccenvironment.co.uk, n.d.
- [7] A.U. Zaman, "Comparative study of municipal solid waste treatment technologies using life cycle assessment method." *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 7, 2, **2010**, 225-234.
- [8] Закон за управување со отпад. „Службен весник на Република Македонија“ бр. 09/11, 25.01.**2011**.
- [9] COUNCIL, WORLD ENERGY. "World energy resources 2016." **2016**.
- [10] J. Pichtel, "Municipal, Hazardous, and Industrial" In *Waste Management Practices, Second Edition*. Boca Raton: Taylor and Francis Group, **2014**.
- [11] M. Doble, A. Kumar, *Biotreatment of industrial effluents*. USA: Elsevier Inc., **2005**.
- [12] A Romyantseva et. *Modern technologies of processing municipal solid*. *Earth Environ. Sci.*, **2017**.
- [13] E. Autret, F. Berthier, A. Luszezanec, F. Nicolas, " Incineration of municipal and assimilated wastes in France: Assessment of latest energy and material recovery performances." *J Hazard Materials*, 139, **2007**, 569-574.
- [14] J.F Puna., M.T. Santos, *Thermal Conversion Technologies for Solid Wastes: A New Way to Produce Sustainable Energy*. Lisabon: High Institute of Engineering of Lisbon, Chemical Engineering Department, **2010**.
- [15] N.P. Cheremisinoff, *Handbook of solid waste management and waste minimization technologies*. USA : Elsevier Science, **2003**.
- [16] Dezhen Chen, Lijie Yin, Huan Wang, Pinjing He. "Pyrolysis technologies for municipal solid waste: A review." *Waste Manage.*, **2014**.
- [17] R., Chowdhury, " Sarkar A. Reaction kinetics and product distribution of slow pyrolysis of Indian textile wastes." *Int J Chem React Eng*, 23, **2012**, 10-25.
- [18] K. Moustakas, M. Loizidou, *Solid Waste Management through the Application of Thermal Methods*. Athens: National Technical University of Athens, **2010**.
- [19] D. Rehraha, R. Bansodeb, O. Hassanb, M. Ahmednaa, "Physico-chemical characterization of biochars from solid municipal waste for use in soil amendment" *J Anal Appl Pyrol.*, 118, **2016**, 42-53.

- [20] A. Bugayan, "Disposal of solid waste: foreign and domestic experience". Science and education: agriculture and economics; entrepreneurship; law and governance 62, 7, **2015**, 27–31.
- [20a] M.B. Donald, B. Rosseman, "Mixing and de-mixing of solid particles part III industrial aspects of mixing and de-mixing." *Br. Chem. Eng.* 7, **1962**, 922–924.
- [21] J.F. Mastral, E. Esperanza, P. Garcia, M. Juste, "Pyrolysis of high-density polyethylene in a fluidised bed reactor. Influence of the temperature and residence time." *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 63, **2002**, 1–15.
- [22] H.L. Wang, Y. Zhang, N.L. Song, "Experimental research on pyrolysis process of waste rubber", *Nat Sci Editi* (in Chinese), 25, **2006**, 336–338.
- [23] D. Csessing, T. Nannou, L. Anguliano et al., "Potential of pyrolysis processes in waste management sector." *ICSF. Berkshire*, **2017**.
- [24] TP. Williams, S. Besler, "The Influence of Temperature and Heating Rate on the Slow Pyrolysis of Biomass" *Renew Energy*, 7, **1996**, 233–250.
- [25] H.I. Hwang J. Kobayashi, K. Kawamoto, "Characterization of products obtained from pyrolysis and steam gasification of wood waste, RDF, and RDF." *Waste Manag.*, 34, **2014**, 402–410.
- [26] S. Ucar, S. Karagoz, RA. Ozkan, J. Yanik, "Evaluation of two different scrap tires as hydrocarbon source by pyrolysis." *Fuel*, 84, **2005**, 1884–1892.
- [27] SD. Anuar Sharuddin, F. Abnisa, WMA Wan Daud, MK Aroua, "A review on pyrolysis of plastic wastes." *Energy Convers Manag*, 115, **2016**, 308–326.
- [28] D. Mohan, CU Pittman, PH Steele, " Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review." *Energy and Fuels*, 20, **2006**, 848–889.
- [29] A. López, I. de Marco, BM. Caballero, FM Laresgoiti, A. Adrados, A. Torres, "Pyrolysis of municipal plastic wastes: Influence of raw material composition." *Waste Manag.*, 30, **2010**, 620–627
- [30] D. Chen, L. Yin, H. Wang, P. He, " Pyrolysis technologies for municipal solid waste: A review, " *Waste Manag.*, 34, **2014**, 2466–2486.

*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

## **ТРАНСПОРТОТ ВО СКОПЈЕ – РЕАЛНОСТ И ПРЕДИЗВИЦИ**

Александар Дединец<sup>1</sup>, Александра Дединец<sup>2</sup>, Верица Тасеска-Ѓоргиевска<sup>1</sup>, Наташа Марковска<sup>1</sup>, Павлина Здравева<sup>3</sup>, Јасмина Белчовска Тасевска<sup>3</sup>, Глигор Каневче<sup>1</sup>  
e-mail: dedinec@manu.edu.mk

<sup>1</sup>Истражувачки центар за енергетика и одржлив развој, Македонска академија на науките и уметностите, Скопје, Република Македонија

<sup>2</sup>Факултет за информатички науки и компјутерско инженерство, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република Македонија

<sup>3</sup>UNDP, Скопје, Република Македонија

### **Апстракт**

Транспортниот сектор е одговорен за една четвртина од емисиите на стакленички гасови на ниво на Европската Унија, додека во Македонија неговото учество од 10% во 2012 година се зголемило на 13% во 2014 година. Значењето на овој сектор се зголемува со тоа што тој значајно придонесува и за проблемите со квалитетот на воздухот. Во Европската Унија, споредено со 1990 година, се забележува напредок во намалувањето на локалните емисиите. Во Македонија се проценува дека учеството на транспортот во вкупните национални емисии на CO и NO<sub>x</sub> изнесува 13% и 17%, соодветно.

Податоците за квалитетот на воздухот за 2016 година покажуваат надминувања на годишните гранични вредности за концентрации на PM<sub>10</sub> речиси на сите мерни места на ниво на Република Македонија, како и на концентрации на PM<sub>2,5</sub> на двете мерни места (лоцирани во град Скопје). Во поглед на CO, надминување на граничните вредности има на мерните места Лисиче во Скопје, Битола 2 и Тетово, додека на мерните места Ректорат во Скопје и Битола 1, концентрациите се многу блиску до граничните вредности.

Во овој труд со помош на посебно развиена методологија во која е вклучен и моделот MARKAL-Скопје, оценети се 10 мерки и политики за намалување на потрошувачката на енергија, емисиите на стакленички гасови и локалните емисии од патниот транспорт. За студија на случај е земен Град Скопје, како најголем град во земјата, и град со најголем број на регистрирани возила (околу 36%). Анализите се направени за периодот 2012 – 2025 година преку две сценарија: референтно

сценарио и сценарио кое ги вклучува предложените политики и мерки.

Резултатите покажуваат дека со имплементација на сите предложени мерки може значително да се намалат емисиите во 2025 година и тоа на  $PM_{2.5}$  за дури 94%, додека CO и NMVOC за 78% споредено со 2015 година. За да се реализираат сценариото со сите предложени мерки потребно е во периодот до 2025 година да се вложат дополнителни 686 милиони EUR, споредено со референтното сценарио.

**Клучни зборови:** транспорт, емисии на стакленички гасови, загадувачи на воздух.

### **Abstract**

A quarter of the greenhouse gas emissions at the European Union level come from the transport sector, while in the Republic of Macedonia its share in the total national emissions increased from 10% in 2012 to 13% in 2014. Additionally, the transport sector significantly contributes to air quality problems in Europe, but since 1990, a progress has been made. In the Republic of Macedonia the share of this sector in the total national emissions of CO and NO<sub>x</sub> is 13% and 17%, respectively.

According to the data for 2016, there are exceedances in the annual limit values for the  $PM_{10}$  concentrations, almost in all measuring points in the Republic of Macedonia. There are also exceedances in the annual concentrations of  $PM_{2.5}$  at both measuring points located on the territory of the city of Skopje. The CO concentrations exceed the limit value at the measuring points of Lisice in Skopje, Bitola 2 and Tetovo, while at the measurement points of Rectorate in Skopje and Bitola 1, the concentrations are very close to the limit values.

In this paper, 10 measures and policies are proposed and evaluate with specially developed methodology involving the MARKAL-Skopje model, with the aim to reduce energy consumption, emissions of greenhouse gases and polluting substances from road transport. The case study is the city of Skopje, the largest city in the country, and the city with the largest number of registered vehicles (about 36%). The analyzes were made for the period 2012-2025 through two scenarios: a reference scenario and a scenario that includes all proposed policies and measures.

The results show that with the implementation of the scenario that includes all proposed policies and measures the quantity of pollutants in 2025 could be significantly reduced,  $PM_{2.5}$  by 94%, while CO and NMVOC by 78% compared to 2015. In order to realize this scenario, it is necessary to invest an additional 686 million euros in the period

2018-2025 compared to the reference scenario.

## **ВОВЕД**

Една четвртина од емисиите на стакленички гасови на ниво на Европската Унија доаѓаат од транспортниот сектор. Дополнително, овој сектор е еден и од главните причинители за загадување на воздухот во градовите. Намалувањето на емисиите на стакленички гасови од секторот транспорт започна дури во 2007 година, но тие се сè уште повисоки од нивото во 1990 година, што е различно од останатите сектори, каде емисиите, почнувајќи од 1990 година наваму, постепено опаѓаат. Најголем дел од емисиите на стакленички гасови од транспортот се од патниот сообраќај (повеќе од 70% во 2014 година).

Европската Унија како лидер во глобалниот премин кон ниско-јаглеродна економија, со усвојување на Европската стратегијата за мобилност со ниски емисии во 2016 година постави цел до 2050 година, емисиите на стакленички гасови од транспортот да бидат најмалку за 60% пониски, споредено со нивото во 1990 година и цврсто да целат кон нула [1].

Во поглед на подобрување на квалитетот на воздухот главната цел на Европската Унија е постигнување на такво ниво на квалитет на воздухот, при кое нема да се предизвикуваат значителни негативни влијанија врз здравјето на човекот и врз животната средина. За да се постигне ова, европската политика вклучува неколку меѓусебно поврзани инструменти, како што се: правилата и стандардите поврзани со изворите на емисии (на пример, за транспорт, индустриски инсталации, електрани) и прописите поврзани со производите (на пример, за растворувачи, горива, апарати), Директивата за квалитет на амбиентниот воздух [2] и Директивата за горните граници на емисиите на национално ниво [3].

Според Европската агенција за животна средина, транспортот значително придонесува за проблемите со квалитетот на воздухот во Европа, но сепак по 1990 година се забележува напредок во намалувањето на емисиите на многу загадувачи на воздухот од овој сектор. Така, во периодот од 1990 година до 2015 година, емисиите на NO<sub>x</sub> од транспортот се намалени за 41%, емисиите на SO<sub>x</sub> за 49%, емисиите на CO за 85% и на NMVOC за 86% [4]. Емисиите на PM се намалени за 42%, споредено со нивната количина во 2000 година, од кога се започнало со нивно мерење.

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Анализите направени во рамките на Вториот двогодишен извештај за климатски промени за Македонија [5], покажуваат дека транспортот е еден од секторите каде во последниве години се забележува растечки тренд на финалната потрошувачката на енергија (24% во 2012 на 32,5% во 2015 година). Од патниот, железничкиот и воздушниот, најдоминантен во оваа потрошувачка е патниот сообраќај, со 97% учество. Зголемувањето на потрошувачката резултира со зголемување на учеството на транспортниот сектор во вкупните емисии на стакленички гасови и тоа од 10% во 2012 на 13% во 2014 година.

Според Годишниот извештај за квалитет на животната средина за 2016 година [6], на национално ниво, клучен сектор кој придонесува за загадување на воздухот е секторот домаќинства од согорување на огревно дрво (за емисии на суспендирани честички  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  и  $CO$ ), како и секторот за производството на електрична и топлинска енергија (за емисиите на  $SO_x$  и  $NO_x$ ). Локалните емисии од секторот транспорт во вкупните количини на  $CO$  и  $NO_x$  учествуваат со 13% и 17%, соодветно. Според овој извештај се забележуваат надминувања на годишните гранични вредности за концентрации на  $PM_{10}$  речиси на сите мерни места на ниво на Република Македонија. Надминување има и на годишните концентрации на  $PM_{2.5}$  на двете мерни места кои се лоцирани на територијата на Град Скопје. Концентрациите на  $CO$  ја надминуваат граничната вредност само на мерните места Лисиче во Скопје, Битола 2 и Тетово, додека на мерните места Ректорат во Скопје и Битола 1, концентрациите се многу блиску до граничните вредности.

Според Светската здравствена организација [7], секоја година, околу четири милиони смртни случаи во светот се препишуваат на загадувањето на амбиентниот воздух од суспендираните честички  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  (поради мозочен удар, срцеви заболувања, рак на белите дробови и хронични респираторни заболувања). Во Република Македонија оваа бројка за 2012 година изнесува 1366.

За да се намали билансот на заболени и смртни случаи предизвикани од загадувањето на амбиентниот воздух потребно е да се цели кон политики и мерки што поддржуваат почист транспорт, енергетски ефикасно домување, почисто производство на електрична и топлинска енергија, почиста индустрија и подобро управување со комуналниот отпад, што ќе придонесе за намалување на загадувањето на амбиентниот воздух од клучните извори. За таа цел, во рамките на проектот Вториот двогодишен извештај за климатски промени, изработени се две

судии во кои се предложени политики и мерки за намалување на загадувањето во Град Скопје, кое е резултат на загревање на домаќинствата (СТУГРЕС) [8] и намалување на глобалното загадување од патничките автомобили во Република Македонија (СТУТРА) [9].

Целта на овој труд е да се развие методологија за одредување на количеството на локалните емисии кои се резултат на активноста на возилата во патниот сообраќај, како и нивна проекција во иднина. Методологијата е применета на Град Скопје, како најголем град во земјава, и град со најголем број на регистрирани возила (околу 36%). Како основа во методологијата е искористен моделот MARKAL-Скопје развиен за Стратегијата за ублажување на климатските промени во градот Скопје - „Отпорно Скопје“ [10], а потоа надграден во рамките на студијата СТУГРЕС [8]. Дополнително, со овој труд, е направено прилагодување на модулот за транспортниот сектор во MARKAL–Скопје моделот, користејќи ги податоците за регистрираните возила во Скопје и се вовеле можноста да се пресметуваат локалните емисиите од овој сектор (CO, NMVOC, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> и PM<sub>2,5</sub>).

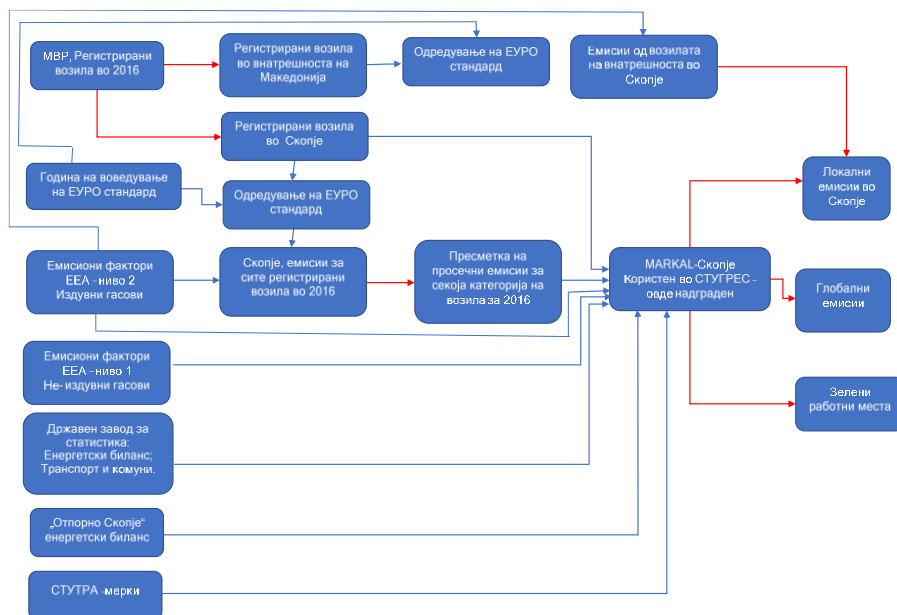
Во трудов се предложени и со помош на развиената методологија, оценети 10 мерки и политики за намалување на потрошувачката на енергија, емисиите на стакленички гасови и локалните емисии од патниот транспорт. Анализите се направени за периодот 2012 – 2025 година преку две сценарија: референтно сценарио „Исто како сега“ и сценарио кое ги вклучува предложените политики и мерки „Движење во вистинска насока“.

## **МЕТОД**

Во овој труд е развиена методологија со која се овозможува пресметување на количината на локалните емисии кои се резултат од движењето на возила и тоа за базната година, како и проекции за во иднина (Слика 21). Методологијата е составена од четири дела. Првиот дел е анализа и обработка на податоците за бројот на регистрирани возила во Република Македонија во 2016 година, добиени од Министерството за внатрешни работи (МВР). Во овој дел направена е поделба на возилата на возила регистрирани во Скопје и возила регистрирани во внатрешноста на Македонија. Потоа, врз основа на годината на производство и годината на воведување на ЕУРО стандардите е одреден ЕУРО стандардот на секое возила.



Дополнително, за да се пресмета инвентарот на локалните емисиите, потребно е да се знае и просечниот број на километри кои ги поминуваат возилата, податок кој не се собира од страна на институциите во Р. Македонија. Користејќи го моделот за одредување на потрошувачката во транспортниот сектор кој е дел од моделот MARKAL-Скопје и користејќи го енергетскиот биланс за градот Скопје за 2012 година од студијата „Отпорно Скопје” [10] е одреден просечниот број на km кои го поминуваат возилата регистрирани во Скопје. Дополнително на ова, за периодот 2013-2016 година направено е и соодветно прилагодување на потрошувачката, користејќи ги енергетските биланси на Република Македонија, изработени од Државниот завод за статистика (ДЗС) [11].



**Слика 21.** Методологија за пресметување на локални и глобални емисии, Скопје

Вториот дел од методологијата вклучува имплементирање на методологијата за пресметување на локалните емисии „Ниво 2“, предложена од страна на Европската агенција за животна средина (ЕЕА) [12]. За таа цел, направена е поделба на возилата по категории (мотоцикли, патнички автомобили, лесни товарни возила (до 3.500 t), тешки товарни возила (поголеми од 3.500 t) и автобуси). Користејќи ги емисионите фактори, предложени од ЕЕА, кои се базираат на

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

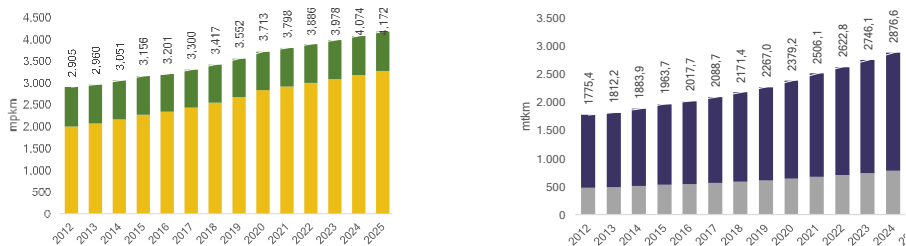
историски мерени податоци на ниво на Европска Унија [12], добиен е инвентарот на локални емисии на ниво на Град Скопје за 2016 година.

За третиот дел од методологијата, искористен е MARKAL-Скопје моделот, првично развиен за стратегијата за ублажување на климатските промени на градот Скопје „Отпорно Скопје” [10], а потоа надграден во рамките на студијата СТУГРЕС [8]. Во овој труд, MARKAL-Скопје моделот е надграден со можност за пресметување на локалните емисии од сите видови на возила од патниот сообраќај (патнички автомобили, лесни товарни возила, тешки товарни возила, автобуси и мотоцикли). Имено, имплементирана е „Ниво 2“ методологијата. Дополнително, инвентарот на локалните емисии добиен во вториот дел од методологијата развиена во овој труд е искористен за пресметување на просечните емисиони фактори за секој тип на возило и за соодветниот тип на гориво. Овие емисиони фактори се влез во MARKAL-Скопје моделот за базната година. MARKAL-Скопје моделот дополнително е надграден и со можноста да ги пресметува и емисиите кои се резултат на трошење на гумите и кочниците, како и трошење на асфалтот, односно имплементирана е „Ниво 1“ методологијата на Европската агенција за животна средина за овој тим на емисии (non-exhaust) [13].

Со помош на податоците за раст на БДП и популација во периодот до 2025 година, земени од СТУГРЕС [8], како и нивната поврзаност со растот на бројот на возила, направена е проекција за бројот на патнички и тонски километри за возилата од градот Скопје (Слика 22).

Во последниот дел од методологијата опфатена е и активноста на возилата кои доаѓаат од внатрешноста на Република Македонија во градот Скопје. За да се пресметаат емисиите од овие возила од податоците од МВР пресметан е просечен емисионен фактор за сите возила од внатрешноста на Република Македонија за 2016 година. Во однос на проекциите и нивниот придонес во иднина, претпоставено е дека секоја година во просек 10% од бројот на патнички автомобили, коишто се добиени во студијата СТУТРА [9], а се од внатрешноста на Македонија на дневна основа ќе влегуваат во градот Скопје.

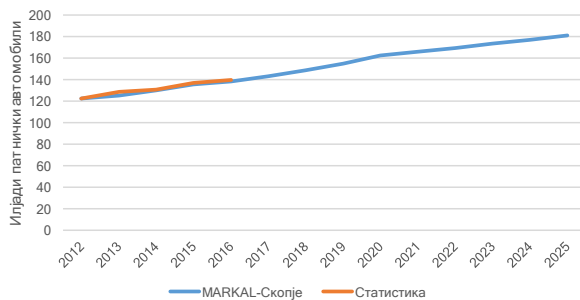
## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?



Слика 22. Проекции за бројот на патнички километри и тонски километри по категорија на возила

### Валидирање на моделот

Неизоставен дел од самото моделирање е валидацијата на моделот. За таа цел направено е валидирање на моделот за периодот 2012-2016 година. На Слика 23 прикажана е споредба на излезот од MARKAL-Скопје моделот и реалните податоци од ДЗС во поглед на бројот на патнички автомобили, од каде може да се забележи дека речиси и да не постои разлика помеѓу нив.



Слика 23. Разлика на бројот на патнички автомобили според статистика и според MARKAL-Скопје моделот

### РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Решавањето на проблемот со емисиите на загадувачи на воздухот опфаќа идентификација на изворот на проблемот и предлагање на соодветни мерки и политики. На почетокот на ова поглавје прикажани се резултатите од тоа како изгледа транспортот во Скопје во 2016 година и кои возила се најпроблематични во поглед на локалните емисии. Во вториот дел од оваа глава е прикажано како би изгледал овој сектор до 2025 година ако не се преземат соодветни мерки и што би

се случило ако се преземат одредени мерки и политики, а во третиот и четвртиот дел се предложени соодветни мерки и политики и кои се резултатите кои произлегуваат од нивната реализација.

### **Транспортот во Скопје во 2016 година**

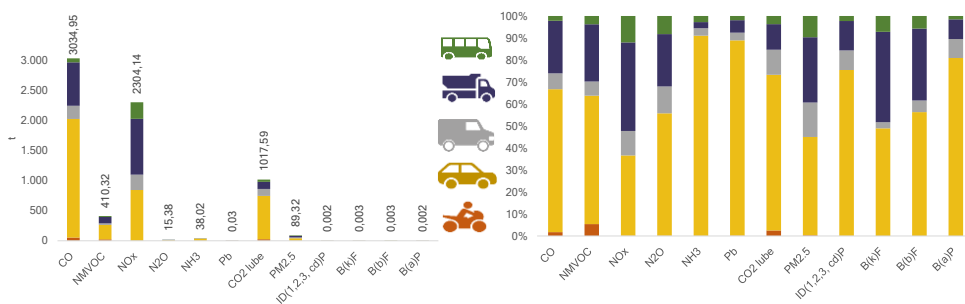
Во периодот 2012-2016 година бројот на регистрирани возила во Скопје е зголемен за 15,3% во 2016 година, во однос на 2012 година [13]. Најголем удел во вкупниот број на возила во 2016 година имаат патничките автомобили, околу 88%, а најголемо зголемување има кај мотоциклите од 33% во 2016 година во однос на 2012 година. Порастот кај товарните и патничките автомобили е 23% и 14%, соодветно. Намалување се забележува само кај бројот на автобуси и тоа за 10% во 2016 година во однос на 2012 година. Во поглед на типот на гориво, најголемо зголемување кај патничките автомобили има на дизел возилата и тоа за 77% во 2016 година, во однос на 2012 година, со што нивниот удел во патничките автомобили од 25% во 2012 година, се зголемил на 38% во 2016 година. Речиси идентична е ситуацијата и кај тешките товарни возила, каде бројот на оние кои користат дизел се зголемил за 62%, додека бројот на бензин возила се намалил за 9% во 2016 година во однос на 2012 година. Уделот на дизел/бензин возила од вкупниот број на товарни возила во 2012 година изнесувал 54% и 39% (останатите 7% се бензин-гас), соодветно, додека во 2016 година веќе се променил на 71% и 29%.

Распределбата на возниот парк во градот Скопје според Европските стандарди за емисии за различните типови на возила покажува дека само кај мотоциклите доминира највисокиот стандард (EURO 3) и тоа со 73%. Кај патничките автомобили најголемиот дел (28%) имаат EURO4 стандард, додека 7% од возилата имаат понизок стандард од EURO1. Слична е ситуацијата и кај лесните товарни возила, каде најголемиот дел (34%) имаат EURO4 стандард, а 6% имаат стандард помал од EURO1. Загрижувачка е состојбата кај тешките товарни возила, каде дури 40% имаат стандард понизок од EURO1 (кој е воведен во 1992 година). Најголем проблем се тешките товарни возила и патничките автомобили, каде 70% односно 60% од возилата имаат понизок стандард од EURO4.

Со помош на вториот дел од методологија, опишан во поглавјето „Метод“, пресметани се вкупните количини на загадувачи на воздухот на ниво на Град Скопје за 2016 година. Резултатите покажуваат дека од издувните гасови во

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

транспортот, најмногу се создаваат емисии на CO, по што следуваат емисиите на NOx (Слика 24). Најголем удел во сите емисии, освен во NO<sub>x</sub>, имаат патничките автомобили, со учество од 65% во CO, 58% во NMVOC, 91% во NH<sub>3</sub> и 45% во PM. Од другите категории на возила, тешките товарни возила и автобусите најмногу придонесуваат во емисиите на NOx, и тоа со 40% и 12% соодветно, додека лесните товарни возила се најзастапени во емисиите на PM со 16%.

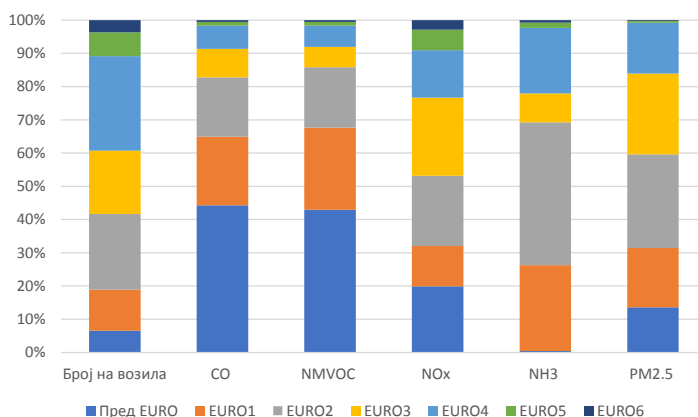


**Слика 24.** Вкупни емисии и процентуално учество во различните типови на емисии на мотоциклите, патничките автомобили, лесните товарни возила, тешките товарни возила и автобусите во 2016 година

Количината на неиздувните емисии за 2016 година изнесуваат околу 35 t, или околу 28% од вкупните емисии на PM<sub>2,5</sub> во транспортот (во кои се вклучени и емисиите од издувните гасови). Најголем дел од неиздувните емисии доаѓаат од патничките автомобили (50%) и тешките товарни возила (33%).

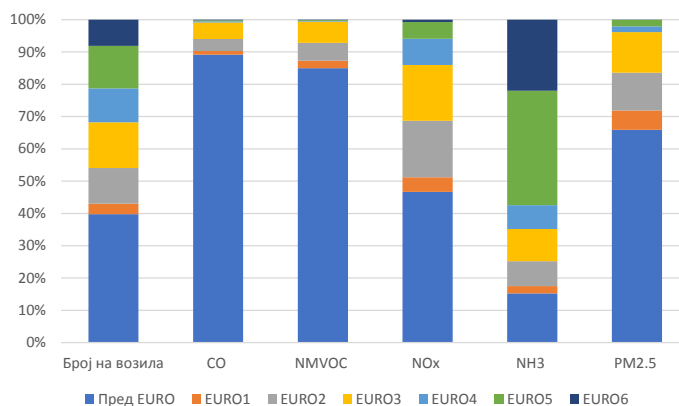
Ако се погледне во резултатите за секој тип на возило посебно се забележува дека иако патничките автомобили со стандард понизок од EURO1 во вкупниот број на патнички автомобили учествуваат со само 7% во 2016 година (9.122), нивниот удел во вкупните емисиите на CO е најголем и изнесува 44% (874 t CO) (Слика 25). Спротивно на ова, патничките автомобили со стандард EURO4 и повисок во вкупниот број на патнички автомобили учествуваат со 39%, додека нивниот удел во емисиите на CO изнесува само 9% (170 t CO). Речиси идентична е ситуацијата со NMVOC, додека резултатите за емисиите на NOx се разликуваат од резултатите за CO затоа што возилата со стандард помал од EURO1 и возилата со стандард EURO4 и повисок имаат речиси еднаков удел во вкупните емисиите, (односно 20% и 23% соодветно), иако возилата со стандард понизок од EURO1 во вкупниот број на возила учествуваат со 7%, споредено со 39% учество на возилата со EURO4

стандард. Ова го потенцира значењето на ЕУРО стандардот и неговата важност во поглед на NO<sub>x</sub>.



**Слика 25.** Процентуална застапеност на бројот на возила и емисиите од патничките автомобили во 2016 година

Анализата на резултатите за тешките товарни возила покажува дека учеството на возилата со стандард понизок од EURO4 (околу 70%) во вкупните емисии на CO и NMVOC е 99%, во PM е 96% и NO<sub>x</sub> е 86%, додека во NH<sub>3</sub> е 35%. Од Слика 26 е очигледно дека далеку најлоши се возилата со пред EURO стандард (40%) кои во емисиите на CO и NMVOC учествуваат со над 85%, а во PM со околу 65%.



**Слика 26.** Процентуална застапеност на бројот на возила и емисиите од тешките товарни возила во 2016 година

Деталните резултати за сите останати категории на возила и локалните емисии се дадени во [14].

### **Референтно сценарио – „Исто како сега”**

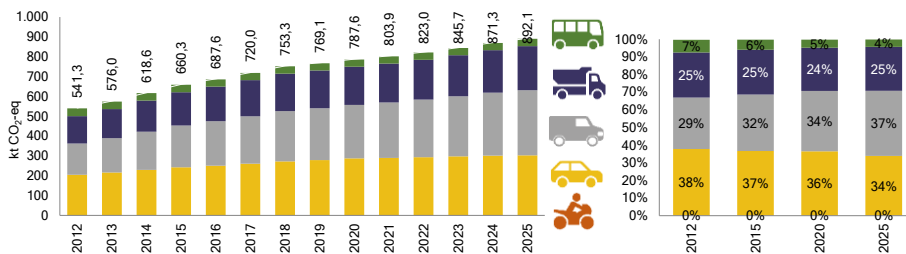
Намалувањето на емисиите на стакленички гасови и на локалните емисии со примена на развиената методологија е основната цел на овој труд. Постигнувањето на оваа цел зависи од мерките и политиките кои би можеле да бидат имплементирани. Дополнително, од исклучителна важност е да се види иднината на градот Скопје, доколку се продолжи со моменталните политики во транспортниот сектор. За таа цел, креирано е референтно сценарио „Исто како сега“, кое го опфаќа периодот до 2025 година и во кое е продолжено со имплементирање на мерката за увоз на половни возила, односно, во 2016 година можат да се увезуваат возила со минимум ЕУРО4 стандард, т.е. возила со година на производство поголема од 2005 година. Овој период од 11 години е пресликан за секоја наредна година, односно во 2025 година се претпоставува дека ќе се купуваат возила кои се со година на производство 2014 година (ЕУРО6 стандард). Имајќи го предвид ова, како и земајќи ги предвид трошоците за енергенси, цената на возилата, нивната ефикасност, животниот век, MARKAL-Скопје моделот врз основа на најниски трошоци го одредува миксот на возила во периодот до 2025 година, а врз основа на тој микс ја одредува и финалната потрошувачка на енергија. Резултатите покажуваат зголемување на потрошувачка на енергија во транспортот за 34,8% во 2025 година (288 ktоe) во однос на 2015 година (213 ktоe) и продолжување на политиката на зголемување на бројот на дизел возилата, што ќе придонесе учеството на дизелот да достигне 81% во 2025 година (75% во 2015 година). За сметка на тоа се намалува учеството на бензинот од 21% во 2015 на 15% во 2025 година. Останатите енергенси (ТНГ, КПП и електрична енергија) заедно учествуваат со помалку од 4%.

Споредено по категории на возила, во 2015 година најголемо учество во финалната потрошувачка во секторот транспорт имаат патничките автомобили со 37,2%, додека по нив се лесните товарни возила со учество од 31,5%. Состојбата во 2025 година во референтното сценарио се менува и најголемо учество во финалната потрошувачка на енергија имаат лесните товарни возила со 36,2%, а потоа

## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

слекуваат патничките автомобили со учество од 34,5%. Тешките товарни возила, во периодот на планирање, имаат континуирано учество од околу 25%.

Зголемувањето на потрошувачката за 35% резултира и во зголемување на емисиите на стакленички гасови за исто толку проценти во 2025 година (892,1 kt CO<sub>2</sub>-eq) во однос на 2015 година (660,3 kt CO<sub>2</sub>-eq), Слика 27. Доминантни, со околу 98%, се CO<sub>2</sub> емисиите. Соодветно на потрошувачката на енергија, доминантно учество имаат патничките автомобили и лесните товарни возила.



Слика 27. CO<sub>2</sub>-eq емисии во сценариото „Исто како сега“

За разлика од емисиите на стакленички гасови каде има зголемување, во сценариото „Исто како сега“ и покрај тоа што има купување на половни возила, има континуирано намалување на локалните емисии во текот на целиот период на планирање, како резултат на повисокиот просечен ЕУРО стандард, споредено со 2015 година (Слика 6). Најголемо намалување има на CO и NMVOC, за околу 74%, кое дополнително се должи и на намалувањето на бројот на возила кои користат бензин. Од друга страна, подобрувањето на ефикасноста на дизел возила ќе придонесе за намалување на емисиите на NO<sub>x</sub>, иако уделот на дизел возилата се зголемува во периодот на планирање.

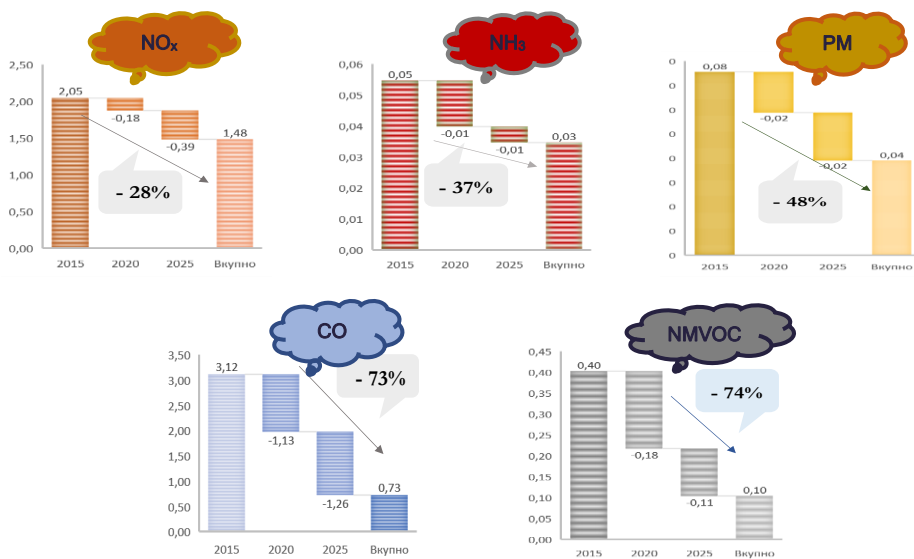
Очигледно е дека самото референтно сценарио придонесува за значително подобрување на моменталната состојба во секторот транспорт. Ова се должи на политиките кои се спроведуваат на глобално ниво за производство на сè поефикасни возила и возила со сè помало влијание врз животната средина и човековото здравје.

Во поглед на локалното загадување, од огромна важност е да се потенцира дека ова е „најцрно“ референтно сценарио, затоа што сите возила кои се регистрирани во Скопје и покрај тоа што се знае дека имаат активност и надвор од границите на Скопје, се претпоставува дека цело време се возат во границите на



## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

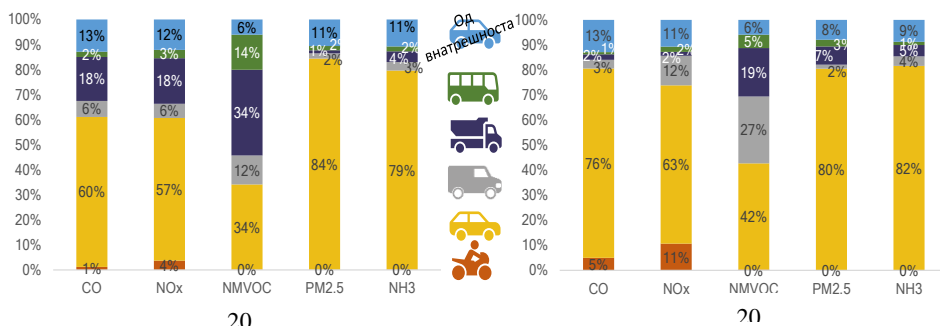
градот Скопје. Ова ни овозможува да видиме кои се максималните емисиите кои можат да ги создадат возилата регистрирани во Град Скопје.



Слика 28. Локални емисии во сценариото „Исто како сега“ [kt]

Од вкупниот број на емисии од издувни гасови кои ги создаваат возилата од градот Скопје, плус возилата од внатрешноста на Република Македонија кои на дневна основа влегуваат во градот Скопје, се добива дека во 2015 година најголемо учество во сите емисии имаат патничките автомобили регистрирани во градот Скопје и тоа со околу 60% во емисиите на CO и NO<sub>x</sub>, 34% во NMVOC, 84% во PM<sub>2,5</sub>, и 79% во NH<sub>3</sub> (Слика 29). Оваа доминација на патничките автомобили продолжува и во 2025 година, што укажува на тоа дека посебно внимание треба да се посвети на оваа категорија на возила. Возилата од внатрешноста на Република Македонија, учествуваат во зависност од емисиите од 6% до 13%.

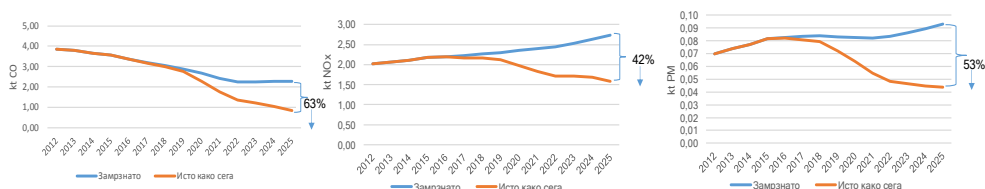
## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?



**Слика 29.** Учество на различните категории на возила во вкупните локални емисии во 2015 и 2025 година (вклучувајќи ги и возилата од внатрешноста кои влегуваат во Скопје)

Дополнително пресметани се и неиздувните  $PM_{2.5}$  емисиите кои во периодот 2015-2025 година се зголемуваат за 45%, како резултат на зголемувањето на бројот на возила, како и нивната зголемена активност (поминуваат поголем број на километри).

За да се анализира политиката за увоз на половни возила стари 11 години, која се претпоставува дека ќе продолжи и во иднина, креирано е дополнително сценарио со „замрзнување“ на технологиите (сценарио „Замрзнато“), во кое нема да се купуваат возила со повисок стандард од ЕУРО3-ЕУРО4. Резултатите покажуваат дека дури и во вакви услови (кои се далеку од реалноста и се невозможни), во зависност од типот на емисии може да се добие и намалување на локалните емисии во текот на периодот на планирање, како што е случајот со емисиите на CO (Слика 30). Кај останатите типови на емисии се добиваат константни или благо зголемени емисии кои се резултат на зголемувањето на бројот на возила и зголемувањето на просечните km на патување.



**Слика 30.** Споредба на емисии на CO, NOx и PM во сценариото „Исто како сега“ и „Замрзнато“ сценарио

## **Политики и мерки**

Во овој труд предложени се и анализирани десет политики и мерки кои може да се применат на различните типови на возила и кои се во насока на намалување на емисиите на стакленички гасови, како и на загадувачките супстанции:

1. (Повеќе) нови автомобили - обнова на возниот парк (во Скопје) со нови конвенционални автомобили кои користат бензин, дизел или ТНГ;

2. (Повеќе) хибридни автомобили - обнова на возниот парк, така што во 2025 година 20% од патничките автомобили ќе бидат хибридни возила на бензин (HEV-бензин), а 3% хибридни возила на дизел (HEV-дизел);

3. е-автомобили - обнова на возниот парк, така што во 2025 година 3% од автомобилите ќе бидат електрични возила со батерија (BEV), додека 2% ќе бидат „plug-in“ хибридни возила (PHEV).

4. „е- такси, скоро 0 емисии“ за такси возилата со која се претпоставува дека до 2025 година 60% од такси возилата ќе бидат електрични возила со батерија – BEV, а останатите 40% ќе бидат „plug-in“ хибридни возила – PHEV.

5. „Нови дизел автобуси“ обнова на возниот парк со автобуси кои користат дизел гориво,

6. „е-автобуси“ се претпоставува електрификација на автобусите, така што во 2025 година 85% ќе бидат хибридни електрични автобуси на дизел, а останатите 15% ќе бидат електрични возила со батерија.

7. „е-лесни товарни возила“ во 2025 година 12% да бидат хибридни електрични возила на дизел, 13% хибридни електрични возила на бензин и 4% електрични возила со батерија.

8. (Повеќе) „нови тешки товарни возила“ со што во 2025 година 50% од овие возила ќе се заменат со нови дизел возила, а 16% ќе бидат хибридни возила на дизел.

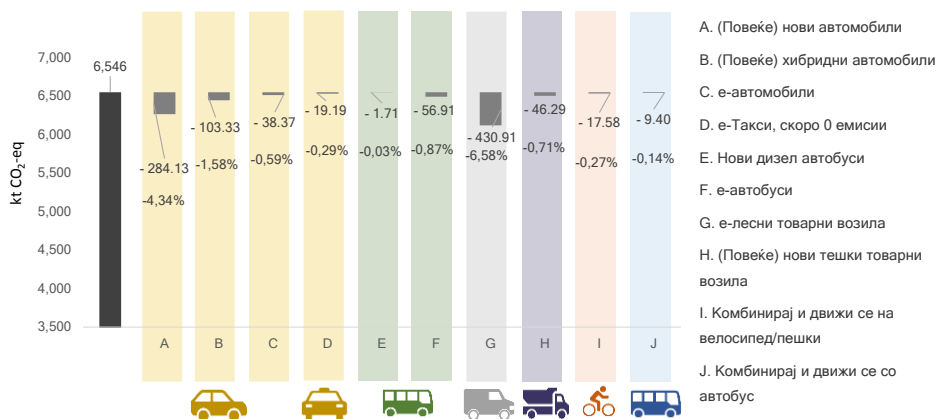
Земајќи предвид дека најголем удел во скоро сите емисии имаат патничките автомобили, покрај обнова на возниот парк, секако се препорачува и намалено користење на автомобилите, односно нивна замена со пешачење, велосипед и со јавен транспорт. Согласно на тоа, една од предложените мерки е „Комбинирај и движи се на велосипед/пешки“. Во однос на јавниот транспорт, се предлага мерка „Комбинирај и движи си со автобус“<sup>7</sup> автомобили ќе се заменат со јавен транспорт.

---

<sup>7</sup> Претпоставено е дека со автобус би поминувале 1800 km во текот на годината (10 km дневно 180 денови во годината или пола година). Еден патнички автомобил во 2025 година се претпоставува дека ќе поминува околу 5500 km годишно, што значи дека тројца кои од автомобили почнале да се возат со автобус ќе заменат километри колку што поминува

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Резултатите за емисиите на стакленички гасови покажуваат дека секоја од предложените политики и мерки придонесува за намалување на емисиите на CO<sub>2</sub>-eq (Слика 31). Најголем придонес има мерката за лесните товарни возила која овозможува намалување за 6,58% на емисиите, а потоа следува мерката за обнова на патничките возила со конвенционални возила- „(Повеќе) нови автомобили“ со која се постигнува 4,34% намалување.



**Слика 31.** Кумулативни CO<sub>2</sub>-eq емисии за периодот 2018-2025 и разлика во однос на сценариото „Исто како сега“

Воведувањето на поефикасни возила и напуштањето на бензинските мотори со големи емисии на CO, придонесува мерката „(Повеќе) нови автомобили“ да има најголем придонес кон намалување на овие емисии (Слика 32). Само оваа мерка придонесува за намалување од околу 10% на кумулативните емисии во периодот од 2018-2025 година. Кај останатите мерки нема значително намалување, затоа што се заменуваат многу дел од возилата на бензин кои ги има во сценариото „Исто како сега“. Исклучок е мерката „е- лесни товарни возила“, со чија помош кумулативните емисии на CO во периодот на планирање може да се намали за околу 2%.

Затоа што во сценариото „Исто како сега“ има голем број на дизел возила, сите предложени мерки придонесуваат за намалување на овие емисии. Мерката

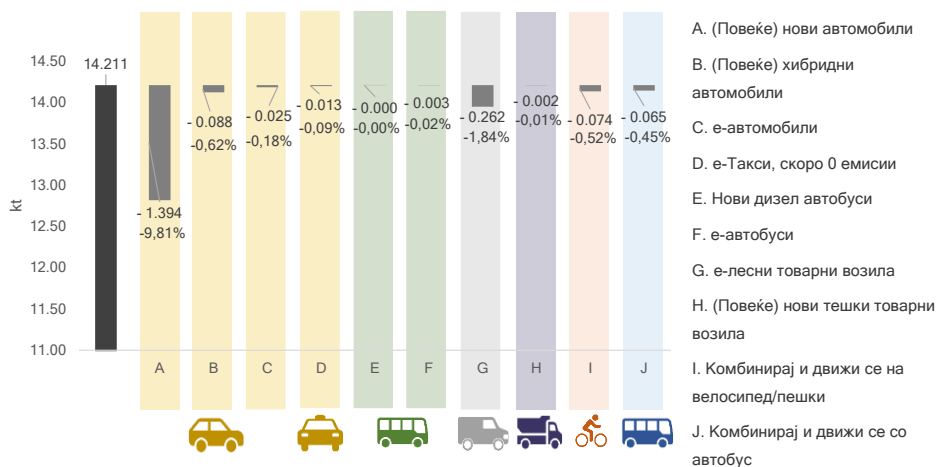
---

еден автомобил. 2400 автомобили ќе бидат заменети (по километри) од 7.200 патници кои од автомобил почнале да се возат со автобус.

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

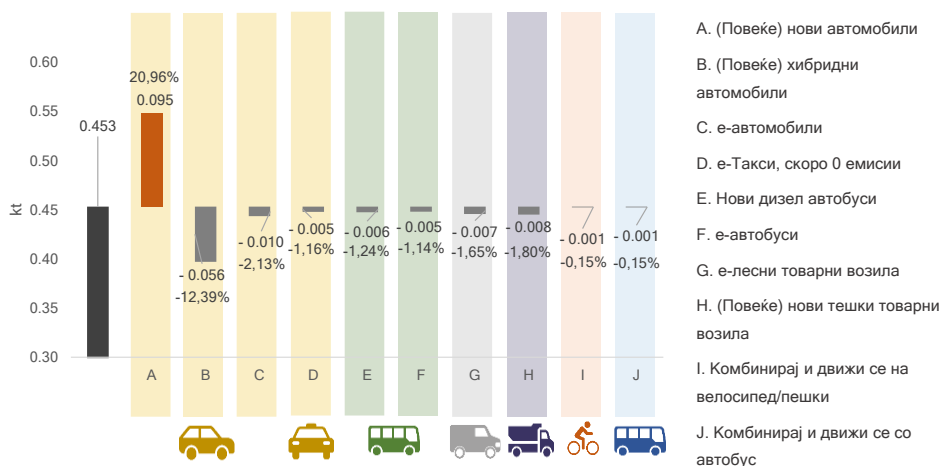
„(Повеќе) нови автомобили“ придонесува за намалување на  $\text{NO}_x$  емисиите за 13,1%, додека мерката „(Повеќе) хибридни возила“ ги намалува емисиите за 6,9%. Од останатите категории најголеми заштеди има кај лесните товарни возила и тоа 6,8% и тешките товарни возила 6,5%.

Доста интересни за анализа се  $\text{PM}_{2,5}$  емисиите. Мерката која што беше најдобра во поглед на намалување на  $\text{CO}$  и  $\text{NO}_x$  емисиите, во намалување на  $\text{PM}_{2,5}$  покажува сосема спротивни резултати (Слика 33). Во сценариото „Исто како сега“ доминира учеството на дизел возилата, но со имплементација на мерката „(Повеќе) нови автомобили“ постепено дизел возилата се заменуваат со возила на бензин, односно се предвидува Град Скопје постепено да се приклучува на иницијативата за забрана на користење на дизел возила во урбана средина. Интересно е тоа што се предвидува од страна на ЕЕА, а се однесува на емисионите фактори за дизел и бензински патнички автомобили во периодот по 2020 година. Во [12] може да се види дека се предвидува патничките автомобили на бензин да имаат повисок емисионен фактор од патничките автомобили на дизел. Тоа е и главната причина зошто со оваа мерка се добива зголемување на  $\text{PM}_{2,5}$  емисиите и тоа за 21%. За разлика од оваа мерка, мерката „(Повеќе) хибридни автомобили“ овозможува најголемо намалување на  $\text{PM}_{2,5}$  и тоа за околу 12%. Останатите мерки намалуваат од 0,1% до околу 2%.



Слика 32. Кумулативни  $\text{CO}$  емисии за периодот 2018-2025 година и разлика во однос на сценариото „Исто како сега“

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?



**Слика 33.** Кумулативни PM<sub>2.5</sub> емисии за периодот 2018-2025 година и разлика во однос на сценариото „Исто како сега“

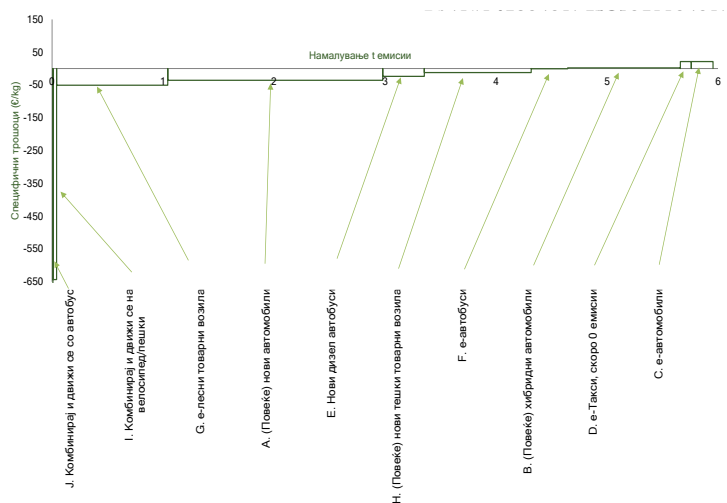
Во сите емисиите кои беа претходно разгледани, мерката „(Повеќе) хибридни автомобили“ е онаа која што генерално има намалување, а во некои од нив е и најдобра. Меѓутоа тоа не е случај со NH<sub>3</sub> емисиите, каде оваа мерка најмногу придонесува за зголемување на овие емисии и тоа за 17% во однос на сценариото „Исто како сега“. Во глобала во сите мерки каде што има хибридни возила има зголемување на овие емисии како резултат на батериите.

За реализација на мерката „(Повеќе) нови автомобили“ потребни се за 589 милиони EUR или 44,9% повисоки инвестиции споредено со сценариото „Исто како сега“ (1,313 милиони EUR), додека за мерката „(Повеќе) хибридни автомобили“ потребни се дополнителни 166 милиони EUR. Единствено помали инвестиции има кај мерките „Комбинирај и движи се на велосипед/пешки“ за 17 милион EUR и „Комбинирај и движи се со автобус“ и тоа за 14 милиони EUR споредено со сценариото „Исто како сега“.

Од исклучителна важност е да се спомене дека ова се само средства за купување на нови возила и во нив не се вклучуваат трошоците за гориво и одржување, како и трошоците кои би настанале во другите сектори, како што се на пример, увоз на деривати, производство на електрична енергија итн. Покрај тоа не мора да значи дека онаа мерка која што бара најмала инвестиција е и најдобра за имплементирање.

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

За да се оцени ефектот на секоја од овие мерки во поглед на вкупните трошоци врз системот (инвестиции, трошоци за одржување, трошоци за набавка на гориво) и вкупното намалување на емисиите, секоја од мерките е претставена на крива на маргинални трошоци. Затоа што станува збор за пет вида на локални емисии и плус CO<sub>2</sub>-eq емисиите (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O) како глобални емисии, прилично е сложено секој тип да се претстави на крива на маргинални трошоци и потоа да се извлечат соодветни заклучоци. За таа цел, а како резултат на тоа што транспортот придонесува најмногу за емисиите на NO<sub>x</sub>, во продолжение е прикажана само кумулативната крива на маргинални трошоци за NO<sub>x</sub> за периодот 2018-2025 година (Слика 34). Од 10 мерки, шест се со негативни трошоци односно се win-win опции, што значи дека освен што намалуваат емисии, тоа го прават по цена која што е пониска од референтната опција. Од овие мерки најдобра е мерката „Комбинирај и движи се со автобус“. Мерка која што најмногу придонесува за намалување на емисиите на NO<sub>x</sub> е „(Повеќе) нови автомобили“. Лесните товарни возила се трета мерка која најмногу ги намалува емисиите на NO<sub>x</sub>, а истовремено и трета мерка со најниски трошоци. Вкупно во периодот 2018-2025 година со имплементирање на предложените мерки, емисиите на NO<sub>x</sub> може да се намалат за околу 6kt, односно околу 40%, споредено со емисиите во истиот период во сценариото „Исто како сега“.



Слика 34. Кумулативна крива на маргинални трошоци за NO<sub>x</sub> за периодот 2018-2025 година

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Трите мерки кои имаат позитивни специфични трошоци се поврзани со електрификација на возилата. Тоа пред сè се должи на повисоката инвестиција, споредено со референтната опција. За да се стимулира купувањето на вакви возила и за да се реализираат овие мерки, потребно е и одредено субвенционирање, како што е предложено во студијата СТУТРА [9].

### **Сценарио „Движење во вистинска насока“**

Во претходната глава Политики и мерки, е покажано колку секоја политика, односно мерка може поединечно да придонесе за намалување на емисиите на стакленички гасови и емисиите на загадувачи на воздухот. Меѓутоа од огромно значење е доколку се успее да се преземат истовремено повеќе мерки, односно политики. За таа цел, во оваа глава направено е сценарио наречено „Движење во вистинска насока“ во кое се имплементирани сите претходно опишани мерки.

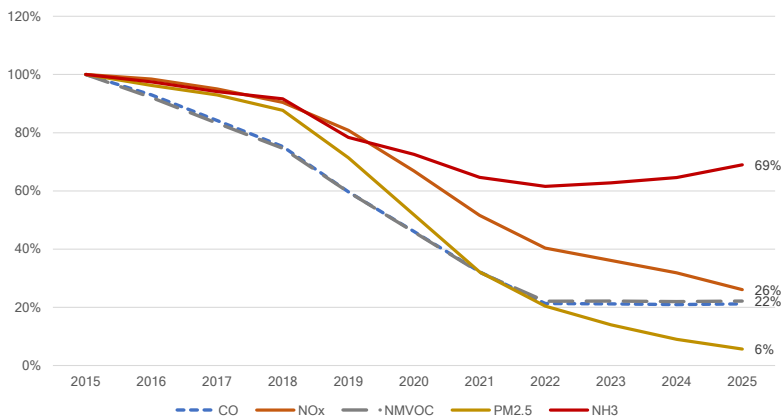
Кога би се имплементирале сите мерки и политики заедно, емисиите на стакленички гасови би се намалиле за 22,2% (198 kt CO<sub>2</sub>-eq) во 2025 година, споредено со сценариото „Исто како сега“. Најголем придонес во намалувањето на емисиите на стакленички гасови имаат патничките автомобили и лесните товарни возила. Во 2025 година лесните товарни возила учествуваат во намалувањето со 47%, додека патничките автомобили со 42%.

И покрај тоа што сценарио „Исто како сега“ значително придонесува кон намалување на локалните емисии, имплементирањето на „пакетот“ на мерки и политики дополнително ќе го забрзува овој процес на намалување на емисиите. Добиените резултати покажуваат намалување на PM<sub>2,5</sub> за 94%, CO и NMVOC за 78%, NO<sub>x</sub> за 74% и NH<sub>3</sub> за 31% во 2025 година во однос на нивното количество во 2015 година (Слика 35). Кај сите емисии има тренд на опаѓање освен кај NH<sub>3</sub>, каде по 2022 година емисиите повторно почнуваат да растат. Ова се должи на тоа што бројот на хибридни возила се зголемува по оваа година, а тие имаат повисок емисионен фактор за NH<sub>3</sub> од останатите возила, како резултат на тоа што имаат батерии.

Дополнително како резултат на имплементирање на замена на 2.400 автомобили со автобус и замена на 2.800 автомобили со велосипеди и пешачење, се добива и намалување за 0,7% на неиздувните емисии.

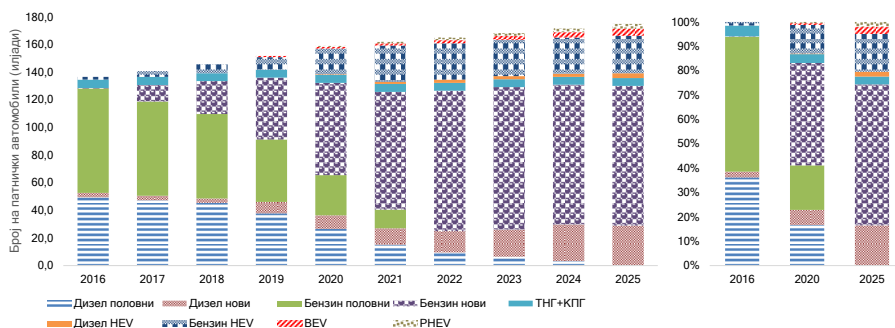


## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?



**Слика 35.** Намалување на локалните емисии во 2025 година во однос на 2012 година во сценариото „Движење во вистинска насока“

Со имплементирање на сценариото „Движење во вистинска насока“ први на удар би се нашле дизел возила, чие учество од 53% во 2016 година, ќе се намали на 30% (нови дизел возила) во 2025 година, што ќе придонесе за драстична промена на возниот парк (Слика 36). Ова намалување се должи и на тоа што голем дел од компаниите кои произведуваат патнички автомобили излегоа со став дека по 2020 година ќе го намалат или целосно прекинат производството на дизел патнички автомобили, што неминовно ќе се одрази и на пазарот во Република Македонија. Најголемо зголемување има кај хибридни возила кои во 2025 година се предвидува да учествуваат со 15%. Периодот на планирање е краток, но сепак значаен за да се почне со постепен продор на електричните возила, како и на „Plug-in“ хибридни возила. Се предвидува електричните возила да учествуваат со 3%, додека „Plug-in“ хибридни возила со 2%, што би значело дека во 2025 година секој 20-ти патнички автомобил ќе биде електричен или „Plug-in“.



Слика 36. Број на патнички автомобили и нивна распределба

За да се реализира сценариото „Движење во вистинска насока“, потребно е да се вложат дополнителни 686 милиони евра во периодот 2018-2025 година, споредено со сценариото „Исто како сега“. Ако овие дополнителни вложувања се сведат на годишно ниво, излегува дека секоја година треба да се инвестираат дополнителни 85,7 милиони EUR. Најголем број од овие вложувања доаѓаат од правните и физичките лица. Овде повторно треба да се потенцира дека дополнителните вложувања не значат и повисоки трошоци, затоа што вкупните трошоци во времето на експлоатирање на возилата во сценариото „Движење во вистинска насока“, споредено со сценариото „Исто како сега“, се пониски.

## ЗАКЛУЧОК

Во рамките на овој труд е развиена методологија за одредување на количеството на локалните емисии кои се резултат на активоста на возилата во патниот сообраќај, како и нивна проекција во иднина. Методологијата е применета на Град Скопје. Предложени се 10 мерки кои генерално се во насока на искористување на поефикасни возила, поголем продор на хибридни возила и електрификација на транспортот. Анализите се направени за периодот 2012 – 2025 година преку две сценарија: референтно сценарио наречено „Исто како сега“ и сценарио кое ги вклучува предложените политики и мерки наречено „Движење во вистинска насока“. Добиените резултати покажуваа намалување на PM<sub>2,5</sub> за 94%, CO и NMVOC за 78%, NO<sub>x</sub> за 74% и NH<sub>3</sub> за 31% во 2025 година во однос на нивното количество во 2015 година.

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

За да се реализира сценариото „Движење во вистинска насока“ потребно е во периодот до 2025 година да се вложат дополнителни 686 милиони EUR, споредено со сценариото „Исто како сега“. Најголем дел од овие средства треба да дојдат од приватните и од физичките лица.

За да се спроведат предложените мерки за намалување на емисиите од транспортот, потребно е да се вклучат голем број чинители и да се имплементираат политики од највисоко до најниско ниво.

Препораки за политики на национално ниво:

1. Методологиите за пресметување на еколошките такси при увоз на возила и при регистрацијата да се базираат на CO<sub>2</sub> емисии и да се преточат во законска регулатива;
2. Субвенционирање на електрични возила со околу 5.000 EUR и на хибридните со 2.000 EUR по возило.
3. Постојано ажурирање на дозволената граница за увоз на половни автомобили со можност за намалување на максимум 8 години.
4. Постојани контроли на издувните гасови на возилата, при техничките прегледи и воведување на казни за оние кои ги извадиле катализаторите од возилата.

Препораки за политики на локално ниво:

1. Од вкупните 2.400 лиценцирани такси возила, 60% да се субвенционираат за замена со електрични возила и 40% за замена со Plug-in хибридни возила.
2. Субвенции за велосипеди и електрични тротинети (продолжување и зајакнување на постојната пракса);
3. Воведување на лепенки со кои ќе се групираат возилата според нивото на издувни гасови, а по претходно добиени податоци од станиците за технички прегледи;
4. Барање од МВР за редовни контроли на исполнувањето на условите од лепенките (од претходната точка) на возилата и барање на регулатива за строги казни за учесниците во издавањето на несоодветни (лажирани) резултати од техничките прегледи и/или лепенки .

Генерална препорака е да се изготви соодветна стратегија за комуникација на резултатите од соодветните анализи, на предложените мерки и на ефектот од

предложените мерки кон различни целни групи – политичари, медиуми, невладини организации, како и општата јавност.

### **БЛАГОДАРНОСТ:**

Претставените анализи се дел од активностите на три проекти на УНДП, подготвени со финансиска и техничка поддршка на Глобалниот фонд за животна средина, Министерството за финансии на Република Словачка и Град Скопје. Авторите се заблагодаруваат за поддршката од Град Скопје и Министерството за животна средина и просторно планирање.

### **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A European Strategy for Low-Emission Mobility [COM (2016) 501 final]. n.d., **2016**.
- [2] Directive 2008/50/EC OF on ambient air quality and cleaner air for Europe. n.d.
- [3] Directive 2008/81/EC on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. **2001**.
- [4] European Environmental Agency. Emissions of air pollutants from transport, **2017**. Emiss Air Pollut from Transp 2017, **2019**, 21.
- [5] Втор двогодишен извештај за климатски промени на Република Македонија. **2017**.
- [6] Министерство за животна средина и просторно планирање. Годишен извештај од Обработените податоци за квалитетот на животната средина, 2016. **2017**.
- [7] GHO | By category | Deaths - by country. WHO n.d.
- [8] Студија за греење на Град Скопје, анализа на политики и мерки (СТУГРЕС). **2017**.
- [9] Студија за секторот транспорт, анализа на политики и мерки (СТУТРА). **2017**.
- [10] Скопје Г. Стратегија за климатски промени - Отпорно Скопје. **2017**.
- [11] Државен завод за статистика на Република Македонија. Енергетски биланс на Република Македонија, **2018**.  
[http://makstat.stat.gov.mk/PXWeb/pxweb/mk/MakStat/MakStat\\_\\_Energija\\_\\_EnergetBilansi/175\\_Ene\\_Mk\\_EnBilt\\_mk.px/?rxid=58870881-5d5e-41a1-a765-0c6c285afb08](http://makstat.stat.gov.mk/PXWeb/pxweb/mk/MakStat/MakStat__Energija__EnergetBilansi/175_Ene_Mk_EnBilt_mk.px/?rxid=58870881-5d5e-41a1-a765-0c6c285afb08) (accessed January 23, 2019).
- [12] Ntziachristos L, Samaras Z. EMEP EEA Guidebook 2016 - Exhaust Emission Calculation, **2017**, 140.
- [13] Leonidas, Ntziachristos; Paul B. EEA Guidebook 2016 - Non exhaust emission calculation. **2016**.
- [14] ИЦЕОР-МАНУ. Транспорт во Скопје реалност и предизвици. **2018**.

*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

## **НЕПОТРЕБНО ЦЕЛОСНО ЗАПИРАЊЕ И ЛЕР НА ВОЗИЛАТА НА СЕМАФОРИ ИСКЛУЧИТЕЛНО ЗА ПЕШАЦИ – ОЧИГЛЕДНА МЕТА ЗА СПРАВУВАЊЕ СО ЗАГАДУВАЊЕТО НА ВОЗДУХОТ ВО СКОПЈЕ**

Бошко Цветковски<sup>1</sup>, Кирил Сотировски<sup>1</sup>

e-mail: kirils@sf.ukim.edu.mk

<sup>1</sup>Шумарски факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република Македонија

### **Апстракт**

Еден од главните фактори на загадувањето на воздухот во урбаните средини е сообраќајот, особено возилата со мотори на внатрешно согорување. Лошо менаџираниот сообраќај во градовите има директни негативни влијанија врз потрошувачката на гориво, а со тоа и врз емисијата на гасови од возилата и врз квалитетот на воздухот. Во многу истражувања е докажано дека има зголемен морбидитет, морталитет и најразлични здравствени ризици по човечката популација која живее во близина на главните сообраќајници, раскрсници или блиску до точките на конгестија на сообраќајот во градовите.

Во истражувањето се фокусиравме на пешачките премини со автоматски семафори (ППАС) во Скопје, и ја анализиравме динамиката на сообраќајот кај нив. Нашата хипотеза беше дека има непотребно целосно запирање на возила (НЦЗВ) на овие семафори, заради користењето автоматски (тајмер) семафорски систем кој не го зема предвид отсуството на пешаци во одредени периоди. Од 20 регистрирани ППАС во Скопје, прибиравме податоци од 15. Броевме НЦЗВ кога нема пешаци кои треба да ја преминат односната улица, во сеанси од по 60 минути по опсервација. Вкупно изведовме 58 едночасовни опсервирачки сесии. Притоа, во 51 сесија имаше НЦЗВ, додека во само 7 сесии (12%) не регистриравме ниту едно НЦЗВ. Најголем регистриран број на НЦЗВ за еден час беше 413 лесни и 9 тешки возила. На истиот семафор, вкупно регистриравме 2677 НЦЗВ во 12 едночасовни сесии, односно просечно по час 223 НЦЗВ. Според проекцијата, заснована врз просечниот број на НЦЗВ за овој ППАС, само на него има непотребно застанување на речиси 2 милиони возила годишно.

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Сметано генерално, регистриравме 100 или повеќе НЦЗВ на час во 33 (57%) од вкупно 58 сесии, и тоа на 5 различни ППАС. Според нашите проекции, на секој од овие пет ППАС во текот на една година, се случуваат над 1 милион НЦЗВ. Исто така, проектираме дека на 12 ППАС за кои имаме податоци за НЦЗВ, на годишно ниво во Скопје непотребно застануваат речиси 10 милиони возила, односно 9.721.410. И при најрестриктивни претпоставки за потрошувачката при лер и забрзувањето на возилата, проектираме дека има непотребна потрошувачка на 126.798 литри гориво, додека со поголеми коефициенти се доаѓа до вкупна претпоставена непотребна потрошувачка од 373.253 литри, само на овие 12 ППАС на годишно ниво!

Сугерираме на властите, особено на Град Скопје, и без натамошни набљудувања и анализи, итно да инсталираат семафорски системи со копчиња за стискање по потреба на пешаците на сите ППАС во Скопје. Со активирањето на семафори според реалните потреби за преминување на пешаци, во голема мера ќе се намали воздушното загадување предизвикано од работа во место на возилата и нивно забрзување по целосното запирање. Овој не е скап систем и не би требало да е технички проблематичен за брза инсталација. Ваков систем би бил мал, но важен начин за намалување на загадувањето на воздухот, поврзано со сообраќајот во градот Скопје

**Клучни зборови:** сообраќај, пешачки семафори, загадување на воздух.

### **Abstract**

One of the main factors of urban air pollution is traffic, especially vehicles with internal combustion engines. Badly managed traffic in cities has direct negative impact on fuel consumption, thus on vehicle emissions and on ambient air quality. Many studies have shown what has long been suspected - excess morbidity, mortality and various health risks for human populations living near major roads, intersections or spots of traffic congestion in cities.

In our investigation we focused on pedestrian-only automatic traffic lights (POATL) in Skopje and analyzed traffic dynamics on them. Our hypothesis was that there is unnecessary full stoppage of vehicles (UFSV) on these traffic lights due to the automatic (timer) traffic light systems which do not take in consideration the actual need

for crossing of pedestrians. We collected data from 15 of the 20 POATL's in Skopje, counting vehicles which come to unnecessary full stoppage when there are no pedestrians crossing, in sessions of 60 minutes per observation; a total of 58 sessions. In 51 sessions we registered UFSV, while in only 7 sessions (12%) there were none. The largest number of UFSV per hour was 413 light and 9 heavy vehicles. At the same POATL we registered 2677 UFSV in 12 sessions, which is an hourly average of 223 UFSV. Based on the hourly average number of UFVS for this POATL, we project that nearly 2 million UFVS annually happen on it.

In general, we registered 100 or more UFSV per hour in 33 (57%) of the total of 58 sessions, on 5 different POATL. According to our projections, at each of these 5 POATL over 1 million UNFS happen annually. We also project that there is unnecessary stoppage of nearly 10 million vehicles (9,721,410) annually on the 12 POATL for which we have data. Even with most restrictive assumptions about fuel consumption during idling and acceleration of vehicles, we project unnecessary consumption of 126.798 liters of fuel, while when using larger quotients, we project unnecessary consumption of 373.253 liters of fuel annually, only on these 12 POATL.

We suggest to the authorities, mainly the City of Skopje, even without further data generation and analyses, to immediately install push-button system on all POATL's in Skopje. Installing a button-system which activates the traffic lights according the needs of crossing for pedestrians would drastically reduce number of unnecessary stoppings of vehicles, idle times and additional fuel consumption (air pollution) after acceleration of vehicles after full stop. This is an inexpensive system, and should not be technically challenging for installation, nor time-consuming. It could be a small, but important mean for the reduction of traffic related air-pollution in Skopje.

**Keywords:** traffic, pedestrian traffic lights, air pollution.

## **ВОВЕД**

Еден од главните фактори за загадување на воздухот во градовите е сообраќајот, особено возилата со мотори на внатрешно согорување [1-3]. Лошиот проток и застоите во урбаниот сообраќај имаат директни негативни влијанија врз потрошувачката на гориво, и според тоа и врз емисиите на штетни гасови од возилата и врз квалитетот на воздухот. Емисијата на полутанти од сообраќајот има



големо влијание врз квалитетот на амбиенталниот воздух, а е познато дека зависи од карактеристиките на патната инфраструктура и на возилата, на атмосферските влијанија и на однесувањето на возачите [4]. Сообраќајните раскрсници се важни точки во однос на емисијата на полутанти во воздухот заради големата варијабилност на брзината на возилата во нивната близина [5]. Низ повеќе истражувања е докажано дека емисијата на штетни гасови од возилата близу раскрсниците многу зависи од брзината на возилата, брзината на забавувањето, времето на чекање во лер при црвено светло на семафори, брзината на забрзување, бројот на возилата во колоната на чекање, протокот на сообраќајот и од временските услови [5]. Сепак, најважна е констатацијата дека потрошувачката на гориво од возилата значи и зголемена емисија на штетни гасови [6]. Овие причини се меѓу главните заради кои во светот се правени многу истражувања за протокот на сообраќајот, и во многу од нив има обиди преку симулации да се решат проблемите со конгестија (задушвање) на протокот на возилата во градовите [7].

За жал, преку многубројни истражувања е докажано дека емисијата на штетни гасови од сообраќајот има директна поврзаност со зголемен морбидитет, со зголемен морталитет и со различни ризици по здравјето на човечките популации кои живеат блиску до главните сообраќајни патишта, до поголемите раскрсници или блиску до точките на конгестија на сообраќајот во градовите [8-12]. Загадениот воздух генерално, и воздухот загаден од сообраќај се посочени како фактори на ризик за рак на белите дробови кај жителите на Стокхолм [13]. Во истражување направено во регионот на Тајпеј во Кина, сулфатите и озонот ( $O_3$ ) се посочени како двата главни загадувачи во врска со сообраќајот, кои придонесуваат симултано за инфламација, оксидативен стрес, коагулација на крвта кај здрави млади луѓе [13]. Гасовите  $NO_2$  и  $SO_2$ , секој засебно, или пак како дел од смеса на загадувачи, се посочени како веројатни фактори за зголемувањето на појавата на астма во европските градови [14]. Изложеноста, пак, на прометни сообраќајници е исто така наведена како фактор за астма кај популации во Калифорнија во САД [15].

Метеоролошките услови во градот Скопје, типични за низини заобиколени со планини, се поволни за продолжени периоди на зголемено загадување на воздухот, особено во зимските месеци, а поврзано со стагнантни воздушни маси [16]. Дневните извештаи за екстремно воздушно загадување веќе подолго време се норма за Скопје, особено во зимскиот период. Квалитетот на воздухот во текот на

### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

зимските месеци се оценува како лош според многу референтни сајтови, а изложеноста на луѓето на воздухот се оценува како нездрава, а неретко и како опасна [17]. Релативно ретките податоци од објавени истражувања презентираат случаи на екстремно високи концентрации на загадувачи во воздухот во Скопје. Повеќето гранични, целни и прагови вредности за SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, ги надминуваат оние поставени од Европската Унија за заштита на здравјето на луѓето [18]. Регистрираните концентрации за честички PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub> се оценуваат како многу високи, со средно годишни вредности од 85 и 56 µg/m<sup>3</sup>, редоследно [18].

Освен различни други фактори (географските и метеоролошките карактеристики на Скопје; скорешната преголема градба на објекти по должината на реката Вардар и во основата на Водно, со што се спречува природната циркулација на воздухот), Скопје е типичен пример на град со лошо менаџиран сообраќај. Јавниот превоз (единствено автобуски) генерално се смета за супстандарден во многу категории, со емисии на гасови кои се меѓу најважните генератори на загадувањето на воздухот. Освен тоа, ниската економска моќ и политиката за површно регулирање на емисиите на гасови кај приватните и кај јавните возила само го потенцираат проблемот со екстремното загадување на воздухот, особено во зимските месеци, но и генерално низ целата година.

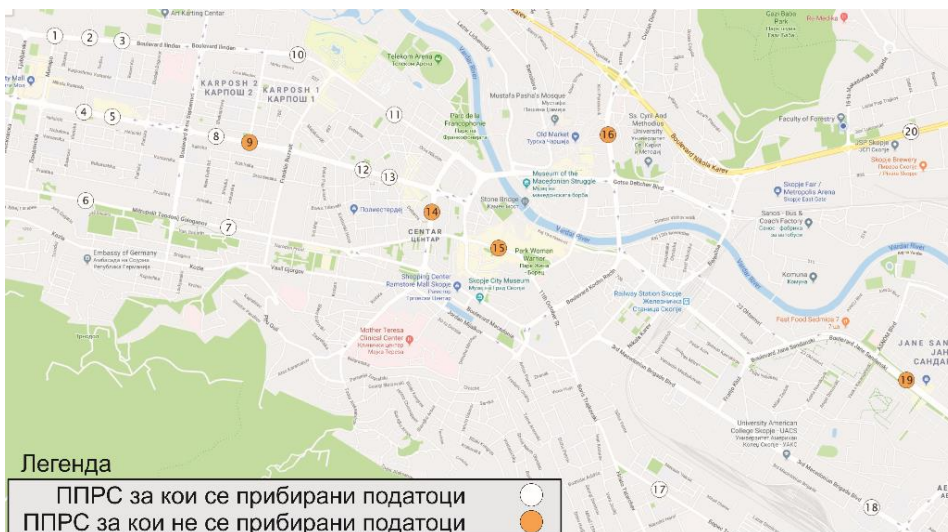
Од наши претходни согледувања имаме прелиминарни податоци (необјавено) дека во Скопје постојат пешачки премини (исклучително за пешаци, неврзани со крстосници) регулирани со автоматски семафори (ППАС), на кои возилата застануваат заради светлосна сигнализација (црвено светло за возила), кога на тие премини воопшто нема пешаци. Затоа, во ова истражување се фокусиравме на добивање релевантни податоци, кои би можеле да послужат за анализа на динамиката и протокот на сообраќајот поврзано со овие семафори, и доколку има соодветни податоци да понудиме решенија за подобрување на протокот за сообраќајот. Нашата хипотеза е дека во Скопје на ППАС има непотребни целосни запирања на возила (НЦЗВ), односно кога нема премин на пешаци. Бидејќи емисиите на штетни гасови на возилата во воздухот се директно зависни од потрошувачката на гориво, тргнуваме од претпоставката дека при секое НЦЗВ има непотребна потрошувачка на гориво. Освен за времето поминато во лер (за време на чекањето на зелено светло), возилата имаат зголемена потрошувачка при забрзувањето, а во урбана средина тоа забрзување се однесува на рангот од 0

km/h (стоење во место) до некоја брзина за просечно градско возење (за потребите на ова истражување, ќе калкулираме со минимална проекција, 30-50 km/h).

Доколку податоците од истражувањето покажат значителен број на НЦЗВ, слободни сме да предложиме мерки, односно решенија со кои може многу да се намали бројот на НЦЗВ, а со тоа да се намали непотребната потрошувачка на гориво од тие запирања, и консеквентно, да се намали непотребното загадување на воздухот од емисијата на гасовите испуштени при НЦЗВ.

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ

Истражувањето е изведено во периодот од 2.09.2018 – 29.12.2018 г. Од вкупно постоечките 20 ППАС низ сообраќајниците во Скопје, во нашето истражување прибиравме податоци за 15 ППАС, (карта 1). За семафорот на бул. К. Охридски, означен со број 14 (карта 1) не прибиравме податоци, бидејќи светлосната сигнализација (семафорите) е често во режим трепкаво-портокалово. Исто така, за ППАС бр. 15, бр. 16 и бр. 19 (карта 1) за кои од прелиминарни истражувања имаме податоци (необјавено) дека се со голема фреквенција на пешаци во речиси сите периоди од денот, не беа земени предвид за истражување, односно од нив не прибиравме податоци.



Слика 1. Локација на пешачки премини регулирани со семафори (ППАС) во Град Скопје

Податоците се прибирани според следнава методологија: броени се возила кои застануваат до нивно целосно запирање на црвено светло на ППАС, во случаи кога ниту еден пешак не ја преминал улицата, до следното вклучување на зелено светло за возилата. Затоа ги сметаме овие запирања за непотребно целосно застанување на возилата (НЦЗВ). Броени се НЦЗВ и во двете насоки на сообраќајниците. Податоците се прибирани во сесии по точно еден час, во различни периоди од денот, во различни денови од седмицата, независно од временските услови. Возила кои поминуваат на црвено светло не ги броевме како НЦЗВ. За пешаците кои преминуваат улица на црвено светло, не хипотетизиравме дека би поминале на зелено светло во следната промена на семафорите, односно дека би имале влијание врз бројот на НЦЗВ, поточно сосема ги апстрахиравме, како непостоечки.

Возилата ги групиравме во две категории согласно со Законот за безбедност на сообраќајот на патиштата [19] и Правилникот за технички барања за системите, составните делови, самостојните технички единици, опремата, димензиите и вкупните маси и основното оптоварување на возилата [20]. Во категоријата „лесни возила“ во нашето истражување ги опфативме сите моторни возила, чија најголема дозволена тежина не надминува 3500 kg и чиј број на седишта, со исклучок на седиштето на возачот, не е поголем од 8 седишта (автомобили за превоз на патници (такси, автобус - мини бус, комбе); автомобили за комбиниран превоз (комби), автомобили за превоз на товар (камионети), автомобили за влечење; автомобили за вршење работи мотоцикли (Категорија Б според спомнатите Закон и Правилник)). Во категоријата „тешки возила“ ги опфативме моторните возила за превоз на товар, патници или комбинирано, чија најголема дозволена тежина е над 3500 kg (фургони, автобуси, камиони, теренски возила и влечни возила), односно категорија Ц според спомнатите Закон и Правилник.

Вкупно изведовме 58 едночасовни сесии за прибирање податоци, односно броење возила според критериумот НЦЗВ. Оние ППАС кои во текот на истражувањето генерираат поголем број на НЦЗВ, беа предмет на повторени опсервации во слични или различни термини од денот.

Времето на стојење на возилата (лер) на семафорите не го регистриравме, заради недоволно технички можности и недостаток на човечки ресурси, иако тие

податоци ги сметаме за многу битни при детална анализа на непотребната потрошувачка на гориво, односно на емисијата на штетни гасови од возилата.

## **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

Сите релевантни податоци генерирани при истражувањето се претставени во Табела 1. Тука спаѓа бројот на НЦЗВ за сите сесии, за двете категории возила, како и датумите и термините на набљудувањата.

**Табела 1.** Број на непотребни целосни застанувања на возила (НЦЗВ) на пешачки премини регулирани со семафори (ППАС), за лесни и тешки возила

<b>датум на опсервација</b>	<b>време на опсервација</b>	<b>на број на НЦЗВ, (лесни возила)</b>	<b>на број на НЦЗВ, (тешки возила)</b>	<b>на ППАС број, на карта 1</b>
2018-09-02	22:00 - 23:30	14	3	4
2018-09-04	11:45 - 12:45	78	1	7
2018-09-05	16:00 - 17:00	0	0	11
2018-09-06	17:45 - 18:45	144	1	3
2018-09-07	16:45 - 17:45	239	1	1
2018-09-08	09:00 - 10:00	62	11	18
2018-09-10	21:00 - 22:00	0	0	20
2018-09-10	16:00 - 17:00	24	3	8
2018-09-12	16:00 - 17:00	132	4	6
2018-09-13	17:30 - 18:30	69	3	10
2018-09-13	16:30 - 17:30	15	4	10
2018-09-14	07:30 - 08:30	171	4	18
2018-09-14	12:45 - 13:45	39	1	7
2018-10-02	19:00 - 20:00	12	2	17
2018-10-02	17:15 - 18:15	0	0	20
2018-10-03	17:00 - 18:00	0	0	12
2018-10-04	15:00 - 16:00	0	0	13

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

2018-10-04	13:00 - 14:00	92	5	7
2018-10-05	14:00 - 15:00	44	0	8
2018-10-05	12:00 - 13:00	115	1	2
2018-10-06	14:30 - 15:30	281	4	6
2018-10-08	21:00 - 22:00	0	0	11
2018-10-15	17:00 - 18:00	29	6	5
2018-10-16	14:00 - 15:00	190	1	3
2018-11-03	15:30 - 16:30	152	4	3
2018-11-03	09:30 - 10:30	98	2	3
2018-11-03	09:00 - 10:00	133	4	1
2018-11-07	13:30 - 14:30	146	5	3
2018-11-07	16:30 - 17:30	131	1	3
2018-11-08	07:00 - 08:00	413	9	6
2018-11-08	14:30 - 15:30	183	4	6
2018-11-08	20:00 - 21:00	73	2	10
2018-11-09	12:30 - 13:30	160	2	3
2018-11-09	08:30 - 09:30	128	3	6
2018-11-10	09:00 - 10:00	140	8	3
2018-11-10	17:30 - 18:30	82	10	18
2018-11-10	22:00 - 23:00	18	3	20
2018-11-12	06:00 - 07:00	182	11	6
2018-11-12	16:00 - 17:00	74	6	4
2018-11-14	19:00 - 20:00	94	5	5
2018-11-15	07:00 - 08:00	298	18	6
2018-11-15	16:00 - 17:00	201	12	6
2018-11-16	08:00 - 09:00	302	6	6
2018-11-17	10:00 - 11:00	124	4	3
2018-11-19	13:00 - 14:00	174	6	1
2018-11-25	16:15 - 17:15	205	1	3
2018-11-27	20:00 - 21:00	168	2	6
2018-12-01	14:00 - 15:00	111	1	3
2018-12-02	10:30 - 11:30	187	6	1

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

2018-12-02	12:00 - 13:00	113	3	3
2018-12-05	06:00 - 07:00	144	11	18
2018-12-08	16:00 - 17:00	98	6	6
2018-12-09	07:30 - 08:30	210	2	6
2018-12-09	21:30 - 22:30	27	5	20
2018-12-10	00:00 - 01:00	88	3	20
2018-12-10	06:00 - 07:00	0	0	20
2018-12-28	19:30 - 20:30	150	3	1
2018-12-29	12:00 - 13:00	202	5	1

Од вкупно 58 опсервирачки сесии, во 51 сесии имаше НЦЗВ, а сесијата со најмал број НЦЗВ на час беше со 14 возила (12 лесни, 2 тешки). Во само 7 сесии (12%) не регистриравме ниту едно НЦЗВ, односно при сите застанувања на возила на црвено светло, поминуваа пешаци на ППАС.

Најголем број на НЦЗВ за еден час, регистриравме на semaфорот на бул. Теодосиј Гологанов, на 8.11.2018 г, од 07:00-08:00 (ППАС бр. 6, карта 1), и тоа 413 лесни и 9 тешки возила. Тој ППАС беше предмет на 12 опсервирачки сесии. Притоа, најмал број регистрирани НЦЗВ на час беше 104 (табела 1), од кои 98 лесни, и 6 тешки возила. На овој semaфор, вкупно регистриравме 2677 НЦЗВ во 12 едночасовни сесии, односно просечно по час регистриравме 223 НЦЗВ (216 лесни, 7 тешки возила). Трите сесии со најголем број НЦЗВ за овој semaфор беа регистрирани во утринските часови, и тоа 413, 302 и 298 НЦЗВ на лесни возила, но и во попладневните часови на овој ППАС регистриравме голем број НЦЗВ (281, 201, 183 лесни возила), како и во единствената вечерна сесија меѓу 20:00 и 21:00 часот, со 168 НЦЗВ.

Втор според бројност на НЦЗВ беше ППАС бр. 1, на бул. Илинденска (карта 1), со просечен број од 185 НЦЗВ (181 лесни, 4 тешки возила). Во сите 6 опсервирачки сесии, бројот на НЦЗВ надминуваше 130, со најнискиот број 137 НЦЗВ (133 лесни, 4 тешки возила). На овој semaфор вкупно регистриравме 1110 НЦЗВ, од кои 1085 на лесни, а 25 на тешки возила. Најмногу НЦЗВ на овој ППАС регистриравме на 07.09.2018 г. од 16:45-17:45 h, со 239 лесни и 1 тешко возило.

Со многу голем број НЦЗВ е и ППАС на бул. Илинденска, означен со бр. 3 (карта 1). И од овој ППАС се прибирани податоци во 12 едночасовни сесии, бидејќи

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

уште по првото набљудување беше јасно дека има голем број НЦЗВ. Во секоја од 12-те сесии бројот на НЦЗВ надминуваше 100, а најмногу НЦЗВ беа регистрирани на 25.11.2018 г. меѓу 16:15 и 17:15 h, и тоа 205 лесни и 1 тешко возило. На овој semaфор, вкупно регистриравме 1747 НЦЗВ, односно просечно по час 146 НЦЗВ (143 лесни, 3 тешки возила).

Четврт според просечниот број НЦЗВ на час е ППАС бр. 18 (карта 1), со приближно 124 НЦЗВ, од кои 115 се лесни, и 9 се тешки возила. Овој ППАС беше опсервиран 4 пати, и најголем број НЦЗВ беше регистриран на 14.09.2018г. меѓу 07:30 и 08:30 h, со 175 (171 лесно возило, 4 тешки).

Од останатите опсервирани ППАС, уште за ППАС бр. 2 на бул. Илинденска, во единствената сесија беа изброени 116 НЦЗВ, од кои 115 за лесни и 1 тешко возило. Имајќи предвид дека овој ППАС е во непосредна близина на ППАС бр. 1 и ППАС бр.3, односно се наоѓа на истата сообраќајница и меѓу нив, наша претпоставка е дека на него во најмала рака се генерираат сличен број НЦЗВ како и на тие две ППАС, односно просечно над 100 на час.

Сметано генерално, во 33 (57%) од вкупно 58 сесии, регистриравме 100 или повеќе НЦЗВ на час, и тоа на 5 различни ППАС (1, 2, 3, 6 и 18; карта 1). Исто така, уште во 9 опсервации во текот на 1 час регистриравме над 50, а помалку од 100 НЦЗВ. Со помалку од 50 НЦЗВ беа уште 9 сесии, а во само 7 сесии ниту едно возило не застанало на црвено, без да има реална потреба односно да има пешаци кои ја преминувале ППАС.

Бројот и карактерот на податоци до кои е дојдено преку нашето истражување е релативно ограничен, и не може да послужи за детална проценка на точниот број на возила на сите ППАС поединечно, ниту, пак, за динамиката на протокот на возилата на дневно, седмично, сезонско и годишно ниво. Сепак, сметаме дека нашите податоци се сосема доволни за да се проектираат барем груби претпоставки за бројот на НЦЗВ на дневно и на годишно ниво, и врз основа на тоа да се дојде до одредени генерални заклучоци кои имаат големо практично значење. Заради тоа, земајќи ги како основна претпоставка просечните броеви на НЦЗВ по час за секој единечен ППАС, во табела 2 претставуваме проекција за бројот на НЦЗВ на дневно и на годишно ниво. Според проекциите, лесно е забележливо дека на повеќе ППАС во градот Скопје се случуваат голем број непотребни целосни застанувања на возила на ниво на ден, и на ниво на година, кои се причина за непотребна



*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

потрошувачка на гориво, и имаат придонес во емисијата на штетни гасови од возилата. Овој навидум мал волумен на непотребно потрошено гориво по возило по застанување, пресметано на ниво на подолги периоди и на ниво на вкупна популација на возила, станува огромно количество гориво кое е непотребно потрошено од урбаниот сообраќај.

**Табела 2.** Проекција на непотребни целосни застанувања на возила (НЦЗВ) на дневно и на годишно ниво на 12 пешачки премини регулирани со семафори (ППАС)

ПША С бр. (карта а 1)	НЦЗВ	Број на НЦЗВ (лесни возила)	Број на НЦЗВ (тешки возила)	Број на НЦЗВ (свкупно возила)
	просечно	216.3	6.8	223.1
	по час			
<b>6</b>	дневно (проекција)	5192	162	5354
	годишно (проекција)	1895080	59130	1954210
	просечно	180.8	4.2	185.0
	дневно	4340	100	4440
<b>1</b>	(проекција)			
	годишно (проекција)	1584100	36500	1620600
	просечно	142.8	2.8	145.6
	дневно	3428	66	3494
<b>3</b>	(проекција)			
	годишно (проекција)	1251220	24090	1275310
	просечно	114.8	9	123.8

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

<b>18</b>	дневно	2754	216	2970
	(проекција)			
	годишно	1005210	78840	1084050
	(проекција)			
<hr/>				
	просечно	115	1	116
<b>2</b>	дневно	2760	24	2784
	(проекција)			
	годишно	1007400	8760	1016160
	(проекција)			
<hr/>				
	просечно	44	4.5	48.5
<b>4</b>	дневно	1056	108	1164
	(проекција)			
	годишно	385440	39420	424860
	(проекција)			
<hr/>				
	просечно	61.5	5.5	67
<b>5</b>	дневно	1476	132	1608
	(проекција)			
	годишно	538740	48180	586920
	(проекција)			
<hr/>				
	просечно	69.7	2.3	72
<b>7</b>	дневно	1672	56	1728
	(проекција)			
	годишно	610280	20440	630720
	(проекција)			
<hr/>				
	просечно	34	1.5	35.5
<b>8</b>	дневно	816	36	852
	(проекција)			
	годишно	297840	13140	310980
	(проекција)			
<hr/>				
	просечно	52.3	3	55.3
<b>10</b>	дневно	1256	72	1328
	(проекција)			

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

	годишно (проекција)	458440	26280	484720
	просечно	12	2	14
	дневно	288	48	336
<b>17</b>	(проекција)			
	годишно (проекција)	105120	17520	122640
	просечно	22.2	1.8	24
	дневно	532	44	576
<b>20</b>	(проекција)			
	годишно (проекција)	194180	16060	210240

Така, според нашите проекции, на секој од петте ППАС со најголем број регистрирани НЦЗВ (бр. 6; бр. 1; бр. 3; бр. 18 и бр. 2), во текот на една година, се случуваат над 1 милион НЦЗВ. Според проекцијата заснована врз просечниот број на НЦЗВ за ППАС бр. 6, има непотребно застанување на речиси 2 милиони возила во текот на една година само на тој semaфор. Според наши проценки, нешто помалку, односно преку 1.600.000 НЦЗВ, се случуваат на годишно ниво на ППАС бр. 1.

Според истата проценка, севкупно за 12 ППАС за кои имаме податоци за НЦЗВ, на годишно ниво во Скопје непотребно застануваат речиси 10 милиони возила, односно 9.721.410, од кои 9.333.050 лесни возила, и 388.360 тешки возила.

Прашањето за тоа како да се искористат овие податоци за проценката на непотребната потрошувачка на гориво, а следствено на тоа и за емисијата на штетни гасови, е сложено, најмногу заради голем број непознати варијабилности. Според прегледот на достапната научна и стручна литература, нема објавено голем број научни публикации кои преку теренски опити (возила од сервиско производство, во реални околности на урбано возење) генерирале податоци за реална потрошувачката на гориво и за емисијата на штетни гасови при различни режими на возење. Ова е посебно важно доколку се земе предвид дека постојат докази кои

сугерираат дека официјалните вредности за емисија на CO<sub>2</sub> на возилата не ги претставуваат фактичките вредности при возењето во реални околности, и дека постојат извештаи и за 30-40% разлика меѓу официјалните вредности и реалните [21]. Освен тоа, дури ниту формулите кои низ годините се користеле како стандардни, не ги земаат објективно предвид ниту техничките параметри, ниту надворешните услови [22, 23]. На макроскопско ниво, потрошувачката на гориво обично се одредува со множење на просечната потрошувачка на репрезентативно/и возило/возила (по километар) со проценета севкупна дистанца во одредено времетраење. Овој метод е неприменлив за одредување на влијанието на застоите во сообраќајот врз потрошувачката на гориво и врз емисијата на штетни гасови, најмногу заради влијанието на профилот на брзината на возилата [24].

Освен тоа, прашање е воопшто колку се релевантни податоците од претходни истражувања кога ќе се земат предвид околностите карактеристични за сообраќајот во Скопје, за типовите, староста и одржувањето на возилата, процентот на учество на возила на дизел наспроти бензински, амбиенталните услови, состојбата со сообраќајниците и др. Мора да се земе предвид фактот дека во Македонија околу половината од патничките возила и автобуси (2005-2015г.) спаѓаат во класите возила кои се со голема емисија на штетни гасови (Euro-0/Euro2), а само нешто подобра е состојбата во категоријата на тешките возила [25]. И други официјални податоци ја потенцираат големата старост на возниот парк во Македонија, а според тоа и во Скопје [25a]. Така, во периодот од 2009 г. до декември 2018 г. во Македонија се увезени 357.775 возила, од кои најголемиот број се претходно употребувани патнички возила (275.400). Споредувано само во таа категорија возила, на нови патнички возила на годишно ниво отпаѓаат само 16,4%, наспроти 83,6% увезени претходно употребувани патнички возила. Не е многу подобра ниту состојбата за товарни моторни возила, со 34,4% нови и 65,6% употребувани, а најлоша е во категоријата автобуси и минибуси каде само 18,8% биле увезени нови, а 81,2% биле стари. На овие податоци мора да се додаде и факторот време, бидејќи и оние возила калкулирани како нови при увозот, се веќе стари, во зависност од годината на увоз.

И покрај овие усложнувачки факти, заради практични потреби, тука претставуваме неколку проекции за непотребната потрошувачка на гориво на ППАС во Скопје на годишно ниво. Табела 3 и табела 4 претставуваат проекции

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

базирани врз, и слични на, податоците за потрошувачка на гориво на патнички возила при мирување во лер, и тоа 444 ml/h [26], на 547-1045 ml/h [27], и на 600 – 1500 ml/h од Stutenberg & Lohse-Busch од 2012 год. [28], за различни возила и со различни типови и волумени на агрегатите во нив. Заради практичност и простор, овие проекции се прикажани посебно за лесните возила, а посебно за тешките возила.

**Табела 3.** Проекција на непотребно потрошено гориво од лесни возила на годишно ниво, при НЦЗВ на ППАС, само во лер фаза

ППАС бр. (карта 1)	Број на НЦЗВ (лесни возила) по ППАС годишно	Проекција на потрошено гориво, изразено во литри		
		на Базирано на претпоставка за просечно 10 сек. во лер, при потрош. 450 ml/h	на Базирано на претпоставка за просечно 15 сек. во лер, при потрош. 600 ml/h	на Базирано на претпоставка за просечно 20 сек. во лер, при потрош. 800 ml/h гориво
6	1895080	2632.1	4737.7	8422.6
1	1584100	2200.1	3960.3	7040.4
3	1251220	1737.8	3128.1	5561.0
18	1005210	1396.1	2513.0	4467.6
2	1007400	1399.2	2518.5	4477.3
4	385440	535.3	963.6	1713.1
5	538740	748.3	1346.9	2394.4
7	610280	847.6	1525.7	2712.4
8	297840	413.7	744.6	1323.7
10	458440	636.7	1146.1	2037.5
17	105120	146.0	262.8	467.2
20	194180	269.7	485.5	863.0
вкупно	9333050	12962.6	23332.6	41480.2

**Табела 4.** Проекција на непотребно потрошено гориво од тешки возила на годишно ниво, при НЦЗВ на ППАС, само во лер фаза

ППАС бр. (карта 1)	Број на НЦЗВ (тешки возила) по ППАС годишно	Проекција на потрошено гориво, изразено во литри		
		Базирано на претпоставка за просечно 10 сек. во лер, при потрош. 750 ml/h	Базирано на претпоставка за просечно 15 сек. во лер, при потрош. 1000 ml/h	Базирано на претпоставка за просечно 20 сек. во лер, при потрош. 1500 ml/h гориво
6	59130	164.3	328.5	492.8
1	36500	101.4	202.8	304.2
3	24090	66.9	133.8	200.8
18	78840	219.0	438.0	657.0
2	8760	24.3	48.7	73.0
4	39420	109.5	219.0	328.5
5	48180	133.8	267.7	401.5
7	20440	56.8	113.6	170.3
8	13140	36.5	73.0	109.5
10	26280	73.0	146.0	219.0
17	17520	48.7	97.3	146.0
20	16060	44.6	89.2	133.8
вкупно	388360	1078.8	2157.6	3236.3

Во табела 5 и табела 6 се претставени по три проекции за непотребна потрошувачка на гориво, при фазата на повторно забрзување на возилата, од статични, до брзина вообичаена за урбано возење 30-50 km/h. Овие проекции ги базираме на вредностите објавени во претходни истражувања [29, 6].

**Табела 5.** Проекција на непотребно потрошено гориво од лесни возила на годишно ниво, при НЦЗВ на ППАС, само во фаза повторно забрзување

ППАС бр. (карта 1)	Број на НЦЗВ (лесни возила) по ППАС годишно	Потрошено гориво, изразено во литри	Просеч	Просечно 20	Просечно 30
		но 10 ml	ml		ml гориво
6	1895080	18950.8	37901.6	56852.4	
1	1584100	15841.0	31682.0	47523.0	
3	1251220	12512.2	25024.4	37536.6	
18	1005210	10052.1	20104.2	30156.3	
2	1007400	10074.0	20148.0	30222.0	
4	385440	3854.4	7708.8	11563.2	
5	538740	5387.4	10774.8	16162.2	
7	610280	6102.8	12205.6	18308.4	
8	297840	2978.4	5956.8	8935.2	
10	458440	4584.4	9168.8	13753.2	
17	105120	1051.2	2102.4	3153.6	
20	194180	1941.8	3883.6	5825.4	
вкупно	9333050	93330.5	186661.0	279991.5	

**Табела 6.** Проекција на непотребно потрошено гориво од тешки возила на годишно ниво, при НЦЗВ на ППАС, само во фаза повторно забрзување

ППАС бр. (карта 1)	Број на НЦЗВ (тешки возила) по ППАС годишно	Потрошено гориво, изразено во литри	Просечно	Просечно 75	Просечно 125
		50 ml гориво	ml гориво	ml гориво по	ml гориво по
		стартување	стартување	стартување	стартување
		ње			
6	1895080	2956.5	4434.8	7391.3	
1	1584100	1825.0	2737.5	4562.5	
3	1251220	1204.5	1806.8	3011.3	
18	1005210	3942.0	5913.0	9855.0	

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

2	1007400	438.0	657.0	1095.0
4	385440	1971.0	2956.5	4927.5
5	538740	2409.0	3613.5	6022.5
7	610280	1022.0	1533.0	2555.0
8	297840	657.0	985.5	1642.5
10	458440	1314.0	1971.0	3285.0
17	105120	876.0	1314.0	2190.0
20	194180	803.0	1204.5	2007.5
вкупно	9333050	19418.0	29127.0	48545.0

Имајќи ги предвид овие податоци, логично се наметнува заклучокот дека дури и при најрезервираните проекции за потрошувачка на гориво на возилата заради непотребно целосно застанување на ППАС, се работи за огромни количества гориво, било на дневно, било на годишно ниво. Заради елаборација, сумарно пресметана проекцијата за потрошувачката на гориво на годишно ниво на 12-те ППАС за кои имаме податоци, и при најрестриктивни претпоставки за потрошувачката при лер и забрзувањето на возилата, изнесува 126.798 литри. Доколку пак се користат најголемите коефициенти за пресметување на потрошувачката на гориво, и најдолгите просечни времиња на работа во лер на возилата при НЦЗВ на ППАС се доаѓа до вкупна претпоставена непотребна потрошувачка на гориво на годишно ниво во градот Скопје, само заради оваа причина, од 373.253 литри гориво!

Од аспект на емисија на штетни гасови од возила во урбани услови на сообраќај, а имајќи ги предвид категоријата, состојбата и староста на возилата учесници во сообраќајот во градот Скопје, било кое количество гориво кое е непотребно потрошено претставува додатен негативен фактор по здравјето на луѓето и за влошување на и без тоа лошата состојба со квалитетот на воздухот. Проценката за емисијата на штетни гасови од возилата во возниот фонд на градот Скопје и Македонија мора да земе предвид дека најголемиот број возила, лесни и товарни, се застарени, односно се или во пониските категории на т.н Еуро стандарди, или се постари и од воспоставувањето на таа категоризација, и се генерално лошо одржувани. Оттаму, заради големиот број варијабилни (возрасна структура на возниот парк, различен степен на учество на различни категории



возила во реалниот сообраќај, квалитет на сообраќајниците, атмосферски услови, др.) нема да се впуштат во проекција на емисијата на штетни гасови (CO, HC, NOx и CO<sub>2</sub>) на возилата како последица на НЦЗВ на ППАС во Скопје.

## **ЗАКЛУЧОК**

Сметаме дека доволен податок кој треба да иницира интервенција на ППАС, е вкупниот број возила кој непотребно застанува, и како последица на тоа има непотребна потрошувачка на гориво изразена во стотици илјади литри, во Скопје. Слободни сме да сугерираме воведување на евтин систем на „копче“ за активирање на семафорите од пешаците (push-button traffic light), по нивна потреба, за сите ППАС во Скопје. Нема да има никаква штета доколку се инсталира тој систем дури и на неколкуте ППАС кои се најпрометни според бројот на пешаци, односно на кои не се случува голем број непотребни застанувања на возила. Со овој релативно евтин и лесно применлив систем, за многу кратко време ќе се постигнат ефекти, не само во заштеда на гориво, а со тоа и намалување на емисијата на штетни гасови од сообраќајот, туку ќе се анулира времето на непотребно чекање на возилата на таквите семафори, и ќе се подобри динамиката на проток на возила во сообраќајот.

Се разбира, постојат и многу поскапи системски решенија кои подразбираат најнови техничко-информатички технологии, чија инсталација многу би помогнала во намалувањето на проблемите кои се генерираат во целиот сообраќаен систем на градот Скопје. Таквите централизирани современи модели, освен додатна техничка инфраструктура вклучуваат и вештачка интелигенција, и овозможуваат брза приспособливост на режимите на семафорите, во зависност од моменталните состојби со сообраќајот и со метежот. Некои од поновите системи/моделите имаат можност да се нагудуваат според одредени приоритети (на пр. намалување на емисија на штетни или стакленички гасови од возилата, на сметка на време на чекање за пешаците, или обратно), но тие претпоставуваат и многу големи финансиски инвестиции, време, и технички и човечки ресурси и предуслови.

## **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] A. A. Abdel-Rahman, On the emissions from internal-combustion engines: a review, *Int. J. Energy Res.*, 22, **1998**, 483–513.
- [2] R. W. Hurn, Air pollutants from internal combustion engines, *In "9th Aerospace Sciences Meeting"*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, **1971**.

- [3] D. J. Patterson and N. A. Henein, Emissions from combustion engines and their control, United States: N. p., **1981**.
- [4] M. Gastaldi, C. Meneguzzer, R. A. Giancristofaro, G. Gecchele, L. D. Lucia, M. V. Prati, On-road measurement of CO<sub>2</sub> vehicle emissions under alternative forms of intersection control, *Transp. Res. Proc.*, 27, **2017**, 476–483.
- [5] S. Pandian, S. Gokhale, A. K. Ghoshal, Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections, *Transp. Res. D Transp. Environ.*, 14, **2009**, 180–196.
- [6] H. Y. Tong, W. T. Hung, C. S. Cheung, C. On-Road Motor Vehicle Emissions and Fuel Consumption in Urban Driving Conditions, *J. Air Waste Manag. Assoc.*, 50, **2000**, 543–554.
- [7] L. Stefan and H. Dirk, Self-control of traffic lights and vehicle flows in urban road networks, *J. Stat. Mech. Theory Exp.* **2008**, P04019.
- [8] G. Cesaroni, C. Badaloni, C. Gariazzo, M. Stafoggia, R. Sozzi, M. Davoli, F. Forastiere, Long-Term Exposure to Urban Air Pollution and Mortality in a Cohort of More than a Million Adults in Rome, *Environ. Health Perspect.*, 121, **2013**, 324–331.
- [9] X. Han and L. P. Naeher, A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world, *Environ. Int.*, 32, **2006**, 106–120.
- [10] G. Hoek, B. Brunekreef, S. Goldbohm, P. Fischer, P. A. van den Brandt, Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study, *Lancet*, 360, **2002**, 1203–1209.
- [11] A. Seaton, D. Godden, W. MacNee, K. Donaldson, Particulate air pollution and acute health effects, *Lancet*, 345, **1965**, 176–178.
- [12] K. Zhang, and S. Batterman, Air pollution and health risks due to vehicle traffic, *Sci. Total Environ.*, 450–451, **2013**, 307–316.
- [13] F. Nyberg, P. Gustavsson, L. Järup, T. Bellander, N. Berglind, R. Jakobsson, G. Parshaqen, Urban Air Pollution and Lung Cancer in Stockholm, *Epidemiology*, 11, **2000**, 487–495.
- [14] J. Sunyer, C. Spix, P. Quénel, A. Ponce-de-León, A. Pönka, T. Barumandzadeh, G. Touloumi, L. Bacharova, B. Wojtyniak, J. Vonk, L. Bisanti, J. Schwartz, K. Katsouyanni, Urban air pollution and emergency admissions for asthma in four European cities: the APHEA Project. *Thorax*, 52, **1997**, 760–765.
- [15] Y.-Y. Meng, M. Wilhelm, R. P. Rull, P. English, S. Nathan, B. Ritz, Are Frequent Asthma Symptoms Among Low-Income Individuals Related to Heavy Traffic Near Homes, Vulnerabilities, or Both?, *Ann. Epidemiol.*, 18, **2008**, 343–350.
- [16] T. Stafilov, R. Bojkovska, M. Hirao, Air pollution monitoring system in the Republic of Macedonia, *J. Environ. Prot. Ecol.*, 4, **2003**, 518–524.
- [17] (<https://www.airvisual.com/macedonia/skopje>), <https://www.numbeo.com/pollution/in/Skopje>)
- [18] P. Anttila, A. Stefanovska, A. Nestorovska-Krsteska, L. Grozdanovski, I. Atanasov, N. Golubov, P. Ristevski, M. Toceva, S. Lappi, J. Walden, Characterisation of extreme air pollution episodes in an urban valley in the Balkan Peninsula, *Air Qual. Atmos. Hlth.*, 9, **2016**, 129–141.
- [19] Закон за безбедност на сообраќајот на патиштата In "54", Vol. 54, Службен Весник на Р.Македонија, **2007**.
- [20] Правилник за технички барања за системите, составните делови, самостојните технички единици, опремата, димензиите и вкупните маси и основото оптоварување на возилата Vol. 21, Службен Весник на Р. Македонија, **2010**.

- [21] G. Fontaras, N.-G. Zacharof, B. Ciuffo, Fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars in Europe – Laboratory versus real-world emissions, *Prog. Energy Combust. Sci.*, 60, **2017**, 97–131.
- [22] A. Torok, Ar. Torok, F. Heinitz, (2014). Usage of Production Functions in the Comparative Analysis of Transport Related Fuel Consumption, *Transport and Telecommunication*, 15 (4), **2014**, 292–298.
- [23] S. Vass and H. Németh, Sensitivity analysis of instantaneous fuel injection rate determination for detailed Diesel combustion models, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 41, **2013**, 77–85.
- [24] M. Treiber, A. Kesting, C. Thiemann, How Much does Traffic Congestion Increase Fuel Consumption and Emissions? Applying a Fuel Consumption Model to the NGSIM Trajectory Data, *Annual Meeting of the Transportation Research Board*, **2008**, 1–17.
- [25] Macedonian Air Quality Assessment Report for the period 2005–2015, MEPR **2017**.
- [25a] (<http://carina.mk/index.php/mk/za-nas-mk/publikacii-i-godishni-izveshtai/statistika-mk/stat4>)
- [26] D. Biggs and R. Akcelik, Models for Estimation of Car Fuel Consumption in Urban Traffic, *ITE journal*, **1986**, 29–32.
- [27] S. Gangopadhyay and P. Parida, Estimation of Fuel Loss during Idling at Signalized Intersections in Delhi, *Indian Roads Congress*, 12, **2009**, 61–69.
- [28] (<https://www.energy.gov/eere/vehicles/fact-861-february-23-2015-idle-fuel-consumption-selected-gasoline-and-diesel-vehicles>),
- [29] L. J. A. Ferreira, Car Fuel Consumption in Urban Traffic. The Results of a Survey in Leeds using Instrumented Vehicles, Working Paper, **1982**. (Institute of Transport Studies and L. University of Leeds, UK, eds.).  
<http://eprints.whiterose.ac.uk/2376/>.

**ЗАГАДУВАЊЕ НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА ВО УРБАНИТЕ ОБЛАСТИ  
ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА КАКО РЕЗУЛТАТ НА  
ИНДУСТРИСКАТА АКТИВНОСТ**

Трајче Стафилов<sup>1</sup>, Роберт Шајн<sup>2</sup>

[trajcest@pmf.ukim.mk](mailto:trajcest@pmf.ukim.mk)

<sup>1</sup>Институт за хемија, Природно-математички факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република Македонија

<sup>2</sup>Геолошки завод на Словенија, Љубљана, Словенија

**Апстракт**

Загадувањето на урбаните средини предизвикува голем интерес и загаженост, при што посебна загаженост е присутна поради регионалната контаминација која се јавува главно во индустриските региони и во центрите на големите населби каде што фабриките, сообраќајот и комуналниот отпад се најважните извори на различни загадувачки материи. Поради хетерогеноста и постојаното менување на урбаните средини, неопходно е да се разбере и природната дистрибуција на токсични супстанции и методите за разликување на вештачки аномалии во природата. Меѓутоа, во случаи кога индустријата, посебно рударските и металуршките објекти, се наоѓаат во или во близина на градовите, може да дојде до зголемување на загадувањето. Република Македонија не е исклучок од овој тренд на влијанието на урбанизацијата и индустријализацијата врз загадувањето на различни медиуми на животната средина, како што се почвите, воздухот, водата итн. Во овој труд се презентирани резултатите од деталните студии за влијанието врз животната средина од различни индустриски активности (рударството, металургијата и хемиската индустрија) во урбаните области на Република Македонија. Посебно внимание е посветено на резултатите од испитувањата на загадувањето на почвите, воздухот, површинските води и седиментите во регионите на градовите Велес, Кавадарци, Радовиш, Битола, Скопје и регионот на сливот на реката Брегалница.

**Клучни зборови:** урбано загадување, индустрија, Република Македонија, почви, воздух, тешки метали

## **Abstract**

Urban pollution has become a subject of great interest and concern, some of which are concerned about regional contamination which occurs mainly in industrial regions and within centres of large settlements where factories, traffic and municipal wastes are the most important sources of various pollutants. Because of heterogeneity and ceaseless changing of urban areas, it is necessary to understand the natural distribution of toxic substances and the methods for distinguishing man-made anomalies in nature. However, in cases where industrial enterprises, especially mining and metallurgical plants, are situated near cities, pollution can be increased. The Republic of Macedonia is no exception to this trend of the impact of urbanization and industrialization on the pollution of various environmental media, such as soils, air, water, etc. In this work, the results of detailed studies on the environmental impact by various industrial activities (mining, metallurgy, chemical industry) in urban areas of the Republic of Macedonia are presented. Special attention has been paid to the results obtained from the studies of the pollution of air, soils, surface waters and river sediments in the regions of the cities of Veles, Kavadarci, Radoviš, Bitola, Skopje and the region of the Bregalnica River Basin.

**Keywords:** Urban pollution, industry, Republic of Macedonia, soil, air, heavy metals

## **ВОВЕД**

Емисијата на токсични супстанции во атмосферата е една од најголемите закани за здравјето на луѓето. Луѓето се директно изложени на ефектите од штетните супстанции преку вдишување на гасови или микрочестички од атмосферска прашина [1]. Атмосферските честички влијаат на човековото здравје кога влегуваат во респираторниот систем. Длабочината на пенетрација и таложење на честичките зависи од нивната големина и од одбранбените способности на респираторниот тракт [2]. Изложеноста на токсичните супстанции обично се дефинира како функција на нивната концентрација и времето на изложеност, односно дека е тоа појава која се случува со постигнување на директен контакт меѓу луѓето и животната средина со содржината на загадувачките супстанции во даден интервал на време [1]. Здравствените ефекти на токсичните супстанции во кои се

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

вклучени и потенцијално токсичните метали зависат од нивната концентрација и каде се депонирани во респираторниот тракт. Најризична група кај населението на штетно влијание на честичките застапени во воздухот се децата и постарите граѓани, особено оние со ослабен кардиоваскуларен и респираторен систем [3, 4]. Загадувањето на воздухот со тешки метали е глобален процес кој има влијае на секој дел од Земјата. Рапидните зголемувања на концентрациите на загадувачките супстанции во атмосферата и животната средина најчесто се поврзани со развојот на технологиите за експлоатација и преработка на минералните сировини. Оваа промена ја изложува биосферата на ризик од дестабилизација на организмите кои се развиваат под услови со ниски концентрации на овие супстанции и кои немаат развиено биохемиски патишта способни за нивна детоксикација кога тие се застапени во високи концентрации.

Атмосферското таложење на честички кои содржат потенцијално токсични метали („тешки метали“) е главен предмет на многу студии и обично се јавува во индустриски области, на места каде што се врши експлоатација и преработка на природни ресурси (руда, нафта итн.) како и во области со големи населени места каде сообраќајот и комуналниот отпад се главни извори на метали [5]. Тешките метали во атмосферата потекнуваат главно од дисперзија на прашина од рафинација на металите, согорување на фосилни горива и други човечки активности и остануваат во атмосферата се додека не бидат отстранети со различни процеси на чистење. Посебен акцент е ставен на рудните депозити од рударството и металуршките топилници како значајни антропогени извори на прашина. Тешките метали кои се испуштаат во атмосферата преку процес на согорување може да се пренесуваат до места далеку од изворите со ветер, во зависност од тоа дали се во гасна или цврста форма. Проблемите на деградација на екосистемите поради загадување стануваат сè поакутни во текот на последните децении на 20-от век.

Урбаното загадување со тешки метали е предмет на многу студии [6-11]. Регионалната контаминација на почвата се јавува главно во индустриските региони и во центрите на големи населени места, каде што фабриките, сообраќајот и комуналниот отпад се најважните извори на загадување на животната средина [1]. Поради хетерогеноста и постојаното менување на урбаните средини потребно е прво да се утврди природната дистрибуција и методите за разликување на вештачки

### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

аномалии во природата. Самиот природен фон е променлив, што значи дека повисоките концентрации на некои супстанции може да бидат нормални за еден регион, но аномални за други. Сепак, постојат случаи кога некои индустриски процеси, особено рударските и металургиските, кога се лоцирани во близина на градовите, може да доведат до зголемување на загадувањето на животната средина [12-15]. Во Република Македонија постојат многу индустриски капацитети кои во своето работење користат сировини и/или помошни хемиски супстанции. Во многу компании секојдневно се користат токсични, агресивни или запалливи материи, а со тоа се генерира опасен и хемиски отпад. Сите овие отпадоци се опасни за човекот и за животната средина, често дури и во помали количества. Во рамките на изработката на „Национален план за управување со отпадот и студии за изводливост" реализирана е посебна студија за индустриски контаминирани локалитети во Република Македонија („жешки точки“). За таа цел подготвена е листа на 75 големи компании и посебна листа на 36 мали и средни претпријатија при што се идентификувани 16 поголеми индустриски контаминирани места. Утврдено е дека вкупните количества на генериран индустриски отпад изнесува 19,445,603 t/y, при што отпадот кој е класифициран како опасен отпад изнесува 4,623,394 t/y. До колку се исклучи индустрискиот отпад од рударството (рударски и флотационен отпад), идентификуваното количество индустриски отпад изнесува 2,199,603 t/y и 77,394 t/y, соодветно [16, 17].

Целта на овој труд е да ги презентира резултатите од досега реализираните студии кои имаа за цел утврдување на нивото на загадување на различни медиуми на животната средина (воздух, почва, води, седименти) со токсични материи во урбаните средини и во нивната непосредна околина во Република Македонија. Посебно внимание е посветено на загадувањето на воздухот и почвите во Република Македонија, како и загадувањето на животната средина во одредени рударски и металуршки области. Ова особено се однесува на областите на рудниците за олово и цинк во Источна Македонија, градот Велес каде загадувањето на животната средина е резултат на работата на поранешната топилница за олово и цинк, Кавадарци и неговата околина од работата на топилницата за фероникел, Битола и неговата околина од работата на термоелектричната централа и други. Резултатите добиени преку реализацијата на сите овие студии покажуваат дека активностите на рудниците и топилниците во минатото довеле до значително

загадување во животната средина во урбаните средини и во нивната поширока околина.

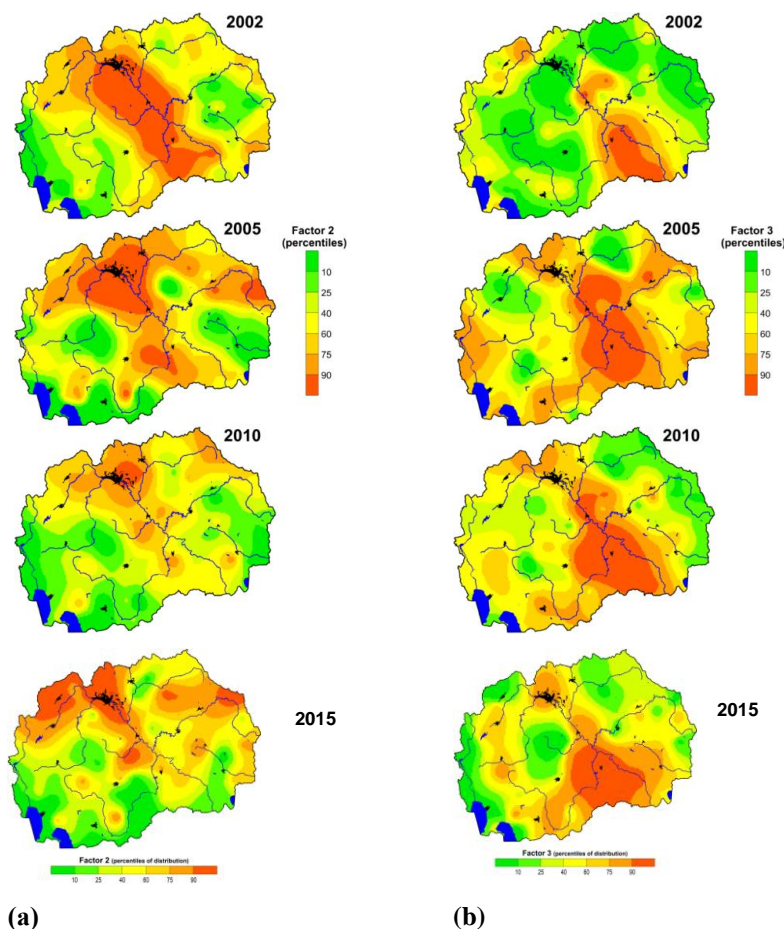
## **ИСТРАЖУВАЊА НА ЗАГАДУВАЊЕТО НА ВОЗДУХОТ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

Со истражувањата на загадувањето на воздухот со тешки метали е започнато од 2002 година со вклучувањето во проектот за следење на загадувањето на воздухот во Европа (ICP Vegetation) кое се реализира континуирано од 1990 година преку анализа на примероци од мов [18]. Оваа истражување е повторено и во 2005, 2010 и 2015 година преку земање на примероци мов од 72 локации и нивна анализа [19-22]. Истражувањата покажуваат дека најзначајните емисии на честички збогатени со тешки метали се забележуваат во околината на рудниците и флотациите за Cd, Cu, Pb и Zn во Повардарие и во Источна Македонија, сл. 1 (Радовиш, Пробиштип, Македонска Каменица, Крива Паланка). Исто така, зголемени содржини на тешки метали (Ni, Cr, Pb, Cd, Zn) се забележуваат и во градовите и нивната околина во кои има металуршки активности (Велес, Скопје, Кавадарци, Јегуновце) како и во околината на термоелектричната централа близу Битола. Повисоките содржини на овие потенцијално токсични метали во воздухот континуирано се забележуваат во сите досегашни истражувања (сл. 1) [19-23]. Со споредбата на добиените вредности од сите истражувања може да се заклучи дека содржините на речиси сите потенцијално токсични елементи (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb и Zn) во примероците мов се зголемиле во периодот од 2002 до 2005 година, но се намалуваат во периодот од 2010 до 2015 година. Зголемените вредности се забележани кај Cd и Pb во 2005-2010 година наспроти 2002 година, што веројатно се должи на реактивирање на рудниците за Pb и Zn во Источна Македонија и на Ni, Cr и Co поради зголемениот капацитет на топилницата на фероникел во близина на градот Кавадарци. Утврдено е дека добиените резултати во 2015 година покажуваат состојба со загадување на воздухот со потенцијално токсични метали во Македонија, слична на онаа утврдена во 2010 година, најверојатно поради тоа што сите активности во урбаните центри и посебно оние во рударството и металургијата се во континуирана работа и со сличен капацитет.



## ЗАГАДУВАЊЕ НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА ВО ВЕЛЕС И НЕГОВАТА ОКОЛИНА

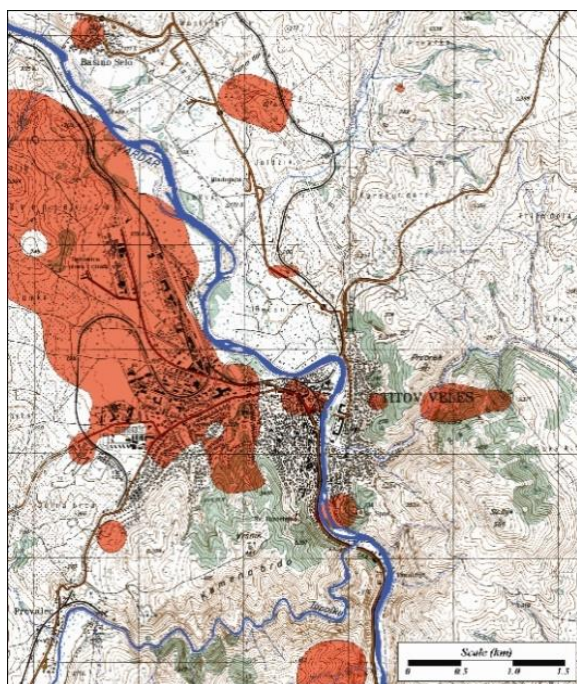
Градот Велес и неговата околина е еден од најзагадените градови во Република Македонија поради работата на поранешната топилница за Pb, Zn и Cd без воведување на еколошки стандарди [10, 24]. До нејзиното затворање во 2002 година работата на топилницата довела до големо загадување на почвите во градот и околината што од своја страна доведува и до загадување на подземните води, храната која се произведува на загадените почви, но и на воздухот со потенцијално токсични метали. Ваквата состојба ја влошува постоењето на депонијата на треска непосредно до топилницата која, исто така доведува до дополнително загадување на животната средина во градот.



Слика 1. Просторна дистрибуција на асоцијациите на Cd, Pb и Zn (a) и на Cr и Ni (b) во примероците мов земени во 2002, 2005, 2010 и 2015 година

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

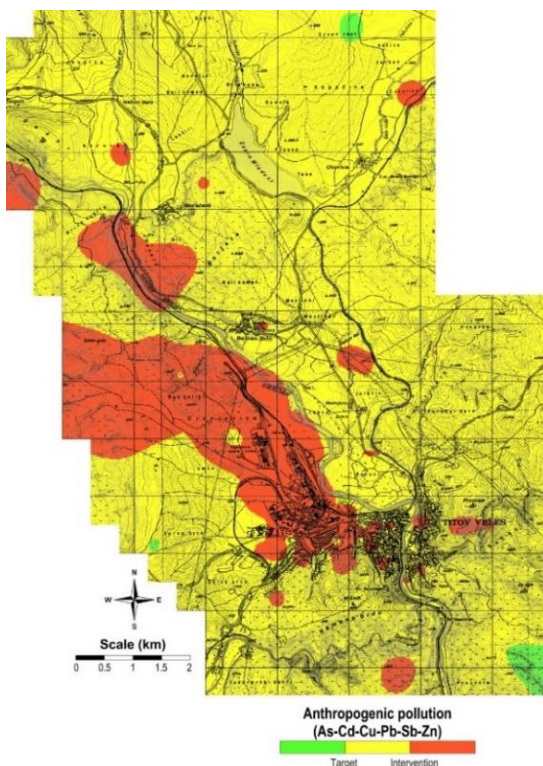
Во периодот 2006-2008 година извршени се детални испитувања на површинските почви во градот Велес и неговата околина со површина на испитуваниот простор од 35,8 km<sup>2</sup>. За таа цел земени се вкупно 201 примерок почва и со примена на атомската апсорпциона спектрометрија (ААС) и неутронската активациона анализа (НАА) определена е содржината на 43 елементи (Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Na, Ti, As, Au, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Hf, In, La, Mn, Mo, Nd, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Yb и Zn). Утврдено е дека содржината на антропогените елементи (As, Au, Cd, Cu, Hg, In, Pb, Sb, Se и Zn) во примероците од почвата околу топилницата на олово и цинк и во соседниот дел од градот Велес е многу повисока отколку кај оние собрани во околните области (сл. 2). Ова зголемување на содржините на овие елементи во горниот слој на почвата, во споредба со европските вредности изнесува од 2,2 пати за Sb до 27 пати за Cd. Во најзагадена област просечната содржина на Cd го надминува европскиот просек за повеќе од 110 пати. Просторна дистрибуција на елементите од антропогената група е дефинирана на област од 6,8 km<sup>2</sup> во која почвите се критично загадени [10, 24].



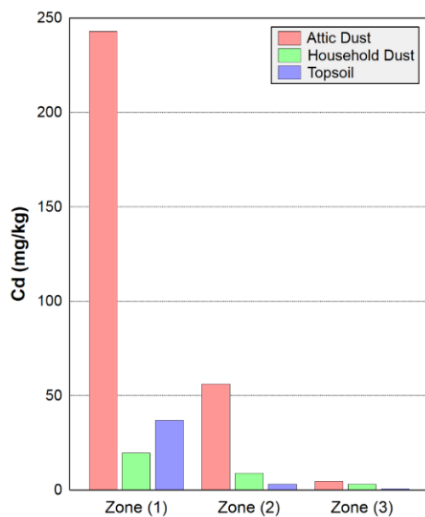
**Слика 2.** Критично загадени почви (црвено обоено) во Велес и неговата околина

Поради очекувањето дека критично загадената област е поголема од претходно дефинираната извршено е дополнително истражување на почвите на поголема површина кон запад и север од градот (103 km<sup>2</sup>) [25]. Утврдено е дека почвите од скоро целото ова подрачје се контаминирани со елементите од антропогената асоцијација на елементи (As-Cd-Cu-Pb-Sb-Zn) додека површината на критично загаденото подрачје е зголемена на 14,4 km<sup>2</sup> (сл. 3). Вака екстремното загадување на почвите и постоењето на незаштитената депонија на троска доведува до загадување и на другите медиуми во градот и околината. Така, испитувањата на содржината на потенцијално токсичните метали во куќната прашина и прашината од поткровните греди од 25 куќи во градот Велес (Zone 1) во споредба со прашината од 3 куќи од соседното Башино Село (Zone 2) и од планинските села југозападно од Велес (Zone 3), покажуваат многу високи содржини на As, Cd, In, Pb, Sb, Zn. Од сите овие елементи посебно се издвојува високата содржина на Cd (сл. 4) во куќната прашина и во прашината од поткровни греди од куќите од градот (21 mg/kg и 240 mg/kg, соодветно) [25].

Критично загадените почви доведуваат исто така и до загадување на произведените зеленчуци во оваа област, посебно со кадмиум и олово [26-28]. За таа цел извршено е испитување на околу 40 примероци од различни зеленчуци произведени во бавчи од Велес и околината и утврдено е дека содржината на Cd и Pb ја надмина максималната дозволена концентрација. Така, содржината на Cd се движи од 0,55 mg/kg до 5,56 mg/kg со просечната содржина за сите 42 примероци на зеленчук од 1,64 mg/kg. Сите овие вредности се над максимално дозволената граница од 0,3 mg/kg за Cd во сув зеленчук. Содржината, пак, на Pb се движи од 3,67 mg/kg до 32,4 mg/kg со просечната содржина од 6,87 mg/kg што далеку ја надминува максимално дозволената вредност од 3,0 mg/kg.



Слика 3. Област со загадени почви над целните (жолто) и над критичните вредности (црвено) во Велес и неговата поширока околина

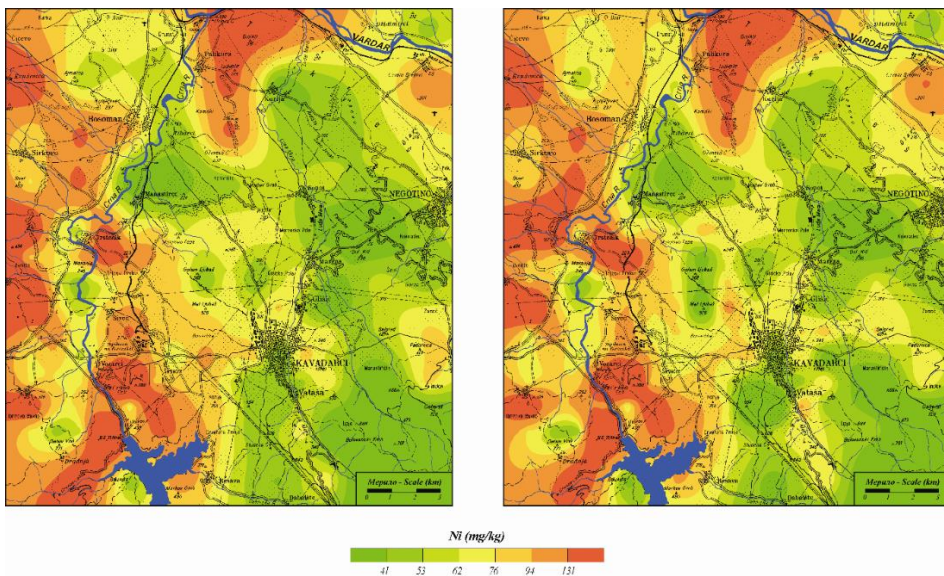


Слика 4. Содржина на Cd во примероци од прашина од поткровни греди (attic dust), куќна прашина (household dust) и почви од двор (topsoil) од куќи во Велес (Zone 1), Башино Село (Zone 2) и контролна зона (Zone 3)

## **ЗАГАДУВАЊЕ НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА ВО КАВАДАРЦИ И НЕГОВАТА ОКОЛИНА**

Во близината на Кавадарци во 1982 година започна со работа топилница за производство на фероникел, преработувајќи никлоносна руда. Со цел да се види ефектот за евентуалното загадување на почвите и воздухот во градот и неговата поширока околина реализирани се посебни истражувања на почвите и воздухот во регионот на градот Кавадарци [11, 29, 30]. За таа цел, земени се примероци од површинска (0-5 cm) и потповршинска (20-30 cm) почва од 172 локации на простор од 360 km<sup>2</sup> во кои се анализирани 36 елементи (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Hg, K, La, Mn, Na, Mg, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Se, Sr, Th, Tl, Ti, U, V, W и Zn). Со статистичка анализа на добиените вредности за содржината на овие елементи добиени се 4 геохемиски асоцијации на елементи: Фактор 1 кој ги содржи Al, Fe, Ga, Sc и V, Фактор 2 ги вклучува Co, Cr, Mg и Ni, Фактор 3 елементите Ba, La, Th и U и Фактор 4 елементите Cd, Hg, Pb and Zn. Со споредба на вредностите на површинските и потповршинските почви и со споредба на резултатите со геолошките формации на истражуваната област, заклучено е дека нема посебна контаминација на почвите од работата на топилницата туку дека нивните зголемени содржини се поврзани со литологијата на ова подрачје. Ова посебно се однесува на просторната дистрибуција на никелот во двата слоја на почва (сл. 5) каде може да се забележи дека највисоки содржини на Ni се најдени во областите на палеозојските и мезозојските стени и во зоната на горноеоценскиот флиш, а најниските вредности во областа на плеистоценскиот туф, холоценскиот делувиум (западно од градот Кавадарци) и холоценскиот алувиум на реките Луда Мара, Црна Река и Вардар [11]. Овие наоди се потврдуваат, исто така, и преку средните фактори на збогатување на Ni. Имено, средната вредност на содржината на Ni во почвите од областа на палеозојските и мезозојските стени ја надминува за два пати средната вредности за почвите од целото испитувано подрачје.



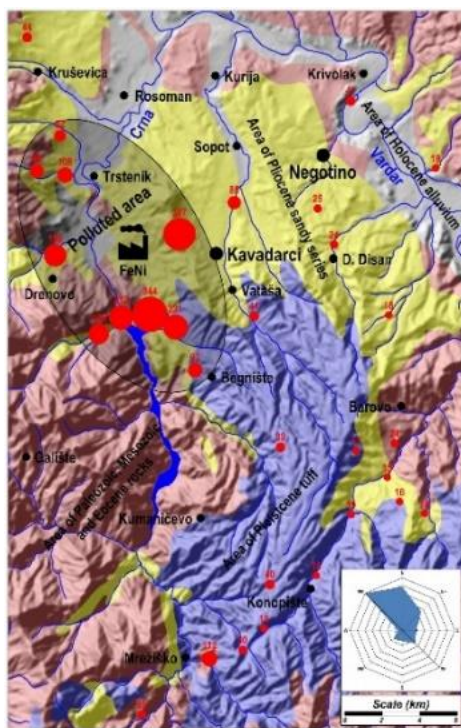


Слика 5. Просторна дистрибуција на Ni во површинскиот (лево) и потповршинскиот (десно) слој од почвата

Испитувањето на степенот на загадувањето на воздухот во Кавадарци и неговата околина со прашина емитирана од топилницата за фероникел беше извршено со земање и анализа на голем број на примероци од мов и прашина од поткровните греди од куќи во градот и селата од Тиквешкиот регион [31-33]. На територија од околу 600 km<sup>2</sup> во текот на 2008 година земени се 31 примерок од мов во кои е извршено определување на содржината на 46 елементи (Ag, Al, As, Au, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hg, Ho, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Sm, Sr, Tb, Th, Ti, U, V, Yb, Zn и Zr) [32]. Врз основа на просторната дистрибуција и со примена на факторната анализа утврдени се две антропогени асоцијации: Co-Cr-Cu-Fe-Mg-Ni и As-Cd-Cu-Hg-Pb-Zn. Резултатите покажуваат значително поголеми содржини на Ni, Co и Cr во примероците мов земени во околината на топилницата отколку од останатиот дел од испитуваното подрачје (сл. 6). Така, вредноста на медијаната на содржината на Ni за целиот регион изнесува 31 mg/kg а во околината на топилницата 178 mg/kg. Сепак, и двете средни вредности се далеку повисоки од средната вредност за содржината на Ni во примероците мов земени на целата територија на Македонија која изнесува 4,45 mg/kg. Ова го потврдува фактот за влијанието на работата на

### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

топилницата во загадувањето на воздухот со прашина збогатена со Ni во истражуваните периоди.

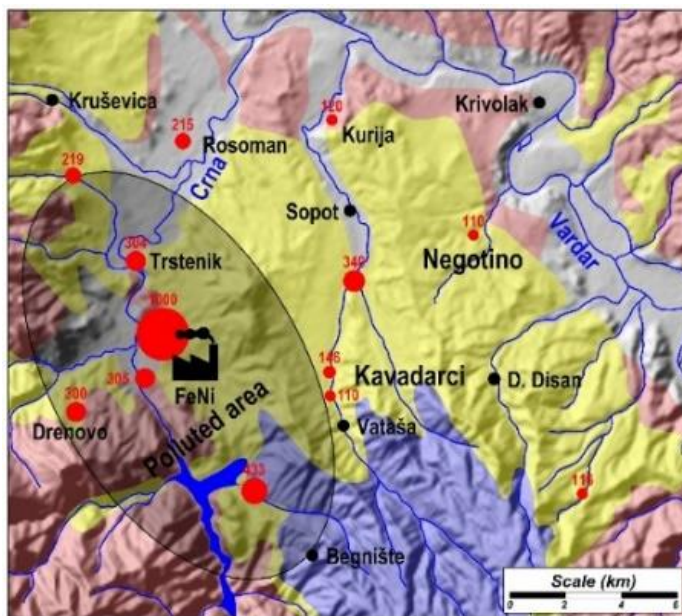


**Слика 6.** Просторна дистрибуција на Ni во примероци мов од регионот на Кавадарци

Во истиот период, од истата област се земени примероци од прашина од поткровни греди од 30 куќи во Кавадарци и околните населени места, со цел да се следи влијанието на топилницата на подолг временски период [32]. Во сите примероци извршена е анализа на истите елементи како и во примероците од мов. И со овие испитувања потврдено е дека зголемена емисија на прашина има во околината на топилницата, на што укажува поголемата содржина во прашината земена од куќи од околината на топилницата на Co, Cr, Mo и Ni, елементи чија содржина е зголемена и во рудата која се преработува во топилницата (сл. 7). Така, средната вредност на содржината на Ni во примероците од поткровните греди од загаденото подрачје изнесува 354 mg/kg додека во останатото подрачје таа изнесува 156 mg/kg. Обемот на дистрибуција на прашина од топилницата го потврдуваат и минеролошките испитувања на примероците од овој вид на прашина [33]. Имено,

### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

квантитативната минеролошка анализа покажа дека овој вид на прашина земена од поблиската околина на топилницата има поголем удел на минерали од серпентинска (хризотил, лизардит) и амфиболската група на минерали (рибекит, тремолит, актинолит) што е во корелација со минералните фази застапени во рудата која се преработува во топилницата за фероникел.



**Слика 7.** Дистрибуција на Ni во примероци од прашина од поткровни греди од регионот на Кавадарци

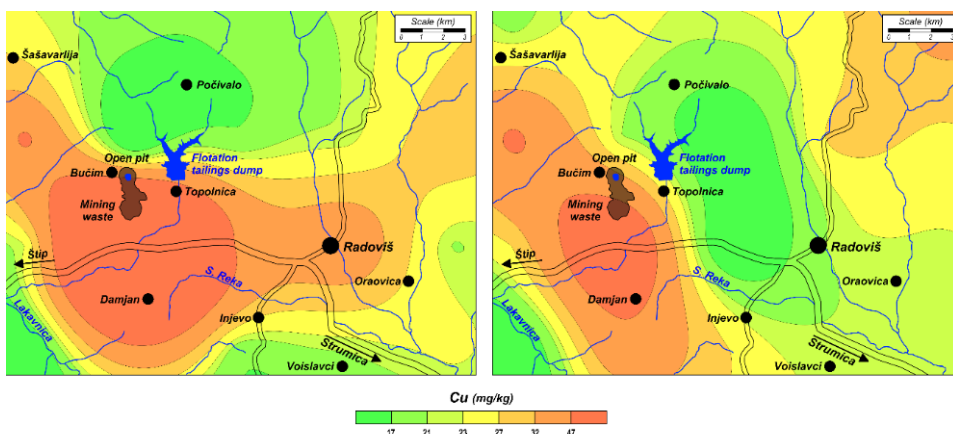
### **ЗАГАДУВАЊЕ НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА ВО РЕГИОНОТ НА РАДОВИШ**

Рудникот за бакар „Бучим“ се наоѓа во близина на градот Радовиш во Источна Македонија. Тој е активен скоро 40 години. Годишно се ископуваат околу 4 милиони тони руда која потоа се преработува преку процесот на флотација и се добива Cu-концентрат. Притоа се добива по околу 4 милиони тони рудничка и флотациона јаловина која се депонира на соодветни депонии со по околу 150 милиони тони јаловина [34]. Самото ископување на рудата и дистрибуцијата на прашина од самите депонии е извор на загадување на воздухот и за таа цел извршени се детални истражувања на евентуалното загадување на почвите [35] и воздухот во пошироката околина на рудникот и депониите, со биомониторинг со мов и лишаи [36-38] и со прашина од поткровни греди [39]. Испитувањето на



### Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

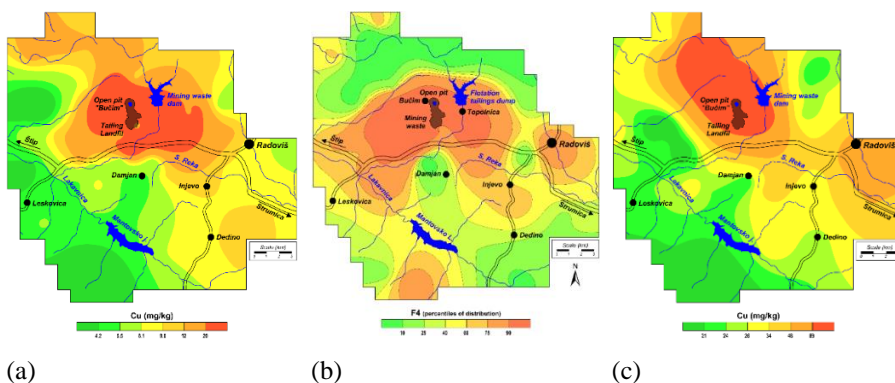
состојбата со почвите е извршено со анализа на 40 примероци почва земена од површинскиот (0-5 cm) и потповршинскиот слој (20-30 cm) со мрежа од 5×5 km [34]. Определени се вкупно 18 елементи (Al, As, Ba, Ca, Cr, Cu, Ga, Li, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, V и Zn) при што е утврдено дека повисоките содржини на Cu во почвите се со фактор на зголемување од 2,8. Посебно зголемување на содржината на Cu има во површинскиот слој во непосредната околина на рудникот кое може да се припише и на литогено потекло (сл. 8).



Слика 8. Просторна дистрибуција на Cu во површинскиот (лево) и потповршинскиот слој почва (десно)

Со определување на содржината на 16 елементи во 52 примерока од мов со статистичка обработка на добиените резултати издвоена е асоцијацијата на елементите Al-As-Cd-Cu-Fe-Pb-Zn за која се смета дека, освен литогено потекло, има и антропогено потекло [36]. Сепак, утврдено е дека дистрибуцијата на честички со зголемена содржина на Cu се забележува само во подрачјето на самиот рудник и депониите на јаловина и е ограничена на релативно мал простор (сл. 9). Со мултиваријантната статистичка обработка на резултатите од анализата на голем број на примероци лишаи од истото подрачје издвоена е како посебна геохемиска аномалија [37, 38]. Неговата дистрибуција е многу слична на онаа добиена со примероците од мов (сл. 9). Во оваа подрачје, земени се и 62 примерока од прашина од поткровна прашина од 29 куќи од повеќе населени места [38, 39]. Со примена на факторната анализа како антропогена асоцијација се издвојува групата која ги

вклучува As, Cu и Pb. Од картата на дистрибуција на Cu (сл. 9) се гледа дека повисоки вредности на содржината на Cu имаат примероците од прашина земена од куќите во населените места во близина на рудникот, што укажува на континуирана дистрибуција на прашина од активностите на рудникот на овој помал простор.



**Слика 9.** Дистрибуција на Cu во примероци од мов (a), лишаи (b) и прашина од поткровни греди (c)

## **ЗАГАДУВАЊЕ НА ПОЧВИТЕ И ВОЗДУХОТ ВО СЛИВОТ НА РЕКАТА БРЕГАЛНИЦА**

Во регионот на сливот на реката Брегалница активни се два рудника за Pb и Zn, рудникот „Злетово“ во близината на Пробиштип и рудникот „Сага“ во близина на Македонска Каменица. Освен подземната експлоатација на Pb-Zn рудата постојат и постројки за добивање на Pb- и Zn-концентрати. При процесите на флотација се добиваат големи количества на флотациона јаловина која се депонира на посебни флотациони депонии каде се складираат огромни количества на јаловина [40, 41]. Со цел да се испита можното влијание на овие активности, извршено е истражување на загадувањето на водите, почвите и воздухот преку биомониторинг со мов и прашина од поткровни греди на целиот простор на сливот на реката Брегалница [42]. За таа цел, земени се примероци од почва (површински и потповршински слој) и примероци од мов од 150 локации, како и примероци од води и седименти од реката Брегалница и нејзините притоки, и примероци од прашина од поткровни греди од 88 куќи во 80 населени места од целиот слив.

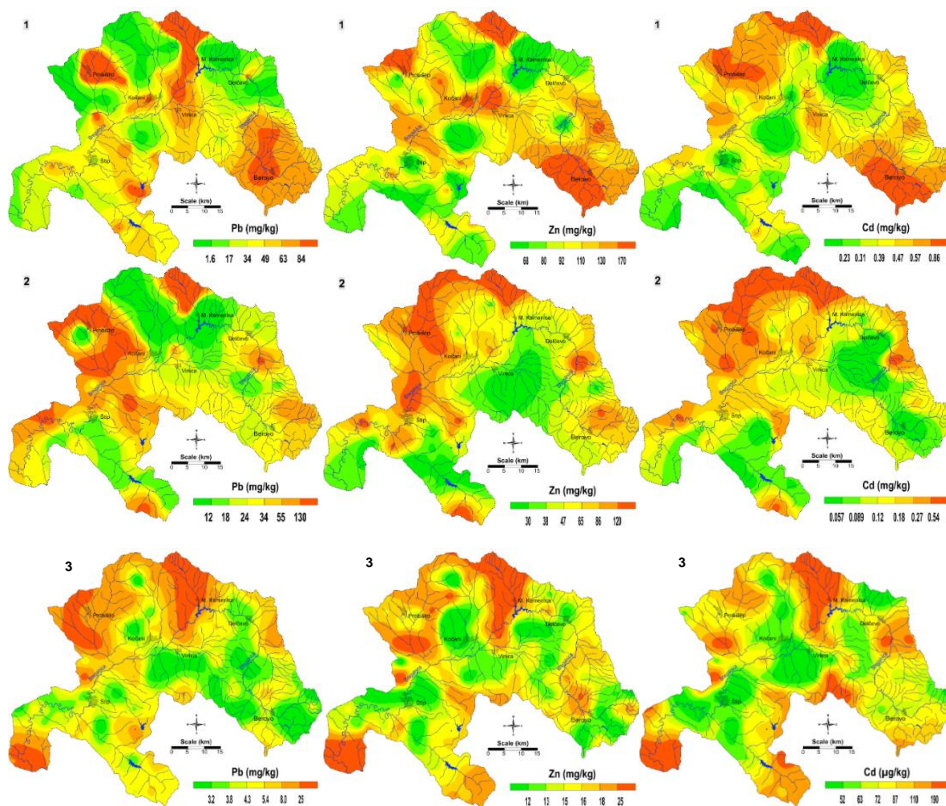
### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Со примена на факторната анализа на сите резултатите за концентрацијата на над 60 елементи во примероците од води издвоена е антропогена асоцијација на елементи (As-Au-Be-Cd-Co-Ce-Ni-Pb-Zn) чија дистрибуција е во корелација со рударските активности во овој регион, при што нивни повисоки концентрации се забележуваат во водите на Злетовска и Каменичка Река [43]. Од истите локации каде се земени примероците од вода земени се и примероци од речниот седимент. Утврдено е дека потенцијално токсичните елементи As, Cd, Pb и Zn имаат зголемена содржина и во седиментите посебно оние од средниот тек на реката Брегалница каде во неа се вливаат Злетовска (областа на рудникот и флотацијата во околината на Пробиштип) и Каменичка Река (која поминува покрај рудникот „Саса“).

Дистрибуцијата на содржината на 69 елементи во примероци од почви земени од 150 локации во Брегалничкиот речен слив укажува на антропогено влијание врз загадувањето на почвите со потенцијално токсични метали во околината на рударските активности [44, 45]. Статистичката обработка на резултатите дефинира 6 геохемиски асоцијации. Притоа посебно се издвојува антропогената асоцијација која ги вклучува Cu, Pb, Sb, Cd, Sn, Zn и Te (сл. 10). Сепак, ова полиметалична депозиција е забележлива само во непосредната околина на рудниците и флотационите депонии. Некои од овие елементи (Cd, Pb и Zn) делумно се со повисоки содржини и во Кочанско Поле (сл. 10). Треба да се нагласи дека зголемените содржини на Pb, Zn, Cu, As, Sb, Mo и Bi во областа на олигоценскиот вулканизам (Кратово-Злетово), како и во областа на старите полиметалични минерализации во околината на Берово, се од литогено потекло (сл. 10). Овие наоди се во согласност со податоците за застапеноста на наведените елементи во почвите земени од целата територија на Република Македонија [46].

Од истите локации од кои се земени примероци од почви земени се и примероци од мов за да се следи евентуалното загадување на воздухот со тешки метали [47]. Вкупно се анализирани над 60 елементи. Со примена на факторната анализа и од картите на просторна дистрибуција утврдено е дека содржината на поедините елементи во примероците мов е зголемена во областите на старите неогени и палеогени вулканизми што е во корелација со областите со рударски активности на трите рудника: „Злетово“<sup>cc</sup> и „Саса“ (Pb-Zn) и „Бучим“ (Cu).

Геохемиската асоцијација која ги вклучува Cd, Pb, Zn и Sb е дефинирана како антропоген маркер за атмосферската дистрибуција на овие елементи. Посебно се забележува зголемувањето на содржината на Pb и Zn во примероците од мов земи во околината на рудниците за Pb и Zn [47] што укажува на атмосферска дистрибуција на честички збогатени со овие елементи а кои потекнуваат најмногу од депониите на флотационите јаловини (сл. 10).



**Слика 10.** Просторна дистрибуција на содржините на Pb, Zn и Cd во примероци од почва (1), мов (2) и прашина од поткровни греди (3) од сливот на реката Брегалница

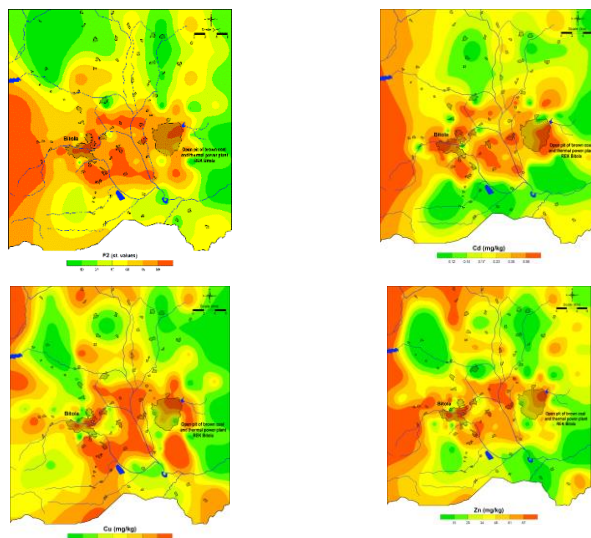
Прашината од поткровни греди претставува историски архив на антропогени емисии и може да укаже на подолготрајно загадување на одредени области со прашина која содржи тешки метали. Со цел да се споредат резултатите од

определените дистрибуции на потенцијално токсичните метали во почвите и примероците од мов, земени се примероци од прашина од 84 куќи од 80 населени места во Брегалничкиот слив во кои се определени 69 елементи [48]. Мултиваријантната анализа укажува на постоење на 6 доминантни геохемиски маркери, од кои како антропогени се издвојуваат примарната F3 (Ag-Bi-Cd-Cu-In-Mn-Pb-Sb-Te-W-Zn) и секундарната антропогена асоцијацијата F5 (As-Co-Ge-V). Втората асоцијација е дефинирана и како литогена асоцијација која е најмногу застапена на области со појава на многу стари шкрилци. Првата антропогена асоцијација е поврзана главно со дистрибуција во подолг временски период на честички со потекло од карбонатно-силикатни вулкански карпи но и со полиметална прашина која е депонирана најмногу во околината на активностите на Pb-Zn рудниците (сл. 10). Долгогодишната депозиција на ваква прашина може да се смета и како значаен индекс на загадување. На тоа укажуваат и високите содржини на Cd, Pb и Zn во оваа прашина за целото подрачје од 25, 3900 и 3200 mg/kg, соодветно [48].

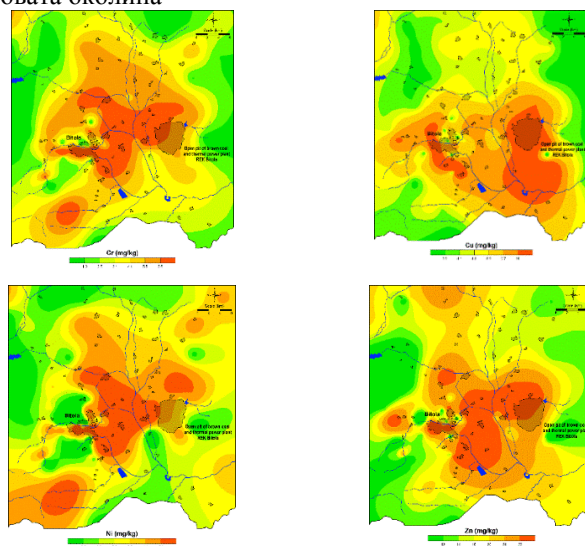
## **ЗАГАДУВАЊЕ НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА ВО БИТОЛА И НЕГОВАТА ОКОЛИНА**

Заради испитување на евентуалното загадување на почвите во градот Битола и неговата околина, посебно од влијанието на термоелектричната централа која користи јаглен, извршено е испитување на содржината на 21 елемент (Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Sr, V и Zn) на простор од 148 km<sup>2</sup> со земање на примероци од 149 локации. Врз основа на добиените резултати добиени се 3 геохемиски асоцијации. Типичните елементи во траги As, Cd, Cu, Ni, P, Pb и Zn не се изолирани во посебна геохемишка асоцијација но според картите на нивната просторна дистрибуција (сл. 11) секој од овие елементи покажува зголемување на содржината во примероците земени во близината на термоелектричната централа или во нејзината непосредна околина [49, 50]. Како причина за ова зголемување е загадувањето од депонираната пепел која се добива со согорување на јагленот а која има зголемени содржини на овие елементи [46, 50]. Зголемени содржини на овие елементи се забележуваат и во примероците од мов земени во околината на термоелектричната централа и градот Битола што е исто така резултат на емисија на пепелта во воздухот [51]. Со споредба на добиените

резултати за вредностите на медијаните во примероците земени во околината на централата и оние од поширокото подрачје може да се види дека има значително зголемување на содржината посебно на Cr, Cu, Ni и Zn што укажува дека нивното зголемено присуство во воздухот потекнува од емисијата на честичките од пепелта во која содржината на овие елементи е значително поголема отколку во околните почви (сл. 12).



**Слика 11.** Просторна дистрибуција на Фактор 2 (Cd-Cu-Zn) во примероци од почва во Битола и неговата околина

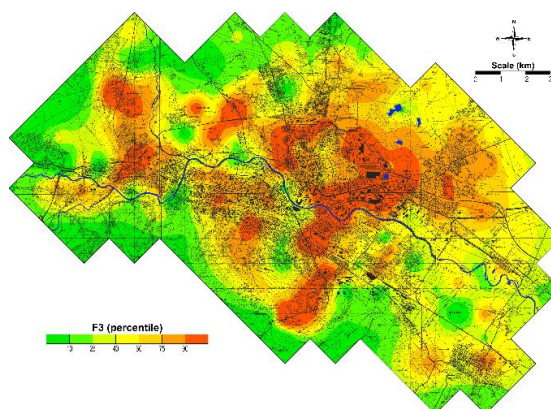


**Слика 12.** Просторна дистрибуција на Cr, Cu, Ni и Zn во примероци од мов во Битола и неговата околина



## **ЗАГАДУВАЊЕ НА ПОЧВИТЕ И ВОДУХОТ СО ПОТЕНЦИЈАЛНО ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ ВО ГРАДОТ СКОПЈЕ**

Со цел да се испита дистрибуцијата и нивото на содржините на различни потенцијално токсични метали во почвите подготвен е посебен Геохемиски атлас на Скопје [52]. За таа цел земени се примероци од површински почви (0–10 cm) од 231 локација на територијата на Град Скопје во кои се анализирани вкупно 55 елементи. Со примена на факторна анализа добиени се 4 асоцијации на елементи од кои како антропогена асоцијација се издвојува онаа која ги вклучува Zn, Cd и Cu. Просторната дистрибуција на факторните вредности на овој фактор (сл. 13) покажува дека повисока содржина на овие елементи е најдена околу централниот и источниот дел на градот, посебно во индустриските и урбаните области (Маџари, населбите Железара и Автокоманда и источната индустриска зона) што е резултат на загадувањето со прашина од работата на челичарницата која се депонира на отворен простор [52].



**Слика 13.** Просторна дистрибуција на факторните вредности на асоцијацијата на Zn, Cd и Cu во почвите од градот Скопје

Испитувањата на загадувањето на воздухот во Република Македонија преку биомониторинг со мов исто така покажуваат загадување со Cd, Cu, Pb и Zn како резултат на дистрибуција на прашина од Челичарницата дополнително зголемено од урбаните активности во градот [21, 22]. Ова го потврдуваат и анализите на земените честички со големина под 10  $\mu\text{m}$  во кои содржината на овие елементи е за 5-10 пати поголема од нивната содржина во околните почви [52].

## **ЗАКЛУЧОК**

Од прегледот на реализираните истражувања за загадување на животната средина во урбаните области во Република Македонија може да се заклучи дека металуршките и рударските активности доведуваат до загадување на почвите и на воздухот во областите каде тие се лоцирани. При тоа, посебно негативно влијание имаат оние индустриски објекти кои во минатото работеле без примена на соодветни системи за спречување на загадувањето на животната средина. Од овие примери посебно е нагласено негативното влијание на работата на поранешната топилница за Pb и Zn во Велес чија работа довела до значително загадување на почвите и воздухот кое е присутно и по престанокот на нејзината работа пред околу 15 години. Исто така, утврдено е и негативното влијание врз загадување на почвите и воздухот со потенцијално токсични метали во околината на рудниците и флотациите за преработка на Pb-Zn руди во околината на Пробиштип и Македонска Каменица. Воздухот и почвите се исто така под негативно влијание од работата на Челичарницата во Скопје и термоелектричната централа во Битола.

## **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] A. Kabata-Pendias, H. Pendias, *Trace Elements in Soil and Plants*, 3rd edn., CRC Press, Boca Raton, 2001.
- [2] T. Godish, *Air Quality*. 4th edition, Lewis Publishers, Boca Raton, 2004.
- [3] W. J. Gauderman, E. Avol, F. Gilliland, H. Vora, D. Thomas, K. Berhane, R. McConnell, N. Kuenzli, F. Lurmann, E. Rappaport, H. Margolis, D. Bates, J. Peters. The effect of air pollution on lung from 10 to 18 years of age, *N. Engl. J. Med.*, 351, **2004**, 1057–1067.
- [4] D. Vallejo, *Fundamentals of Air Pollution*, 4<sup>th</sup> edition, Academic Press Elsevier, Amsterdam, 2008.
- [5] M. Athar, S. Vonore, *Heavy Metals and Environment*, New International, Wiley Eastern, New Delhi, 1995.
- [6] R. Zayn, Distribution of mercury in surface dust and topsoil in Slovenian rural and urban areas, *RMZ – Geol. Geoenviron.*, 51, **2004**, 1800–1803.
- [7] F. Bretzel, M. Calderisi, Metal contamination in urban soils of coastal Tuscany (Italy), *Environ. Monit. Assess.*, 118, **2006**, 319–335.
- [8] C. M. Davidson, G. J. Urquhart, F. Ajmone-Marsan, M. Biasioli, A. D. Duarte, E. Diaz-Barrientos, H. Grčman, L. Hossack, A. S. Hursthouse, L. Madrid, S. Rodrigues, M. Zupan, Fractionation of potentially toxic elements in urban soils from five European cities by means of a harmonised sequential extraction procedure, *Anal. Chim. Acta*, 565, **2006**, 63–72.
- [9] A. Demetriades, X. Li, M. H. Ramsey, I. Thornton, Chemical speciation and bioaccessibility of lead in surface soil and house dust, Lavrion urban area, Attiki, Hellas, *Environ. Geochem. Health*, 32, **2010**, 529–552.



- [10] T. Stafilov, R. Šajn, Z. Pančevski, B. Boev, M. V. Frontasyeva, L. P. Strelkova, Heavy metal contamination of surface soils around a lead and zinc smelter in the Republic of Macedonia, *J. Hazard. Mater.*, 175, 2010, 896–914.
- [11] T. Stafilov, R. Šajn, B. Boev, J. Cvetković, D. Mukaetov, M. Andreevski, S. Lepitkova, Distribution of some elements in surface soil over the Kavadarci Region, Republic of Macedonia, *Environ. Earth Sci.*, 61, 2010, 1515–1530.
- [12] R. K. Aryal, M. Murakami, H. Furumai, F. Nakajima, H. K. P. K. Jinadasa, Prolonged deposition of heavy metals in infiltration facilities and its possible threat to groundwater contamination, *Water Sci. Technol.*, 54, 2006, 205–212.
- [13] V. Cappuyns, R. Swennen, A. Vandamme, M. Niclaes, Environmental impact of the former Pb-Zn mining and smelting in East Belgium, *J. Geochem. Explor.*, 88, 2006, 6–9 (2006).
- [14] J. Li, Z. M. Xie, Y. G. Zhu, R. Naidu, Risk assessment of heavy metal contaminated soil in the vicinity of a lead/zinc mine, *J. Environ. Sci. China*, 17, 2005 881–885.
- [15] C. Pruvot, F. Douay, F. Herve, C. Waterlot, Heavy metals in soil, crops and grass as a source of human exposure in the former mining areas, *J. Soil Sediment*, 6, 2006, 215–220.
- [16] A. de Koning, L. Peeva, B. Nikov, T. Stafilov, K. Siderovski, M. Georgieva, National Waste Management Plan and Feasibility Studies, Annex 1: Strategies Other Than Municipal Solid Waste, Part A: Hazardous Industrial Waste, Ministry of Environment and Physical Planning, Skopje, 2005, pp. 1–38.
- [17] T. Stafilov, L. Peeva, B. Nikov, A. de Koning, Industrial hazardous waste in the Republic of Macedonia, in: R. Šajn, G. Žibret, J. Alijagić, Eds., *Applied Environmental Geochemistry – Anthropogenic Impact on Human Environment in the SE Europe*, Ljubljana, *Proceedings Book*, 2009, pp. 108–112.
- [18] H. Harmens, D. A. Norris, K. Sharps, G. Mills, R. Alber, Y. Aleksiyenak, O. Blum, S.-M. Cucu-Man, M. Dam, L. De Temmerman, A. Ene, J. A. Fernández, J. Martinez-Abaigar, M. Frontasyeva, B. Godzik, Z. Jeran, P. Lazo, S. Leblond, S. Liiv, S.H. Magnússon, B. Maňkovská, G. Phil-Karlsson, J. Piispanen, J. Poikolainen, J.M. Santamaria, M. Skudnik, Z. Spiric, T. Stafilov, E. Steinnes, C. Stihl, I. Suchara, L. Thöni, R. Todoran, L. Yurukova, H. G. Zechmeister, Heavy metal and nitrogen concentrations in mosses are declining across Europe whilst some "hotspots" remain in 2010, *Environ. Poll.*, 200, 2013, 93–104.
- [19] L. Barandovski, M. Cekova, M. V. Frontasyeva, S.S. Pavlov, T. Stafilov, E. Steinnes, V. Urumov, Atmospheric deposition of trace element pollutants in Macedonia studied by the moss biomonitoring technique, *Environ. Monitor. Assess.*, 138, 2008, 107–118.
- [20] L. Barandovski, M. V. Frontasyeva, T. Stafilov, R. Šajn, S. Pavlov, V. Enimiteva. Trends of atmospheric deposition of trace elements in Macedonia studied by the moss biomonitoring technique, *J. Environ. Sci. Health A*, 47, 2012, 2000–2015.
- [21] L. Barandovski, T. Stafilov, R. Šajn, M. V. Frontasyeva, K. Bačeva, Air pollution study in Macedonia by using moss biomonitoring technique, ICP-AES and AAS, *Maced. J. Chem. Chem. Eng.*, 32, 2013, 89–107.
- [22] T. Stafilov, R. Šajn, L. Barandovski, K. Bačeva Andonovska, S. Malinovska, Moss biomonitoring air quality study of minor and trace elements in Macedonia, *Air Qual. Atmos. Health*, 11, 2018, 137–152.
- [23] T. Stafilov, Environmental pollution with heavy metals in the Republic of Macedonia, *Contr. Sect. Nat., Math. Biotech. Sci. MASA*, 35, 2014, 81–119.

- [24] T. Stafilov, R. Šajn, Z. Pančevski, B. Boev, M. V. Frontasyeva, L. P. Strelkova, *Geochemical Atlas of Veles and the Environs*, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Skopje, 2008.
- [25] З. Панчевски, Дистрибуција на тешки метали во примероци од животната средина во Велес и неговата околина, докторска дисертација, Природно-математички факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, 2015.
- [26] Z. Pančevski, T. Stafilov, K. Bačeva, Distribution of heavy metals in some vegetables grown in the vicinity of lead and zinc smelter plant, *Contribution, Sec. Nat. Math. Biotech. Sci., MASA*, 35, **2014**, 25–36.
- [27] Z. Pančevski, T. Stafilov, K. Bačeva, Distribution of heavy metals in lettuce and carrot produced in the vicinity of lead and zinc smelter plant, *Int. J. Pure Appl. Chem.*, 9, **2014**, 1–10.
- [28] Z. Pančevski, T. Stafilov, K. Bačeva, Distribution of heavy metals in the garden soil and vegetables grown in the vicinity of lead and zinc smelter plant, *J. Sci. Eng. Res.*, 3, **2016**, 94–104.
- [29] T. Stafilov, R. Šajn, B. Boev, J. Cvetković, D. Mukaetov, M. Andreevski, *Geochemical Atlas of Kavadarci and the Environs*, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Skopje, 2008.
- [30] T. Stafilov, R. Šajn, J. Alijagić, Distribution of arsenic, antimony and thallium in soil in Kavadarci and its environs, Republic of Macedonia, *Soil Sediment Contam. Int. J.*, 22, **2013**, 105–118.
- [31] K. Bačeva, T. Stafilov, R. Šajn, C. Tănăselia, Moss biomonitoring of air pollution with heavy metals in the vicinity of a ferronickel smelter plant, *J. Environ. Sci. Health A*, 47, 2012, 645–656.
- [32] K. Bačeva, T. Stafilov, R. Šajn, C. Tănăselia, S. Ilić Popov, Distribution of chemical elements in attic dust in the vicinity of ferronickel smelter plant, *Fresenius Environ. Bull.*, 20, 2011, 2306–2314.
- [33] B. Boev, T. Stafilov, K. Bačeva, A. Šorša, I. Boev, The nickel smelter plant influence on the mineralogical composition of attic dust in Tikveš Valley, Republic of Macedonia, *Environ. Sci. Poll. Res.*, 20, 2013, 3781–3788.
- [34] T. Stafilov, B. Balabanova, R. Šajn, K. Bačeva, B. Boev, *Geochemical Atlas of Radoviš and the Environs and the Distribution of Heavy Metals in the Air*, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Skopje, 2010.
- [35] B. Balabanova, T. Stafilov, R. Šajn, K. Bačeva, Spatial distribution and characterization of some toxic metals and lithogenic elements in topsoil and subsoil from copper mine environs, *Int. J. Environ. Prot.*, 3, 2013, 1-9.
- [36] B. Balabanova, T. Stafilov, K. Bačeva, R. Šajn, Biomonitoring of atmospheric pollution with heavy metals in the copper mine vicinity located near Radoviš, Republic of Macedonia, *J. Environ. Sci. Health A*, 45, 2010, 1504–1518.
- [37] B. Balabanova, T. Stafilov, R. Šajn, K. Bačeva, Characterisation of heavy metals in lichen species *Hypogymnia Physodes* and *Evernia Prunastri* due to biomonitoring of air pollution in the vicinity of copper mine, *Int. J. Environ. Res.*, 6, 2012, 779-792.
- [38] B. Balabanova, T. Stafilov, R. Šajn, K. Bačeva, Comparison of response of moss, lichens and attic dust to geology and atmospheric pollution from copper mine, *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 11, 2014, 517-528.
- [39] B. Balabanova, T. Stafilov, R. Šajn, K. Bačeva, Distribution of chemical elements in attic dust as reflection of lithology and anthropogenic influence in the vicinity of copper mine and flotation, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 61, 2011, 173–184.

- [40] T. Serafimovski, T. Dolenc, G. Tasev, New data concerning the major ore minerals and sulphosalts from the Pb-Zn Zletovo mine, Macedonia. *RMZ Mater. Geoenviron.*, 52, **2006**, 535-548.
- [41] P. Vrhovnik N. R. Šmuc, T. Dolenc, T. Serafimovski, M. Dolenc, Impact of Pb-Zn mining activity on surficial sediments of Lake Kalimanci (Macedonia), *Turk. J. Earth Sci.*, 22, **2013**, 1-14.
- [42] T. Stafilov, B. Balabanova, R. Šajn, *Geochemical Atlas of the Region of the Bregalnica River Basin*, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Skopje, 2014.
- [43] B. Balabanova, T. Stafilov, R. Šajn, C. Tănăselia, Multivariate factor assessment for lithogenic and anthropogenic distribution of trace and macro elements in river water from Bregalnica River Basin, R. Macedonia, *Maced. J. Chem. Chem. Eng.*, 34, **2016**, 235–250.
- [44] B. Balabanova, T. Stafilov, R. Šajn, C. Tănăselia, Geochemical hunting of lithogenic and anthropogenic impacts on polymetallic distribution (Bregalnica River Basin, Republic of Macedonia), *J. Environ. Sci. Health A*, 51, **2016**, 1180–1194.
- [45] B. Balabanova, T. Stafilov, R. Šajn, Environmental pollution of soil and anthropogenic impact of polymetallic hydrothermal extractions. Case study: Bregalnica River Basin, Republic of Macedonia, in: M.Z. Hashmi, A. Varma (Eds.), *Environmental Pollution of Paddy Soil*, Springer International Publishing AG, Basel, 2018, pp. 27–68.
- [46] T. Stafilov, R. Šajn, *Geochemical atlas of the Republic of Macedonia*, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Skopje, 2016.
- [47] B. Balabanova, T. Stafilov, R. Šajn, C. Tănăselia, Multivariate extraction of dominant geochemical markers for 69 elements deposition in Bregalnica River Basin, Republic of Macedonia (moss biomonitoring), *Environ. Sci. Poll. Res.*, 23, **2016**, 22852–22870.
- [48] B. Balabanova, T. Stafilov, R. Šajn, C. Tănăselia, Long-term geochemical evolution of lithogenic vs. anthropogenic distribution of macro and trace elements in household attic dust, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 72, **2017**, 88–107.
- [49] T. Stafilov, R. Šajn, A. Puteska, B. Dimovska, *Geochemical Atlas of Pelagonia*, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Skopje, 2015.
- [50] T. Stafilov, R. Šajn, M. Arapčeska, I. Kungulovski, J. Alijagić, Geochemical properties of topsoil around the coal mine and thermoelectric power plant, *J. Environ. Sci. Health A*, 53, **2018**, 793–808.
- [51] B. Dimovska, R. Šajn, T. Stafilov, K. Bačeva, C. Tănăselia, Determination of atmospheric pollution around the thermoelectric power plant using a moss biomonitoring, *Air Qual. Atmos. Health*, 7, **2014**, 541–557.
- [52] T. Stafilov, R. Šajn, L. Ahmeti, *Geochemical Atlas of Skopje*, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Skopje, 2017.

## **ПРИРОДНАТА РАДИОАКТИВНОСТ ВО ДЕПОНИЈАТА НА ФОСФОГИПС ОД ХИВ ВЕЛЕС, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

Митко Јанчев<sup>1</sup>, Иван Боев<sup>1</sup>, Зденка Стојановска<sup>2</sup>, Блажо Боев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип,  
Република Македонија

<sup>2</sup>Факултет за медицински науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Република  
Македонија

### **Апстракт**

Производството на фосфорна киселина од природна фосфатна руда генерира индустриски отпаден производ наречен фосфогипс. Фосфогипсот содржи значителни количини на природните радионуклиди, од низата на <sup>238</sup>U, со потекло од рудата но збогатени во текот на технолошкиот процес. Со цел да се изврши радијациона карактеризација на депонијата на фосфогипс од ХИВ, Велес, беа земени и анализирани пет примероци од фосфогипс. Добиените, средните вредности на вкупните алфа и бета специфични активности  $\pm$  вредноста на стандардната девијација се:  $(950 \pm 104)$  Bq/kg и  $1694 \pm 220$  Bq/kg, соодветно. Понатамошната анализа на радионуклидите покажа дека зголемените активности се од радионуклидите од низата на <sup>238</sup>U. Средните специфични активности за <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra, соодветно беа:  $(360 \pm 55)$  Bq/kg и  $(280 \pm 84)$  Bq/kg, додека активностите на радионуклидите од низата на <sup>232</sup>Th и <sup>40</sup>K беа под границата на детекција. Средна вредност на поценетата годишна ефективната доза од 0,25 mSv /y е под границата на доза од 1 mSv /y за поединци од население.

Резултатите добиени во оваа студија покажуваат дека радионуклидите, иако присутни во релативно високи концентрации во фосфогипсот од депонијата, не имплицираат зголемен надворешен ризик за поединците од населението. Можната употреба на фосфогипсот во градежништвото и земјоделието не е исклучена само во услови на претходно добро планирање земајќи го предвид радијациониот ризик.

**Клучни зборови:** Фосфогипс, Радиоактивност, низа на <sup>238</sup>U.

## **Abstract**

The production of phosphoric acid from natural phosphate rock gives rise to an industrial waste product named phosphogypsum. Phosphogypsum contains considerable amounts of radionuclides from  $^{238}\text{U}$  chain, due to their high concentrations in phosphate ores. In order to a performed radiological characterization of the Chemical industry Veles phosphogypsum stockpile, five phosphogypsum samples were collected and send in Activation laboratories, Canada for analysis. The mean values of gross alpha and beta specific activities  $\pm$  standard deviation values were:  $(950\pm 104)$  Bq/kg and  $(1694\pm 220)$  Bq/kg, respectively.

Further radionuclides analysis has been shown that the increased activities create radionuclides from the  $^{238}\text{U}$  chain while the radionuclides of the  $^{232}\text{Th}$  chain and  $^{40}\text{K}$  were below the detection limit. The specific activities mean of  $^{238}\text{U}$  and  $^{226}\text{Ra}$  were  $(360\pm 55)$  Bq/kg and  $(280\pm 84)$  Bq/kg, respectively. The estimated annual outdoor effective dose received by adults was 0.25 mSv/y, which is below a dose limit of 1 mSv/y for members of a public.

The results obtained in this study show that radionuclides, although present at relatively high concentrations in the phosphogypsum pile, do not imply an increased external risk for members of a population. The possible use of phosphogypsum in building materials industry and agriculture is not excluded only in conditions of prior good planning taking into account the radiation risk.

**Keywords:** Phosphogypsum, Radioactivity,  $^{238}\text{U}$  chain

## **ВОВЕД**

Населението на Земјата е постојано изложено на разни видови на јонизирачко зрачење. Според потеклото изворите на зрачење се делат на природни и вештачки. Изложеноста на вештачки извори е резултат на нивната примена во: медицински цели (дијагностика и терапија), индустријата или, пак, од радионуклидите присутни во животната средина последица од нуклеарните проби и нуклеарната хаварија во Чернобил од минатиот век. Врз основа на голем број на истражувања, докажано е дека најголем придонес во вкупната изложеност на населението потекнува од природата. Во групата на природни извори се космичкото и терестријалното зрачење. Дозата која ја прима човекот во текот на

една година од надворешно космичкото зрачење на отворено е главно константна величина за даден простор (зависи од надморската височина) и е многу помала во однос на дозата која потекнува од терестријалната радиоактивност [1].

Радиоактивните изотопи од низите на  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  како и  $^{40}\text{K}$ , присутни во сите терестријални материјали се главните извори на експозиција врз човекот. Според нивното потекло тие се дефинирани како природни радиоактивни материјали (*naturally occurring radioactive materials*: NORM). Во случај кога природно радиоактивниот материјал е подложен на некој технолошки процес во кој се случува нарушување на односите на радиоактивните изотопи во него, тогаш тој се категоризира како технолошки подобрен природен радиоактивен материјал (*technologically enhanced naturally occurring radioactive material*: TENORM). Содржините на радионуклидите во почвите и карпите (NORM) варираат во зависност од нивното потекло (геологијата), додека, пак, нивните содржини во TENORM зависат и од потеклото и од самиот технолошки процес.

Фосфогипсот е отпаден производ од индустријата за вештачки ѓубрива, генериран во процесот на производство на фосфорната киселина од фосфатна руда [2, 3]. Тој во себе содржи природни радионуклиди од низите на  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  како и  $^{40}\text{K}$  кои потекнуваат од фосфорната руда, но со нарушен сооднос, последица од самиот технолошкиот процес [4]. Депонираниот фосфогипс кој се карактеризира со зголемените концентрации на радионуклидите од низата на  $^{238}\text{U}$  предизвикува контаминација на животната средина: почвата, водата и атмосферата [5]. Од тие причини, покрај другите, неопходно е да се направи и радијациона карактеризација на депониите односно да се направи проценка за можните несакани ефекти врз животната средина и директно врз луѓето [3, 6].

Согласно со тоа произлезе и идејата, да се направи радијациона карактеризација на депонираниот фосфогипс од Фабриката за вештачки ѓубрива „Хемиска индустрија Велес“ (ХИВ). Во текот на нејзиното работење од 1979 до 2003 година се депонирани  $3,7 \times 10^6$  t гипс на  $70 \times 10^3$  m<sup>2</sup> ( $\approx 53$  t/ m<sup>2</sup>), на 1,5 km југозападно од фабричкиот комплекс во близина на селото Згрополци (слика 1). Во овој труд се прикажани резултатите од мерењата на активноста на природните радионуклиди во фосфогипсот земени од депонијата и од проценката на надворешниот ризик од поединци врз населението.





Слика 1 Положба на депонијата

## МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

Пет примероци од фосфогипс гипс, на длабочина 50 cm беа земени од депонијата (Слика 2) и испратени во „Activation laboratories,, Canada за анализа. По стандарна подготовка на примероците, во нив се мереа содржините на: вкупните алфа и бета активности, активност на  $^{40}\text{K}$  како и активностите на радионуклидите од низите на  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$ . Резултатите беа изразени како специфични активнинности (активност на единица сува маса) во Bq/kg.



Слика 2 Земање на фосфогипс

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Во табела 1 се прикажани резултатите од измерените активности во петте примероци заедно со основната дескриптивна статистика.

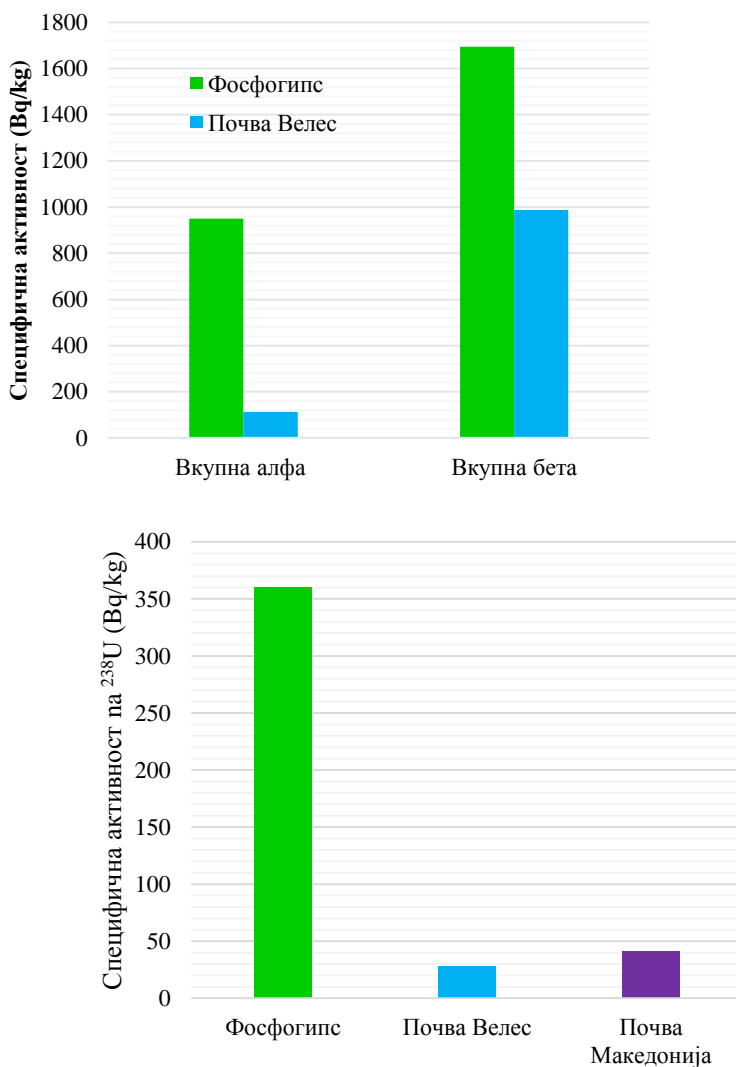
**Табела 1.** Резултати од мерењата и основната дескриптивна статистика на 5-те примероци од фосфатен гипс

	Вкупна $\alpha$ Bq/kg	Вкупна $\beta$ Bq/kg	$^{40}\text{K}$ Bq/kg	$^{232}\text{Th}$ Bq/kg	$^{238}\text{U}$ Bq/kg	$^{226}\text{Ra}$ Bq/kg
1	1090	1610			300	200
2	980	1740			400	300
3	980	1980			400	400
4	820	1380			300	200
5	880	1760			400	300
Аритметичка средна	950	1694	<1000	<10	360	280
Минимална	820	1380			300	200
Максимална	1090	1980			400	400
Стандардна девијација	104	220			55	84
Коефициент на варијација	11%	13%			15%	30%

Резултатите укажуваат дека во сите примероци беа измерени вкупните алфа и бета активности и дека тие главно потекнуваат од изотопите од низата на  $^{238}\text{U}$ . Специфичните активности на  $^{40}\text{K}$  и изотопите од низата на  $^{232}\text{Th}$  беа под нивото на детекција. Варијациите меѓу вкупните алфа и бета активностите, како и активностите на  $^{238}\text{U}$  во петте примероци, се во интервал од 11% до 15% и се пониски во однос на варијациите на  $^{226}\text{R}$  кои се 30%.

Повисоки вредности на измерените специфични активности од природните, беа докажани со нивна споредба со резултатите објавени од претходни студии направени во Република Македонија. Средните вредности на измерените вкупната алфа и бета специфични активности во фосфогипсот се повисоки во однос на соодветните средни активности публикувани за почвите земени во околина на Велес [7] (Слика 3). Активностите на  $^{238}\text{U}$  се повисоки од вредностите добиени за почвите во Велес [7] и повисоки во однос на просечните вредности за цела Македонија [8], (слика 3).





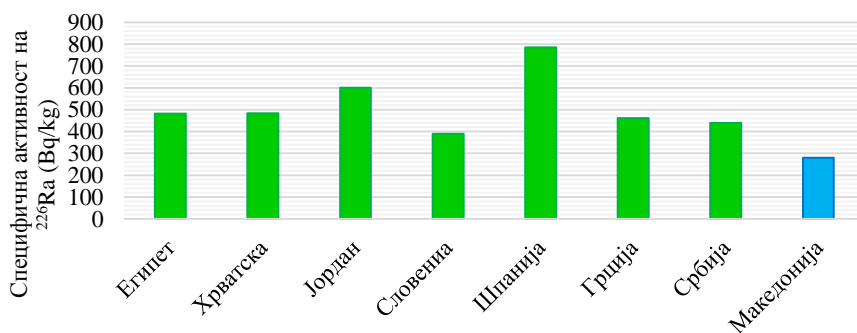
Слика 3 Споредба на резултатите за специфичните активности во фосфогипсот и почвите од Република Македонија

Во литературата се среќаваат голем број на студи во кои била испитувана содржината на радионуклидите во фосфогипсот како и за неговата примена. Главно, како и во оваа студија специфичните активности на  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  се пониски од вредностите на радионуклидите од низата на  $^{238}\text{U}$ . Од друга страна пак, публикуваните активности на  $^{226}\text{Ra}$  се главно повисоки од  $^{238}\text{U}$ , што не е случај во нашава студија. На слика 4 се прикажани вредностите на специфичните активности

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

на  $^{226}\text{Ra}$  во фосфогипсот од некој земји споредени со просечната вредност на  $^{226}\text{Ra}$  од оваа студија. Вредностите на  $^{226}\text{Ra}$  во фосфогипсот од Египет [9], Хрватска [10], Јордан [11], Словениа [12], Шпанија [13], Грција [3], Србија [14] се повисоки во однос на резултатите од оваа студија.

Согласно со податоците од литературата (на пример: [15-18]) понатамошната примена на фосфогипсот во градежништвото и во земјоделието, не е исклучена.



Слика 4 Споредба на резултатите за специфичните активности на  $^{226}\text{Ra}$  во фосфогипсот од Македонија со резултатите објавени од други земји

### Проценка на радијационен ризик

Проценката на годишната ефективна доза за поединци на население беше направена врз основ на UNSCEAR методологијата [1]. Прво се прави проценка на брзината на доза  $D$  (Gy/h) на висина од 1 m врз основ на специфичните активности на  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$   $^{238}\text{U}$ , согласно со равенката:

$$D = 0,462(^{238}\text{U}) + 0,604(^{232}\text{Th}) + 0,0417(^{40}\text{K}), \quad (1)$$

каде за  $^{238}\text{U}$ , беше искористена аритметичката средна вредност од сите примероци а за  $^{40}\text{K}$  и  $^{232}\text{Th}$  беа заменети со границите на детекција.

Добиената вредност за  $D$  (Gy/h), понатаму беше искористена за проценка на годишна ефективна доза  $D_E$  (Sv/y), согласно со равенката:

$$D_E = D \cdot 0,7 \cdot 8760 \cdot 0,2 \quad (2)$$

каде: 0,7 (Sv/Gy) е фактор на претворба, 1 год = 8760 h и 0,2 е фактор на окупација надвор.

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Согласно со тоа, проценетата годишна ефективна доза која би ја примиле поединци од население кои би престојувале на депонијата 0,2 од времето во текот на 1 година изнесува 0,25 mSv/y.

Иако проценката беше заснована на најлошото можно сценарио, сепак проценетата  $D_E$  е пониска од границата на доза 1 mSv/y за поединци од население.

### ЗАКЛУЧОК

Во оваа студија, врз основа на мерење на специфичните активности на природните радионуклиди во примероците од фосфогипсот, земени од депонијата на ХИВ Велес, произлезе:

- Вкупните алфа и бета специфични активности во депонијата се повисоки во однос на нивните вредности во почвите од Велес и околината;
- Специфичните активности на  $^{40}\text{K}$ , како и на радиоизотопите од низата на  $^{232}\text{Th}$ , беа под ниво на детекција. Идентификувано е присуство на  $^{238}\text{U}$  и  $^{226}\text{Ra}$  со активности повисоки од активностите во почвите;
- Аритметичката средна вредност на специфичната активност на  $^{226}\text{Ra}$  од оваа студија е пониска во однос на вредностите објавени од ваквите студии спроведени во други земји;
- Врз основ на проценетата доза направена според најлошо сценарио не е утврден зголемен надворешен радијационен ризик од депонијата врз поединци од население.

Понатамошни истражувања за ефектите на депонијата врз животната средина се препорачуваат. Врз основ на голем број на научни студии објавени во литературата, можна е примена на фосфогипсот во градежништвото и во земјоделието.

### КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Sources and effects of ionizing radiation*. United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation, United Nations. UNSCEAR, **2000**.
- [2] A. J. Santos, P. S. Silva, B. P. Mazzilli, et al., Radiological characterisation of disposed phosphogypsum in Brazil: evaluation of the occupational exposure and environmental impact, *Radiat. Prot. Dosimetry*, 121(2), **2006**, 179–85.
- [3] F. Papageorgiou, A. Godelitsas, T. J. Mertzimekis, et al., Environmental impact of phosphogypsum stockpile in remediated Schistos waste site (Piraeus, Greece) using a combination of  $\gamma$ -ray spectrometry with geographic information systems, *Environ. Monit. Assess.*, 188 (3), **2016**, 133.

- [4] R. J. Guimond and J. M. Hardin, Radioactivity released from phosphate-containing fertilizers and from gypsum, *Radiat. Phys. Chem.*, 34 (2), **1989**, 309–315.
- [5] L. A. Attar, M. Al-Oudat, S. Kanakri et al., Radiological impacts of phosphogypsum, *J. Environ. Manage.*, 92, **2011**, 2151–2158.
- [6] S. K. Sahu, P. Y. Ajmal, R. C. Bhangare, et al., Natural radioactivity assessment of a phosphate fertilizer plant area, *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7(1), **2014**, 123–128.
- [7] S. Dimovska, T. Stafilov, R. Šajn, et al., Distribution of some natural and man-made radionuclides in soil from the city of Veles (Republic of Macedonia) and its environs. *Radiat. Prot. Dosim.*, 138, **2010**, 144–157.
- [8] З. Стојановска, *Докторска дисертација: Терестријалната радиоактивност и радонот во населените места на Република Македонија*, УКИМ, Природно математички факултет, **2010**.
- [9] N. A. Khalifa, A. M. El-Arabi, Natural radioactivity in farm soil and phosphate fertilizer and its environmental implications in Qenagovernate, Upper Egypt., *J. Environ. Radioact.*, 84(1), **2005**, 51–64.
- [10] T. Bituh, G. Marovic, Z. Franic, et al., Radioactive contamination in Croatia by phosphate fertilizer production, *J. Hazard. Mater.*, 162(2–3), **2009**, 1199–1203.
- [11] R. A. Zielinski and M. S. Al-Hwaiti, Radionuclides, trace elements, and radium residence in phosphogypsum of Jordan, *Environ. Geochem. Hlth.*, 33, **2011**, 149–165.
- [12] I. Kobal, D. Brajnik, F. Kaluzam, et al., Radionuclides in effluents from coal mines, a coal-fired powerplant, and a phosphate processing plant in Zasanje, Slovenia (Yugoslavia), *Health Physics*, 58, **1990**, 80–85.
- [13] I. Lopez-Coto, J. L. Mas, A. Vargas, et al., Studying radon exhalation rates variability from phosphogypsum piles in the SW of Spain, *J. Hazard. Mater.*, 280, **2014**, 464–471.
- [14] M. B. Rajković and D. V. Tošković, Investigation of the possibilities of phosphogypsum application for building partitioning Walls - elements of a prefabricated house, *Acta Periodica Technologica*, 33, **2002**, 71–92.
- [15] M. Mesic, L. Brezinscak, Z. Zgorelec, et al., The Application of Phosphogypsum in Agriculture, *Agric. Conspec. Sci.*, 81(1), **2016**, 7–13.
- [16] A. M. Rashad, Phosphogypsum as a construction material. *J. Clean. Prod.*, 166, **2017**, 732–743.
- [17] M. P. Campos, L. J. P. Costa, M. B. Nisti, et al., Phosphogypsum recycling in the building materials industry: assessment of the radon exhalation rate, *J. Environ. Radioact.*, 172, **2017**, 232–236.
- [18] E. Saadaoui, N. Ghazel, C. B. Romdhane, et al., Phosphogypsum: potential uses and problems – a review. *Int. J. Environ. Res.*, 74(4), **2017**, 558–567.  
<https://doi.org/10.1080/00207233.2017.1330582>

*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

**ВЛИЈАНИЕТО НА ЗАГАДУВАЊЕТО ВРЗ ЗЕМЈОДЕЛСКОТО  
ПРОИЗВОДСТВО ВО УРБАНИТЕ И ПЕРИ-УРБАНИТЕ СРЕДИНИ И  
МОЖНОСТА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА КВАЛИТЕТНА И БЕЗБЕДНА  
ХРАНА**

Татјана Миткова, Силвана Манасиевска-Симиќ, Миле Маркоски

e-mail: [tmitkova@fzh.ukim.edu.mk](mailto:tmitkova@fzh.ukim.edu.mk)

Факултет за земјоделски науки и храна, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во  
Скопје, Република Македонија

**Апстракт**

Порастот на населението, особено во урбаните средини, е придружен со присуство на индустрија, сообраќај, енергетика, депонии на разни отпадни материи и претставува причина за зголемено загадување на животната средина. Тие испуштаат големи количества гасовит, течен и цврст отпад во кој има различни полутанти: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, чад, пепел, прав, тешки метали, стакленички гасови, РМ честици, испарливи органски соединенија, радионуклеиди и др. За жал, загадувањето на воздухот и на водата предизвикуваат индиректна контаминација и на почвата која е основа за производство на здрава, квалитетна и безбедна храна во урбаните и периурбаните средини. Детални податоци за ова има презентирано Филиповски [1]. Но, и земјоделското производство, особено неговата интензификација, предизвикува деградација и загадување на почвата, а преку неа и на воздухот и водата, и подоцна и на растенијата и животните. Полутантите присутни, во долните слоеви на Земјината атмосфера, ја оштетуваат растителната клетка и предизвикуваат намален раст и развој на растенијата. Според UNECE [2], дел од земјоделските култури (пченицата и сојата) се особено чувствителни на загадувањето, додека компирот, оризот и пченката се помалку чувствителни, а најмалку јачменот. Ова е особено значајно, бидејќи овие култури се основна храна за човечката популација. Според податоците на FAO [3], 75% од глобалното загадување потекнува од емисиите на амонијак од ѓубривата и сточарските фарми. За да се намали негативното влијанието на загадувањето врз земјоделското производство и квалитетот и безбедноста на храната треба да се преземат соодветни

мерки и тоа: примена на добра земјоделска пракса (особено намалување на користењето на минерални ѓубрива и пестициди), мерки за намалување на загадувачите на воздухот и водите и мерки за деконтаминација на почвите. Практични искуства за деконтаминација на почвата со тешки метали и јаглеродородни талози во близина на урбани средини (Велес и Скопје) [4, 5], се направени со фиторемедијација од страна на авторите.

**Клучни зборови:** загадување, земјоделство, почва, безбедност на храна, фиторемедијација

### **Abstract**

Population expansion in urban zones combined with presence of industry, traffic, energy, different waste materials, represent sources of environment pollution. This sources emits large quantities of gas, liquid and solid waste that contains different pollutants: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, smoke, ash, dust, heavy metals, GHG, PM particles, volatile organic compounds, radionuclides etc. Unfortunately, air and water pollution indirectly influence soil contamination. Soil is the basis for production of food with high quality and safety in urban and peri-urban zones. Detail facts and data were presented in Филиповски [1]. Agriculture and particularly intensification of agricultural production causes soil degradation and contamination, creating imbalance and furthermore affecting air and water pollution, and finally influencing plants and animals. Ground level pollutants damage plant cells, that results in reduced plant growth and development. According UNECE [2], some crops (wheat and soybean) have been found to be more sensitive to pollution, potato, rice and maize being moderate sensitive and barley being resistant. This information is significant, since most sensitive crops are staple food for human population. According to FAO [3], 75% of global emissions originate of ammonia (NH<sub>3</sub>) emissions from fertilized land and animal waste. Reduction of pollution's negative influence to agricultural production and food quality and safety, should be combine with appropriate measures: GAP (good agricultural practices), measures to decrease air and water pollutants and measures for soil decontamination. Practical experience and knowledge for decontamination of soil with heavy metals and soil mixed with petroleum hydrocarbons in a vicinity of urban areas (Veles and Skopje) [4, 5], were made by the corresponding authors.

**Key words:** pollution, agriculture, soil, food safety, phytoremediation.

## **ВОВЕД**

Човековата околина ја сочинуваат почвите, водата, воздухот, растенијата и животните, односно четирите сфери: педосферата, хидросферата, атмосферата и биосферата. Во минатото, кога имало малку луѓе на Земјата, тие не ја деградирале природата, туку живееле во извесна рамнотежа со неа. Но, порастот на населението, особено во урбаните средини, е придружен со присуство на индустрија, сообраќај, енергетика, депонии на разни отпадни материи и претставува причина за зголемено загадување на животната средина. Тие испуштаат големи количества гасовит, течен и цврст отпад во кој има различни полутанти: SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, чад, pepел, прав, тешки метали, стакленички гасови, РМ честици, испарливи органски соединенија, радионуклеиди и др. Човекот до таа мера ја менува негативно околината, што во индустриски силно развиените региони во последно време ја загрозува и својата сопствена егзистенција.

Земјоделското производство претставува една од првите организирани активности на човекот. Почвата е основа за земјоделско производство. Како динамичен полидисперзен систем со многу функции, таа обезбедува поддршка за целиот екосистем и е во постојан контакт со другите негови компоненти (вода, воздух...). Секое нарушување, деградација, контаминација и сл. на овие компоненти влијае на почвата и обратно. Загадувањето на воздухот преку сообраќајот, термо-електроцентралите, металуршките и другите индустриски објекти и на водата преку отпадните води (комунални и индустриски) предизвикува индиректна контаминација и на почвата. Но, и земјоделското производство особено неговата интензификација, предизвикува деградација и загадување на почвата, а преку неа и на воздухот и водата, и подоцна и на растенијата и животните. Полутантите, присутни во долните слоеви на Земјината атмосфера, ја оштетуваат растителната клетка и предизвикуваат намален раст и развој на растенијата. РМ честичките ги затвораат стомите или ја блокираат светлината за нормално одвивање на фотосинтезата. Сето ова има влијание врз квалитетот и безбедноста на храната. За жал, ова загадување во урбаните и peri-урбаните средини продолжува, трае до ден денес со сите негативни последици по животната средина и здравјето на животните и луѓето.



## **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

### **Влијание на загадувањето врз почвите и растенијата**

Не е возможно здрави растенија, како и производство на квалитетна, здрава и безбедна храна, ако немаме здрава почва. Контаминацијата на почвата подразбира присуство на определена количина на токсични минерални и органски соединенија, кои најчесто не се производ на нормалните педогенетски процеси. Тие дополнително доаѓаат во почвата преку загадените атмосферски талози и воздухот, преку загадените отпадни води, како и преку зголемената и неправилна употреба на пестициди и минерални ѓубрива во земјоделското производство. Индустриските објекти како, железарниците, топилниците, термоцентралите, но и домаќинствата кои користат греење на база на нафта, кумур, дрва и друг огревен материјал, сообраќајот во големите урбани средини (лошиот квалитет на горивата, застарената технологија, недоволното прочистување на издувните гасови) го загадуваат воздухот со разни гасови и прашина често богата и со тешки метали.

Почвата се контаминира и преку отпадните води (комунални, индустриски) кои се исфрлаат во природните реципиенти, а подоцна овие води се користат за наводнување. Главна карактеристика на овие отпадни води е богатството со органски материи, вклучително и физиолошки отпад (фекалии, урина) и разни органски отпадоци (отпадоци од храна) и хемиски средства (детерџенти и др.) што се употребуваат во домаќинствата. Богати се со патогени и непатогени микроорганизми, а содржат и тешки метали и други соединенија, особено ако се мешаат со индустриските води, Филиповски [1]. На овој начин контаминираната почва е опасност за земјоделското производство, како и за подземните води кои со врнежите и со наводнувањето можат да бидат загадени.

Во нашата земја веќе се идентификувани 16 локалитети означени како „жаришта“, а почвите до ваквите жаришта се под знак прашалник за безбедно земјоделско производство.

Според FAO врз основа на [6], здрава почва е нејзиниот капацитет да функционира како жив систем, во границите на екосистемот, како и начинот на нејзиното користење за да се одржи продуктивноста на растенијата и животните, да се одржи или подобри квалитетот на водата и воздухот и да се промовира здравјето на растенијата и животните. Здравите почви го одржуваат биодиверзитетот во нив,

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

а тој помага во: контролата на болестите кај растенијата, формирајќи корисни симбиотски здруженија со кореновиот систем на растенијата; рециклирање на основните хранливи материи; ја подобрува структурата на почвата со сите позитивни влијанија за одржување на капацитетот на почвата за задржување на водата и хранливите материи и на крајот за наголемување на приносот и квалитетот од растенијата, [7].

Почвите се изложени на серија деградациони процеси што го намалуваат нејзиниот квалитет. Шест од нив, признати од страна на Европската комисија (ерозија, загуба или влошување на структурата, намалување на органската материја, салинизација и алкализација, контаминација и намалување на биодиверзитетот на почвата) се тесно поврзани со земјоделското производство.

Во период од 1964 – 2014 година, светската популација е зголемена за 136%, производството на жито за 188%, а производството на месо за 345%, [8]. За разлика од традиционалното земјоделство, во интензивното земјоделство се користи зголемена количина на ѓубрива, пестициди и машинерија. Во 2012 година FAO објави податоци за користење на 100 милиони тони азотни ѓубрива во светот. За да вршат деградација на почвата, на растенијата и на другите компоненти на животната средина, ѓубривата треба да бидат користени во претерано големи количества и, што е многу важно, составните растворливи делови (молекули и јони) на ѓубривата да ја зголемуваат концентрацијата на почвениот раствор. Со додавање на минерални ѓубрива не се врши толку деградација на самата почва, туку преку неа се јавува акумулација на штетни концентрации (особено од нитрати) во растенијата. Со промивање и ерозија на хранливите материи внесени во поголеми количини преку ѓубривата се преместуваат во подземните и површинските води и ги контаминираат. Со додавање на претерано количество на нитрати, особено за некои интензивни култури (градинарски и овошни култури во полето и особено во оранжерииите) можат да се добијат производи загадени над МДК (максимално дозволени концентрации). Некои фосфорни ѓубрива содржат извесно количество кадмиум, арсен, хром со кои може да се врши контаминација [9]. Ова секако ќе зависи од квалитетот на произведеното ѓубриво и присуството на овие елементи во истото. Можно е во нив (фосфорните ѓубрива) да има и радиоактивни материи (уран, стронциум). Општо земено, може да се каже дека оваа контаминација кај нас е мошне слаба, бидејќи количеството на минерални ѓубрива, употребени по

### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

единица површина е мало (особено во споредба со развиените земји). Тоа важи кога се зборува за просечните вредности. Исто така, кај нас не е воведен систем на контрола на плодноста, кој придонесува да се спречи загадувањето на животната средина.

Во земјоделството за уништување на штетните организми (плевели, инсекти, габи, бактерии, нематоди, глодари и др.) се применуваат пестициди кои имаат позитивен, но и негативен ефект. Пестицидите директно не ги деградираат својствата на почвата, но преку неа ги контаминираат другите компоненти на животната средина (особено површинските и подземните води). Исто така, ако се премине прагот на фитотоксичноста, можат да ги оштетат или уништат културните растенија, педофауната и почвените микроорганизми, и што е најважно, тие можат да влезат во веригата на исхраната концентрирајќи се сè повеќе и повеќе, од алка до алка, завршувајќи со човекот. Порано, а уште повеќе сега, количеството на употребените пестициди по хектар површина кај нас е многу помало отколку во развиените земји. Меѓутоа, во некои гранки (лозарство и особено овоштарство) и во некои овоштарски региони тоа количество е многу големо, со сите штетни последици за агроекосистемите (за растенијата, животните, човекот и другите компоненти на животната средина). Со некои пестициди може да се контаминира почвата и со тешки метали (контаминацијата на почвата со бакар во лозјата со примена на  $\text{CuSO}_4$ ).

Емисиите од земјоделско потекло можат да се случат во различни фази [10]: во производство на земјоделски производи, при нивната преработка, дистрибуција и консумација. Земјоделското производство влијае со  $\frac{1}{4}$  од вкупното загадување со стакленичките гасови. Според податоците на FAO [3], 75% од глобалното загадување потекнува од емисиите на амонијак од ѓубривата и сточарските фарми. Според предвидувањата на FAO до 2050 година глобалната популација ќе се зголеми на 9,1 билиони, што ќе предизвика потреба од 70% зголемување на земјоделското производство [11]. Ова секако ќе има влијание врз состојбата на почвите, како основа за производство на здрава и безбедна храна.

Деградацијата на почвите има сериозно влијание и на климатските промени и не случајно 17 земји-членки на ЕУ веќе се обврзаа да го зголемат нивото на јаглерод во почвата на годишно ниво за 0,4%, како дел од стратегиите за ублажување на климатските промени.

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Преку глобалното партнерство на почвата на FAO е потврдена улогата на почвите за здравјето на луѓето и од страна на Обединетите нации, Светската здравствена организација и Конвенцијата за биолошка разновидност. Wall et al., [12] опишуваат како почвата и нејзиниот биодиверзитет придонесуваат за здрава храна, чиста вода за пиење и воздух, како и помош да се спречат алергии кај човекот и да се контролираат епидемии од паразитски црви во инфицираните почви. Во Европа, ефектите од контаминација на почвата врз здравјето на луѓето се добро познати во истражувачките програми на EY12. Но, сега акцентот е ставен на патогените кои се пренесуваат преку почвата како потенцијална закана за здравјето на човекот, како и за почвите како извор на алергени. Не случајно ова е посебно нагласено и во последниот извештај за можностите на одржливост на почвите во Европа на Советот за наука на академиите во Европа, EASAC [13]. Во овој извештај стои дека најмалку 39 заболувања предизвикани од почвени патогени се јавуваат на глобално ниво [14], а Светското здравствено собрание на ОН ја нагласува потребата за зголемена медицинска интервенција за намалување на болестите што се пренесуваат преку почвата. Од загадените почви можат да се инфицираат луѓето кои ја обработуваат таквата почва или на некој друг начин се во контакт со неа (на пример, користење на почвата за градежни работи, игра на децата во паркови и сл.). Можностите за загадување се и преку загадените плитки подземни води, загадената вода за пиење, инфицираните растенија кои се одгледуваат на такви почви, особено ако не се добро измиени или термички обработени.

Освен преку почвата, загадувањето (аерозагадувањето) има директно влијание на растенијата: намалување на нивниот раст и развој со предвременно губење на листовите, нарушување на ткивата и појава на некроза, промена на бојата на надземните делови на растенијата. Често пати ваквите оштетувањата на растенијата предизвикани од аерозагадување може да бидат заменети или погрешно протолкувани од други фактори како биотски (бактерии, вируси, габи, нематоди, инсекти и недостаток на некои минерални материи) и абиотски фактори (ветар, вода, температура).

Основни фактори кои влијаат на степенот на оштетувања кај растенијата се: видот на полутантот, концентрација на полутантот, оддалеченост од изворот на загадување, времетраење на изложеност на загадувањето и временските услови. Други фактори кои влијаат на оштетувања кај растенијата се: локација и големина

### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

на урбаната средина, топографија на земјиштето, влажност и плодност на почвата, стадиум на развој на растенијата, годишното време и видот на растенијата. Најголеми оштетувања може да бидат предизвикани при топло, мирно, влажно време и висок воздушен притисок.

Влијанието на аерозагадувањето врз растенијата според The United Nations Economic Commission for Europe [2] на глобално ниво предизвикува намалување на приносите кај сојата за 6-16%, кај пченицата за 7-12% и кај пченката за 3-5%. Економските анализи на аерозагадувањето врз 23 култури во Европа укажуваат на намалување на приходите до 6,7 билиони евра. Според одредени испитувања кај дел од земјоделските култури, пченицата и сојата се покажале како особено чувствителни на озонското влијание; компирот, оризот и пченката помалку осетливи, а најмалку јачменот. Ова особено е значајно, бидејќи овие земјоделски култури се основна храна за луѓето.

Киселите врнежи, исто така, имаат негативно влијание врз растенијата. Тие се водени талози: дожд, снег, мраз и иње со рН вредност од 4,5-5,6. Настануваат со оксидација на полуциите, особено на SO<sub>2</sub>, азотните оксиди и производите на нивната оксидација, озонот, водород пероксидот итн. Преку стомите на лисјата, SO<sub>2</sub> може да навлезе во растението и со вода да образува сулфуреста киселина, која е токсична за растението, особено ако се јави во поголема концентрација, [15], (Слика 1).



**Слика 1.** Уништување на вегетацијата од кисели врнежи (Извор интернет)

На тој начин, доаѓа до појава на разни дегенеративни симптоми (некроза, мозаична хлороза, ситни плодови, намалување на количеството на хлорофил и сл.) и приносите силно да се намалат. Уништувањето на вегетацијата понатаму доведува до појава на ерозивни процеси со кои се губи почвената маса.

### *Загадување на Траговитије во Република Македонија: кои се решенијата?*

Влијанието на сулфур диоксидот предизвикува појава на одредени симптоми и тоа: оштетувања на листовите со појава на кафено- црвени до црни дамки, при што и горната и долната страна на листот се оштетени, а лисните нерви остануваат неоштетени; хлороза и постепено белеење на ткивата е честа појава; намалување на раст; намалување на принос; дефолијација при што младите листови се најосетливи на сулфур диоксид. Симптомите се најизразени при топло, влажно време во пролет и рано лето. Најголеми оштетувања се јавуваат кај растенијата кои се во радиус од 1 до 5 km од изворот на загадувањето, но можат да предизвикаат оштетувања и на 30 km од изворот. Кај осетливите растенија симптомите се забележуваат при концентрација од 0,5 ppm за времетраење од 4 часа или на 0,25 ppm за 8 до 24 часа. Растенијата се со различна осетливост на влијанието на сулфур диоксид. Во осетливи растенија спаѓаат: луцерка, амарант, јаболко, кајсија, јавор, јачмен, грав, бреза, бегонија, боровинка, морков, детелина, зелка, салата, модар патлиџан, малина, овес, домат, топола, петунија, бор, тиква, рж, соја, спанаќ, компир, пченица, капина и др. Додека во средно отпорни растенија спаѓаат: ричинус, целер, хризантема, цитруси, пченка, краставица, гинко, гладиола, тиквички, хибискус, рен, ирис, јоргован, јавор, даб, кромид, компир, соргум, лале, врба и др. [16].

Азотните оксиди и други органски испарливи соединенија се прекурзори за создавањето на озонот во долните слоеви на Земјината атмосфера. Влијанието на озонот ги предизвикува следните симптоми: разградување на ткиво, венска некроза, хлороза, намалување на раст, стопирање на цветање и појава на пупки. Особено влијание е забележано на листови кај тутун, винова лоза и цитруси, при што предизвикува дефолијација. Постарите листови се најосетливи. Осетливите растенија реагираат при концентрација на озон од 0,04 ppm до 1,0 ppm. Растенијата различно реагираат на влијанието на озонот, дел од нив се многу чувствителни растенија и тоа: луцерка, кајсија, авокадо, јачмен, грав, репка, бегонија, бреза, брокула, каранфил, морков, целер, цикорија, кинеска зелка, хризантема, цитруси, детелина (црвена), пченка (сладок), коприва, јоргован, липа, јавор, невен, нане, мимоза, даб, овес, кромид, орхидеја, магнонос, праска, кикирики петунија, бор, компир, тиква, ротквица, 'рж, спанаќ, тиква, јагода, сладок компир, боровинка, лалиња, репа, орев, пченица и врба; а дел се малку отпорни растенија како: памук, краставица, гераниум, гладиоли, смрека, тиса [15, 16].

За време на експлоатацијата, транспортирањето, преработката како и при несоодветното складирање на нафтата и нафтените деривати може да дојде до загадување на животната средина. Опасноста е голема и при нивното користење како извор на енергија во сообраќајот, топланите и електраните. Производите како резултат на нивното согорување ги контаминираат сите компоненти на животната средина (почва, воздух, вода и живиот свет).

### **ЗАКЛУЧОК - КОИ СЕ РЕШЕНИЈАТА?**

За да се намали негативното влијанието на загадувањето врз земјоделското производство и квалитетот и безбедноста на храната треба да се преземат соодветни мерки и тоа:

- мерки за намалување на загадувачите на воздухот и водите,
- мерки за деконтаминација на почвите и
- примена на добра земјоделска пракса (намалување и правилна употреба на минерални ѓубрива, правилна примена на средствата за заштита на растенијата со почитување на нивната каренца, селективност, подеградабилни, помалку токсични, во помали дози и нивно ротирање, хумизација, правилно наводнување, правилна обработка на почвата).

Кога станува збор за почвата како компонента на животната средина и нејзиното значење за земјоделското производство, односно за производството на квалитетна, здрава и безбедна храна, помеѓу првите работи што треба да се направат е:

1. Донесување на Закон за почви;
2. Воведување на мониторинг. Мониторингот би требало да се разгледува и спроведува како:
  - мониторинг и заштита на земјоделското земјиште (систематска контрола на плодноста на почвата, испитување на содржината на тешки метали и други штетни материи во почвата, проучување на влијанието на ѓубривата и на пестицидите врз квалитетот и приносот од земјоделските култури и промените на хемиските својства на почвата и квалитетот на водите за наводнување) и
  - мониторинг на почвите од аспект на заштитата на животната средина и одржливиот развој (систематско следење на квалитетот на почвите преку следење на индикаторите за оцена на ризикот од деградација на почвите,

како и преземање и спроведување на ремедијациони мерки за отстранување на последиците од контаминацијата и деградацијата на почвите, без разлика дали тие се случуваат по природен пат или станува збор за антропогена деградација).

3. Мерките за деконтаминација на почвата може да се поделат во две групи:

- мерки (превентивни и директни) за намалување или отстранување на контаминацијата воздухот и водите, бидејќи тие се причина за контаминација на почвите и
- мерки за намалување или отстранување на контаминацијата на почвите. Мерките од втората група, во зависност од почвата и видот на загадувачот, се темелат на хемиски, физички и микробиолошки процеси или нивна комбинација. Во литературата постојат голем број на постапки кои можат да се групираат во четири групи: пнеуматски, термички, методи на промивање на почвата заедно со загадувачот и биолошки методи.

За тешки метали во пракса се предлагаат повеќе начини за ремедијација со која треба да се намали достапноста (растворливоста) на тешките метали во почвата:

- со промена на рН вредноста на почвениот раствор;
- со внесување на високи дози на фосфорни ѓубрива, кои ја намалуваат киселоста и растворливоста на соединенијата на некои тешки метали;
- со наголемување на содржината на органска материја (внесување на големи количества на шталско ѓубре);
- примена на катјонски јоноизменувачки смоли;
- разредување на количеството на тешки метали во почвата со мешање на почвената маса;
- забрана на земјоделско производство на почви загадени со тешки метали и други полутанти;
- одгледување на култури отпорни на аерозагадувањето;
- фиторемедијација (субвенционирање на култури наменети за оваа мерка);
- отстранување на депонијата со згура од Топилницата во Велес, според проценките на стручњаците тешка 1,7 милиони тони. (Слика 2).



*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*



Слика 2. Депонијата со згура во Велес според проценките на стручњациите тешка 1,7 милиони тони (една од 16-те црни еко-точки во Македонија), извор интернет

Практични искуства за деконтаминација на почвата со тешки метали и јаглеводородни талози во близина на урбани средини (Велес и Скопје) [4,5], се направени со фиторемедијација од страна на авторите.



Слика 3. Опит фиторемедијација поставен по рандомизиран блок систем



Слика 4. Култури за фиторемедијација: пченка, маслодајна репа, бела детелина и луцерка

### Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

На Слика 3 и 4 е прикажан опитот со фиторемедијација на почвите загадени со тешки метали во околината на Велес каде се користат културите: пченка (*Zea mays*), маслодајна репа (*Brassica*), бела детелина (*Trifolium repens*) и луцерка (*Medicago sativa*) поставени по рандомизиран блок систем во 4 повторувања.

Резултатите за вкупната содржина на тешки метали во почвата покажаа дека сите три елементи се присутни над максимално дозволените концентрации, што значи дека почвите не се безбедни за производство на здрава храна, но оваа состојба на загаденоста на почвата е погодна за спроведување на мерката фиторемедијација која не е многу ефикасна кога станува збор за поголема содржина на тешки метали во почвата. Споредбата меѓу испитуваните култури во текот на тригодишното истражување во однос на коефициентот на биоакumulацијата (извлекување на тешките метали од почвата) покажа дека: луцерката дава добри резултати во однос на Pb, маслодајна репа и бела детелина за Cd и за Zn луцерка и бела детелина, [4].

На Сликите (5, 6, 7 и 8) е прикажан опитот со фиторемедијација на почва измешана со јаглеводороден талог (подготовка на парцелите за фиторемедијација по рандомизиран блок систем во три повторувања, со три култури во есенска сеидба: рж (*Secale cereale* L.) со висок потенцијал за фиторемедијација на почва со јаглеводороден талог; пченица (*Triticum aestivum* L.) и јачмен (*Hordeum vulgare* L.) со потенцијал на толеранција на почви со јаглеводороден талог и три култури во пролетна сеидба: сирак (*Sorghum vulgare* L.) со висок потенцијал за фиторемедијација на почва со јаглеводороден талог и пченка (*Zea mays* L.) и маслодајна репка (*Brassica napus* L.) со потенцијал на толеранција на почви со јаглеводороден талог, [5].

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*



**Слика 5.** Подготовка на парцелата за есенска сеидба



**Слика 6.** Поникнување на културите: пченица, јачмен и рж (есенската сеидба)



**Слика 7.** Пченица, јачмен и рж (есенската сеидба)



**Слика 8.** Поникнување на културите: сирак, маслодајна репа и пченка, (пролетна сеидба)

Овој опит е во тек и се очекува да се добијат резултати односно да се направи квантификацијата (ефикасност) на ефектот од фиторемедијацијата на почвата



измешана со јаглеводороден талог со различните култивирани растителни видови; потоа класификација на растителните култивирани видови во зависност од резултатот добиен со фиторемедијација, селекција на култивирани растителни видови со најдобар потенцијал за фиторемедијација, детерминација на импактот од фиторемедијацијата на почвата измешана со јаглеводороден талог врз животната средина, можности за производство на култури со висок принос и добар квалитет на почва измешана со јаглеводороден талог како и фиторемедијација на почвата измешана со јаглеводороден талог во функција на безбедност на храна, производство на храна со ниски вложувања и заштита на екосистемот.

#### **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Ѓ. Филиповски, *Деградација на почвите како компонента на животната средина во Република Македонија*, Македонска академија на науките и уметностите, Скопје, 2003.
- [2] <https://www.unece.org/environmental-policy/conventions/envlrapwelcome/cross-sectoral-linkages/air-pollution-and-food-production.html>
- [3] FAO (2001). *Global Estimates of Gaseous Emissions of NH<sub>3</sub>, NO and N<sub>2</sub>O from Agricultural Land*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- [4] T. Mitkova, T. Prentovic, M. Markoski, Phytoremediation of Soil Contaminated with Heavy Metals in The Vicinity of the Smelter for Lead and Zinc in Veles, *Agric. Conspec. Sci.*, 80, **2015**, 53–57
- [5] S. Manasievska-Simikj, T. Mitkova, M. Markoski, J. Vasin, A. Stamatoska, M. Georgievska, T. Rikaloska, I. Rikaloski. Initial approach for phytoremediation of petroleum hydrocarbons-mixed soil at oil industry in Skopje region. *Global Symposium on Soil Pollution*, FAO Hq, Rome, Italy, Proceedings, **2018**, 728–737
- [6] C. Pankhurst, et al, *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International Wallingford, UK, 1997.
- [7] FAO (2008). *An International Technical Workshop Investing in Sustainable Crop Intensification: The Case for Improving Soil Health*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome
- [8] FAOSTAT, <http://faostat3.fao.org/>
- [9] P. Sekulić, R. Kastori, V. Hadzić, *Zaštita zemljišta od degradacije*, Naučni Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 2003.
- [10] V. P. Aneja, W. H. Schlesinger, J. W. Erisman, Farming pollution. *Nat. Geosci.*, 1, **2008**, 409–4011.
- [11] S. Feifei, Y. Dai, Y. Xiaohua, Air pollution, food production and food security: A review from the perspective of food system. *J. Integr. Agric.*, 16(12), **2017**, 2945–2962.
- [12] D. Wall, et al. Soil biodiversity and human health. *Nature* 528, **2016**, 69–76.
- [13] EASAC (Academies' Science Advisory Council). *Opportunities for soil sustainability in Europe*. Policy report 36, Soil sustainability, **2018**.

*Затадување на траговите во Република Македонија: кои се решенијата?*

- [14] S. Jeffery and W. van der Putten, *Soil Borne Human Diseases*, European Commission, Joint Research Centre Scientific and Technical Report, Publications Office of the European Union, 2011.
- [15] М. Мулев, *Екологија на растенијата*, Основен учебник, Природно-математички факултет, Скопје, **2003**, 89–106
- [16] E. J. Sikora, A. H. Chappelka, *Air Pollution Damage to Plants*, ANR-913, 2004.  
[www.aces.edu](http://www.aces.edu)
- [17] <https://extension.umd.edu/learn/air-pollution-effects-vegetables>

## **КОНТАМИНАЦИЈА НА ПОЧВАТА И ЗЕМЈОДЕЛСКИТЕ КУЛТУРИ СО ТЕШКИ МЕТАЛИ ВО ВЕЛЕС И НЕГОВАТА ОКОЛИНА И МОЖНИ РЕШЕНИЈА**

Марјан Андреевски, Душко Мукаетов, Христина Попоска

e-mail: m.andreevski@zeminst.edu.mk

Земјоделски институт, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република  
Македонија

### **Апстракт**

Во овој прегледен труд се изнесени податоци од истражувањата на некои тешки метали во почвите, земјоделските култури, анималните производи и вино од Велес и неговата блиска околина. Од сопствените и од податоците на другите истражувачи може да се констатира зголемена содржина на некои тешки метали во почвата, земјоделските култури, анималните производи и вино во реонот на Велес и неговата поблиска околина. Главната причина за ваквата состојба е долгогодишното работење на топилницата за олово и цинк. Содржината на тешки метали во почвата и земјоделските култури е највисока во најблиските локалитети од топилницата за олово и цинк и опаѓа со оддалечување од изворот на загадувањето, но тоа опаѓање не е пропорционално и зависи од движењето на воздушните маси и ветровите. Металуршкиот комплекс не работи 15 години, но последиците од депонираните тешки метали во почвата ќе се чувствуваат и во иднина. Во непосредна близина на топилницата се наоѓа депонија од згура, богата со токсични метали, кои ветерот ги разнесува и таложи на околните почви и растенија. Во овој труд се предложени мерки за разрешување на состојбата со загадување на почвата и земјоделските култури. Овие мерки ќе се состојат од подетални истражувања на почвите и земјоделските култури, како и мерки за рекултивација на почвите и избор на соодветни земјоделски култури.

**Клучни зборови:** контаминација, почва, земјоделски култури, тешки метали, Велес

## **Abstract**

This review article summarizes data related to the past investigations of heavy metals content in soils and agricultural crops in the area of Veles and its vicinity. Within our own and other authors investigations, a higher content of heavy metals has been reported in the soil and agricultural crops in the region of Veles and its surroundings. Main reason for this situation is the long term operation of the lead and zinc smelter in this region. For these reason, the content of heavy metals in soil and agricultural crops has the highest values at locations which are closer to the factory and gradually declines as the distance of the sites increases, from the source of pollution. The metallurgical complex was closed 15 years ago, but the negative effects of heavy metals deposited in the soil are still present. Adjacent to the smelter, an dump site of slag rich in toxic metals is located. This material rich with heavy metals, is spread by the wind and deposited on surrounding soils and plants. In this paper a measures for resolving of this unfavorable situation of contamination of soils and agricultural crops, will be proposed. These measures in fact will be aimed towards future detailed research on soil and crops in this area, as well as measures for remediation of the contaminated soils with selection of appropriate agricultural crops.

**Key words: contamination, soil, agricultural crops, heavy metals, Veles**

## **ВОВЕД**

Контаминацијата на почвата со тешки метали може да биде природна и антропогена. Многу поопасна и поинтензивна е антропогената контаминација, која може да настапи релативно бргу. Во голем дел антропогената контаминација се врши во форми на тешки метали кои се достапни за растенијата. Овие форми ги користи растението и затоа се потоксични.

Контаминацијата на почвата и земјоделските култури со тешки метали во Велес и неговата поблиска околина се врши со глобална и локална контаминација. Глобалната контаминација доаѓа од пооддалечени региони и полутантите се присутни помалку или повеќе во атмосферата на целата Земјина топка. Главно контаминацијата на почвите и земјоделските култури во Велес и неговата околина е од локални извори. Локалната контаминација се врши од сообраќајот, примена на агрохемикалии (пестициди и минерални ѓубрива), металургискиот комплекс

„Злетово“ и други индустриски капацитети во градот, депонијата од згура и согорување на цврсти и течни горива за затоплување на домаќинствата.

Металургискиот комплекс „Злетово“ не работи петнаесетина години но последиците од работењето на топилницата ќе се чувствуваат и понатаму. За време на 30 годишното работење на топилницата во атмосферата се емитирани големи количини на полутанти од кои тешките метали се најзначајни. Со пржење на олово-цинковите концентрати, покрај оловото и цинкот во атмосферата се емитирани и други токсични тешки метали како кадмиум, арсен, бакар, жива, индиум, антимон и др. Овие тешки метали со сува и влажна депозиција се таложени на околните почви и растенија. Во непосредна близина на металургискиот комплекс се наоѓа депонија од згура од топилницата која е богата со тешки метали. Според Филиповски [1] содржината на Pb во згурата изнесува 1,55%, Zn 7,63%, Cu 0,35%, S 2,1% и FeO 36,1%. Оваа депонија не е заштитена и ветерот ги разнесува тешките метали на околните почви и земјоделски култури.

Цел на овој труд е да се сумираат досегашните истражувања на контаминацијата на почвите со тешки метали во Велес и неговата поблиска околина, како и содржината на овие тешки метали во тревниците, земјоделските култури и хранливите продукти. За намалување на последиците од присутните тешки метали ќе препорачаме некои технички, биолошки, агромелиоративни и агротехнички мерки и мерки на прилагодување на земјоделското производство.

## **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД НА РАБОТА**

Материјал за работа се почвите, тревниците, земјоделските култури и хранливите продукти кои потекнуваат од подрачјето на Велес и неговата поблиска околина.

Методот на работа се состои од споредба на содржината на токсични тешки метали во почвите, земјоделските култури и хранливите продукти со целните и интервентните вредности, односно максималното ниво на тешки метали во земјоделските култури и хранливите продукти.

## **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

Од тридесетинското работење на металургискиот комплекс „Злетово“, а помалку и од други извори на загадување констатирана е контаминација на



### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

животната средина, а во тој контекст и на почвите и земјоделските култури и хранливите продукти со тешки метали во градот Велес и неговата поблиска околина.

За разлика од други жешки точки во републиката, за подрачјето на Велес и неговата поблиска околина во литературата се сретнуваат поголем број на податоци за содржината на тешки метали во почвите, земјоделските култури и хранливите продукти.

Во периодот од 1982-1985 година Џекова [2] ги имаат определено вкупните и достапни форми на Pb и Zn на оддалеченост од 200 и 250 m од топилницата и на други три локации во градот и неговата околина. На локалитетите оддалечени 200 и 250 m од топилницата (0-20 cm) констатирале неколкукратно повисоки вредности за вкупно олово и цинк од интервентните вредности, а на останатите локалитети вредностите се движеле меѓу целните и интервентните вредности, освен за локалитетот градски парк каде содржината на вкупно олово била повисока од интервентните вредности. Вредностите за содржината на Pb и Zn за слојот од 20-40 cm значително биле пониски, на некои локалитети дури и пониски од целните вредности што значи дека контаминиран бил главно површинскиот слој од 0-20 cm длабочина.

Заради непостоење на законска регулатива во нашата република за максимално дозволените концентрации на вкупни форми тешки метали во почвите во натамошното излагање ќе ги користиме холандските стандарди [3] кои се мошне ригорозни. Според овие стандарди (табела 1), доколку содржината на тешки метали во почвата е под целните вредности без ограничување може да се одгледуваат сите земјоделски култури. Ако содржината на тешки метали е помеѓу целните и интервентните вредности, потребен е правилен избор на земјоделски култури, следење на содржината на достапните форми тешки метали и содржината на тешки метали во растенијата. Доколку содржината на тешки метали е над интервентните вредности, таквата почва не е за земјоделско производство и е потребна ремедијација.

**Табела 1.** Гранични вредности за вкупни форми тешки метали во почва

Елемент	Целни вредности	Интервентни вредности
As	29	55
Cd	0,8	12
Cu	36	190
Hg	0,3	10
Pb	85	530
Sb	3	15
Zn	140	720

Податоци за вкупните и достапни форми на тешки метали (Pb и Cd) во непосредна близина на топилницата за олово и цинк и во с. Иванковци на оддалеченост од 10 km. Според Филипovski [1] на растојание од 200 m од топилницата за олово и цинк е регистрирано 6800 mg/kg, додека на растојание од 700 m имало 364,8 mg/kg вкупно олово. Во контролната варијанта с. Иванковци на оддалеченост од 10 km од топилницата имало само 22,8 mg/kg вкупно олово и 0,2 mg/kg вкупен кадмиум. Според истиот автор на растојание од 700 m од топилницата за олово и цинк регистрирано е 5,7 mg/kg кадмиум. Ако ги споредиме добиените податоци со податоците од табела 1 ќе видиме дека на растојание од 200 m од топилницата содржината на олово е многукратно повисока од интервентните вредности, додека на растојание 700 m од топилницата е значително пониска и е меѓу целните и интервентните вредности. Содржината на Cd на 700 m оддалеченост е помеѓу целните и интервентните вредности. Во контролната варијанта содржината на Pb и Cd е под целните вредности.

Во периодот од 1976-1979 година [1] ја определиле содржината на вкупни форми тешки метали (Pb, Cd и Zn) во почва на локации во близина на топилницата (Башино Село, Речани, Дрењевица и Унка) а како контролна варијанта било с. Иванковци. Тие ја определиле содржината на овие тешки метали во обработена и необработена почва на длабочина од 0-5 и под 20 cm. Тие констатирале дека содржината на тешки метали во слојот од 0-5 cm е повисока во необработената во споредба со обработената почва. Во сите локалитети и во обработена и необработена почва содржината на тешки метали е пониска во вториот слој.

### *Затадување на Трговиште во Република Македонија: кои се решенијата?*

Разликата во содржината на тешки метали меѓу вториот и првиот слој е поголема во необработената почва. Содржината на тешки метали во контролната варијанта оддалечена 10 km од топилницата е под целните вредности, освен за две површински почвени проби каде содржината на кадмиум е малку покачена над целните вредности. Во локациите во близина на топилницата содржината на тешки метали во најголем дел од почвените проби е меѓу целните и интервентните вредности, во помал дел вредностите се под целните вредности, а во две почвени проби за Cd и една за Zn содржината ги надминува интервентните вредности.

Според податоците [4] за вкупната содржина на олово во почвата на три длабочини (од површина, 10 cm и 50 cm) од шест локации од Велес и неговата околина. Содржината на вкупно олово е најниска во двете најоддалечени локации (фабрика Нонча Камишова и с. Долно Каласлари). Во сите локации содржината на вкупно олово значително се намалува со длабочината и во најголем дел од почвените проби е под целните вредности или малку над нив. Во 5 површински и 3 почвени проби од 10 cm длабочина содржината на вкупно олово ги надминува интервентните вредности.

Според испитувањата на Стафилов и соработниците за содржината на вкупно олово и цинк [5] во почва на растојание од 1, 1,5 и 3 km од топилницата за олово и цинк. Содржината на вкупно олово на растојание од 1 km изнесувало 269 mg/kg, 190 mg/kg на растојание од 1,5 km и на оддалеченост од 3 km 175 mg/kg. На растојание од 1 km содржината на вкупен цинк изнесувала 40,5 mg/kg, на 1,5 km 31,2 mg/kg и на оддалеченост од 3 km 30,7 mg/kg. Од овие податоци може да се заклучи дека содржината на вкупно олово е над целните вредности но под интервентните (530 mg/kg) додека содржината на вкупен цинк е под целните вредности.

Стафилов и Јордановска [5] ја определиле вкупната содржина на кадмиум во почвата и установиле дека на растојание од 1 km вкупната содржина изнесува 20,4 mg/kg, на растојание од 1,5 km 14,6 mg/kg и 13,5 mg/kg на растојание од 3 km. Од овде може да се види дека и на најоддалечената локација вредностите се над интервентните.

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

На оддалеченост од околу 500 m од топилницата во локалитетот Шорка на алувијални почви кои се користат за земјоделско производство, испитувана е содржината на вкупни и достапни форми на Pb, Cd и Zn [6]. Почвените проби се земени од 0-20 и 20-40 cm длабочина. И за двете длабочини содржината на вкупни форми Cd е над интервентните вредности, додека содржината на Pb и Zn е над целните но под интервентните вредности. Во споредба со локалитетот с. Извор оддалечен 20 km од топилницата (контролна варијанта) учеството на достапните кон вкупните форми тешки метали е повисоко во локалитетот близу до топилницата. Ова укажува дека контаминацијата со тешки метали во близина на топилницата се врши во голема мера со достапни форми кои растенијата лесно ги усвојуваат.

Во периодот од 2008 до 2010 година на десниот брег на реката Вардар на алувијални почви во градското подрачје на Велес е поставен опит за ремедијација на контаминирани почви со тешки метали [7]. Почвените проби се земени од 0-20 и 20-40 cm длабочина. Просечната содржина на вкупно Pb од двете длабочини изнесува 176 mg/kg, Cd 5,58 mg/kg и Zn 330 mg/kg. Од овие податоци може да се види дека содржината на вкупни форми тешки метали е над целните но под интервентните вредности.

Податоци за вкупни форми на As, Pb, Zn, Cd и Cu од пет бавчи од Велес (ораничен слој) презентираат [8]. Од нивните податоци може да се види дека содржината на As во испитаните почви е под целните вредности, додека содржината на Cd е над целните но под интервентните вредности. Содржината на вкупен Cu не е висока. Во три од пет почвени проби вредностите се под целните, а во две незначително повисоки од целните вредности. Освен тоа бакарот е биогеен хранлив елемент. Во 4 почвени проби содржината на Pb и Zn е над целните вредности, а во една проба под целните вредности.

Најдетални истражувања за содржината на вкупни форми тешки метали во Велес и неговата поблиска околина извршиле [9, 10]. На површина од 36 km<sup>2</sup> земени се 201 почвени проби од 0-5 cm длабочина. Тие констатирале антропогена геохемиска асоцијација на хемиски елементи (As, Cd, Cu, Hg, In, Pb, Sb и Zn) кои се внесени во животната средина како резултат на човековите активности, односно работењето на металургискиот комплекс „Злетово“. Од нивните резултати може да

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

се констатира дека во истражуваното подрачје сите минимални вредности се под целните вредности, додека сите максимални вредности се над интервентните вредности. Медијаната и аритметичката средна вредност за As, Hg и Sb е под целните вредности, додека Cd, Cu, Pb и Zn е над целните но под интервентните вредности.

Од досегашното излагање може да се заклучи дека содржината на некои токсични тешки метали во почвите на подрачјето на Велес и неговата поблиска околина е зголемена и во најголем дел тоа е резултат на тридецениското работење на металургискиот комплекс. Најсилна е контаминацијата во непосредна близина на топилницата и опаѓа со оддалечувањето. Но намалувањето на контаминацијата со оддалечувањето не е пропорционално туку зависи и од движењето на воздушните маси и ветрови. Заради тоа содржината на тешки метали на некои локации е екстремно висока, а на некои вредностите се дури пониски и од целните вредности. Значајно е да се спомене дека контаминацијата значително се намалува во подлабоките слоеви на почвата.

На еден дел од површините во градското подрачје се одгледуваат земјоделски култури, главно градинарски, кои се пласираат на локалниот пазар, но и на други пазари низ републиката. На тревниците се напасува добиток а тешките метали се акумулираат во месото, млекото и нивните преработки. Растенијата ги усвојуваат тешките метали главно преку коренот и тие се вградуваат во ткивото. Од незаштитената депонија на згура, а помалку и од други извори тешките метали се таложат и на надземната маса на растенијата. Кај некои земјоделски култури со отстранување на нејадливиот дел и добро миење значително се намалува содржината на тешки метали депонирани на надземната маса. Кај некои е тоа отежнато, како на пример лиснатиот зеленчук кој формира главици. Се разбира, оној дел на тешки метали кој е вграден во ткивото не може да се отстрани.

Во периодот од 1982-1985 година [2] Џекова ја определиле содржината на олово во некои градинарски култури, пченица и јачмен. Сите земјоделски култури содржеле повеќе олово од максималното ниво. Содржина на Pb и Cd во зелка и салата над максималното ниво [6].

### *Затадување на траговите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Стафилов [4] соопштуваат податоци за содржина на Pb во градинарските и овошните култури. Содржината на Pb во јагодите, прешите и зелката е под максималното ниво, додека во компирот и кромидот е двојно повисока од максималното ниво. Во немиените јагоди содржината на олово е 7,4 пати повисока, во споредба со миените, а во прешите двојно повисока. Ова укажува дека еден дел од оловото се депонира со сува или влажна депозиција на плодовите.

Податоци за содржината на кадмиум во разни зеленчуци од Велес на растојание од 1, 2 и 3 km од топилницата соопштуваат Стафилов и Јордановска [5]. Во некој од зеленчуците како кромид, зелка, краставица и праз е констатирана содржина пониска од максималното ниво, додека во магданос и салатата е констатирана за 8,5 пати повисока од максималното ниво, штавел за 7 пати, морков за 4 пати и спанаќ за 6,5 и 10 пати.

Филиповски [1] ја испитувале содржината на Pb, Cd и Zn во зеленчуци и овошја (салата, спанаќ, кромид, пипер, домати, кајсија, грозје) од три локации во близина на топилницата (Дрењевица, Речани и Башино Село), а како контролна варијанта е земено с. Иванковци оддалечено 10 km. Тие констатирале дека содржината на Pb и Cd во сите култури од околината на Велес е повисока од максималното ниво. Во споредба со контролната варијанта содржината на Pb е за 2,4 до 28 пати повисока во локациите во близина на Велес, содржината на Cd за 6 до 25 пати и содржината на Zn за 1,40 до 13 пати.

Биле констатирани значително пониски вредности за Pb и Cd во зеленчуци и овошја од локации во близина на топилницата (Дрењевица, Речани, Башино Село и Унка) [1]. Но и овие вредности во најголем број случаи го надминуваат максималното ниво на олово и кадмиум, односно од 34 мостри во сите е констатирана содржина на олово над максималното ниво а содржината на кадмиум во 22 мостри.

Од понов датум се податоците што ги презентираат Панчевски [11, 12] за содржината на Pb и Cd во салатата, морков, млад кромид и млад лук од три градини од Велес. Според овие автори содржината на Pb и Cd во салатата е пониска од максималното ниво, додека во морков, млад лук и млад кромид е повисока од максималното ниво. Содржината на олово во морков е за 2 до 12 пати повисока (за

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Cd од 2 до 4,4 пати), во млад лук за 4,4 до 6,3 пати (за Cd од 1,2 до 5,6 пати) и во млад кромид од 3,9 до 5,2 пати (за Cd 1,8 до 5,2 пати) повисока од максималното ниво. Тие ја испитувале и содржината на Pb и Cd во миени и немиени зеленчуци (салата, млад лук и млад кромид) и установиле дека содржината на тешки метали е повисока во немиените зеленчуци. Ова упатува на заклучок дека еден дел од тешките метали се таложи на надземната маса со сува и влажна депозиција.

Петков [13] соопштуваат податоци за содржината на Pb, Cd и Zn во 4 тревници одалечени 2 km од топилницата и две контролни варијанти оддалечени 40 km. Содржината на Pb во контролните варијанти изнесувало 3,1 и 4,2 mg %, Cd 0,3 и 0,5 mg % и Zn 17 и 28 mg %, додека во тревниците во близина на топилницата содржината на Pb се движела од 22-52 mg %, на Cd од 1,02-4,71 mg % и на Zn од 168-312 mg %. И од овие податоци може да се констатира значително зголемување на содржината на овие тешки метали во тревниците во близина на топилницата од кои се напасува добиток. Зголемената содржина на тешки метали во растенијата резултира и со зголемување на содржината во нивните преработки. Влегувајќи во веригата на исхраната, тешките метали се јавуваат и во анималните производи (месо, млеко, јајца, сирење и др.)

Јордановска и Стафилов [14] ја испитувале содржината на Pb, Cu и Zn во бели и црвени вина од Кавадаречкиот и Неготинскиот регион, а во Велешкиот регион и содржината на Cd. Од Велешкиот регион биле испитувани 6 бели вина во шишиња и едно од домашно производство и 7 црни вина во шишиња и едно од домашно производство. Во сите мостри содржината на тешки метали била под дозволените количини, со исклучок на едно бело вино во шише и едно црвено вино од домашно производство од Велешкиот регион, каде содржината на Pb е над дозволените количини. Во споредба со Кавадаречкиот и Неготинскиот регион, содржината на Pb и Zn во вината од Велешкиот регион е значително поголема.

Во една мостра на црвено вино во шише од Велешкиот регион испитувана е содржината на Pb, Zn, Cu и Cd [15]. Содржината на испитуваните тешки метали била под дозволените количини.

Цветковиќ и Андреевски [16] ја испитувале содржината на Pb, Cd и Zn во 7 вина од Велешкиот регион произведени во домашни услови и 6 вина во шишиња,

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

произведени во винарската визба „Лозар“ од Велес. Тие констатирале дека содржината на тешки метали во вината во шишиња од винарската визба „Лозар“ е под дозволените количини. Во домашните вина содржината на Cd е под дозволените количини, додека Pb во сите мостри е над дозволените количини, а во 4 вина и содржината на Zn е над дозволените количини. За да се види дали ниските температури во текот на зимскиот период предизвикуваат таложење на тешките метали, две проби биле повторно анализирани неколку месеци по првите анализи. Како резултат на ниските температури предизвикано е таложење на тешките метали но некои параметри сè уште биле над дозволените количини.

Филиповски [1] соопштува податоци за содржината на Pb, Cd, As и Hg во прехранбени продукти од анимално потекло од регионот на Велес и од други делови на републиката. Од презентираниите податоци може да се заклучи дека во сите мостри од регионот на Велес во бубрезите и црниот дроб на овци и јуниња е констатирана содржина на олово над максималното ниво. Резидуите на As се движат под максималното ниво.

Во сите мостри (5 мостри сирење и 4 јајца) е утврдена содржина на Pb над максималното ниво, а во една мостра сирење и содржината на Cd е над максималното ниво. Содржината на As и Hg е под максималното ниво.

На тревници во близина на топилницата од кои се напасувале овци Петков [13] констатирале зголемен процент на абортуси, намалување на хемоглобинот за скоро половина, изразита анемија и разни нарушувања во централниот нервен систем, гастро-интестиналниот тракт и мускулатурата.

Од изложените податоци може да се констатира дека контаминација на почвите, земјоделските култури и хранливи продукти со тешки метали е главно резултат на тридецениското работење на металургискиот комплекс „Злетово“, а помалку и од други извори кои беа спомнати погоре. Металургискиот комплекс не работи петнаесетина години, но депонираните тешки метали на почвата за време на неговото работење и во иднина ќе претставуваат голем еколошки проблем, ако се знае дека тешките метали се нераспадливи. Од незаштитената депонија од згура, тешките метали со ветер се разнесуваат на околните почви, тревниците и земјоделските култури. Еден дел од овие тешки метали се разнесуваат и во самото



## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

градско подрачје на улиците, паркови, игралишта, дворни површини и слично, а еден дел од нив граѓаните директно ги внесуваат преку респираторниот систем.

За намалување на последиците од контаминацијата со тешки метали потребно е да се преземат соодветни технички, агротехнички, биолошки и агромилиоративни мерки и мерки на прилагодување кон постоечката состојба.

Најургентно, без одлагање треба да се покрие депонијата од згура, со што ќе се спречи разнесување на тешките метали во животната средина. Заради високата содржина на тешки метали во згурата која во иднина може да послужи како суровина за екстракција на метали, покривањето не треба да се врши со почвен или геолошки материјал, туку со друг соодветен материјал кој може лесно да се отстрани.

Друга мерка е подготвување на карта со тешки метали според начинот на искористување на земјиштето. Ова се наметнува од причина што при различни начини на користење и граничните вредности за содржината на тешки метали се различни (табела 2).

**Табела 2.** Гранични вредности на вкупната содржина на метали (mg/kg) во почвата при различен начин на користење [17]

Начин на користење на почвата	Почва	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	U	V	Zr	Zn
Можност за мултифункционално користење	A	40	100	1	1	50	0,5	2	50	300	150
Детски игралишта	B	40	200	2	5	50	0,5	2	50	300	300
	C	200	1000	10	20	250	10	10	200	1500	2000
Околукуќници и мали бавчи	B	80	300	4	5	100	2	5	100	500	300
	C	200	1000	10	10	500	20	20	400	2000	600
Спортски терени	B	100	200	2	5	50	2	2	50	300	300
	C	250	1000	5	20	250	20	10	200	1500	2000
Паркови и јавен простор	B	100	500	4	10	200	5	10	200	1000	1000
	C	250	2000	20	50	1000	30	50	800	3000	3000
Индустриски површини	B	200	1000	10	15	200	10	20	200	1000	1000
	C	500	2000	50	70	1000	30	100	800	3000	3000

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Земјоделски површини, овоштарници и градини	В	100	500	5	5	100	2	10	100	500	300
	С	200	1000	25	10	500	10	50	400	2000	600
Неземјоделски екосистеми	В	100	1000	5	5	100	2	10	100	500	300
	С	200	2000	25	10	500	20	50	400	2000	600

Продолжение на табела 2

Начин на користење на почвата	Почва	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Ga	Mo
Можност за мултифункцио нално користење	А	20	100	1	1	30	50	50	10	5
Детски игралишта	В	20	100	1	2	30	50	50	10	5
	С	50	500	5	10	150	250	250	50	25
Околукуќници и мали бавчи	В	40	200	2	2	100	100	50	20	10
	С	80	1000	5	5	400	350	200	100	50
Спортски терени	В	35	100	1	2	30	150	100	10	5
	С	90	500	2,5	5	150	350	300	50	25
Паркови и јавен простор	В	40	400	5	4	200	150	200	40	20
	С	80	2000	15	15	500	600	600	200	100
Индустриски површини	В	50	500	10	10	300	200	500	100	40
	С	200	2500	20	20	600	800	2000	500	200
Земјоделски површини, овоштарници и градини	В	40	300	2	2	200	200	50	40	20
	С	50	1500	5	5	1000	500	200	200	100
Неземјоделски екосистеми	В	40	300	10	5	200	200	50	40	20
	С	60	1500	20	10	1000	500	200	200	100

А-Почва со вообичаена содржина на метали, неконтаминирана;

В-Не се очекува никакво неповолно дејство на растенијата и нивните корисници;

С-Се намалува приносот на културите, неповолно влијае на здравјето на луѓето и животните, се менува составот на екосистемот, се зголемува содржината на метали во подземните води

На земјоделските површини, а во согласност со констатираната состојба на содржината на тешки метали потребно е да се изврши прилагодување кон

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

конкретната состојба со избор на соодветни земјоделски култури. За таа цел ќе ги користиме граничните вредности (табела 3) за содржина на тешки метали во земјоделски почви во Полска, во зависност од својствата и степенот на контаминација на почвата [17].

**Табела 3.** Гранични вредности за содржина на тешки метали во земјоделски почви во Полска во зависност од својствата и степенот на контаминација на почвата (вкупна содржина mg/kg во слој од 0-20 cm)

Елемент	Својства на почвата	Гранични вредности за категорија на загаденост				
		0	I	II	III	IV
	a	0,3	1	2	3	5
Cd	b	0,5	1,5	3	5	10
	c	1	3	5	10	20
	a	15	30	50	80	300
Cu	b	25	50	80	100	500
	c	40	70	100	150	750
	a	10	30	50	100	400
Ni	b	25	50	75	150	600
	c	50	75	100	300	1000
	a	30	70	100	500	2500
Pb	b	50	100	250	1000	5000
	c	70	200	500	2000	7000
	a	50	100	300	700	3000
Zn	b	70	200	500	1500	5000
	c	100	300	1000	3000	8000

Контаминираност: 0-неконтаминирано; I-незнато; II-умерено; III-средно; IV-силно,

V-екстремно

Почва: a- Умерено до средно тешка, pH<5,5; b-тешка до многу тешка, pH<5,5; c-глинеста, богата со органска материја, pH 5,5-6,5

### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

0-Почвите можат да се користат без ограничување за растително производство (мултифункционални)

I-можат да се користат за растително производство, освен за производство на детска храна

II-за производство на жита, компир, шеќерна репа, фуражни култури, а не може да се користат за одгледување на лиснат и коренест зеленчук

III-може да се користат за производство на индустриски култури и семепроизводство на треви. Во случај на производство на други култури потребно е со агротехнички мерки (на пр. калцизација) да се намали усвојувањето на тешки метали од страна на растенијата и често проверување на нивната содржина во растенијата.

IV-не е дозволено одгледување на растенија за исхрана, особено не на кисели и песокливи почви, можат да се одгледуваат индустриски култури за производство на алкохол, енергија, индустриски масла и др.

V- Во оваа група спаѓаат сите почви во кои содржината на тешки метали е поголема од вредностите кои се дадени за IV категорија и се вбројуваат во екстремно загадени почви

Усвојувањето на тешки метали од растенијата е биолошки условено, односно различни културни растенија (табела 4) имаат различна способност за усвојување на тешки метали [18].

**Табела 4.** Способност за акумулација на тешки метали во културните растенија

Голема	Средна	Мала	Многу мала
Салата	Кељ	Шеќерна пченка	Грав
Спанаќ	Зелка	Брокула	Грашок
Ендивија	Цвекло	Карфиол	Диња
Крес салата	Рдоква	Кељ пупчар	Домат
Морков	Ротквица	Целер	Пиперка
	Компир	Капина и јагода	Патлицан
			Коскесто овошје
			Јаболчесто овошје

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Освен тоа и акумулацијата на тешки метали во различни органи е различна. Од аспект на земјоделското производство важно е консумативниот дел на културното растение да акумулира помалку тешки метали. Ова ќе го илустрираме со податоците од табела 4 што ги презентира [17].

**Табела 5.** Усвојување на кадмиум од различни растителни видови одгледувани на почви збогатени со 10mg/kg кадмиум со потекло од отпаден мил

	µg/g сува материја	
	Надземен дел	Семе, плод или задебелен корен
Грав	10,2	1,6
Пченица	11,4	5,8
Тиква	12,3	1,8
Соја	16,2	9,6
Пченка	26	1,9
Морков	36,2	14,6
Ротквица	38,1	3,9
Цвекло	44	5
Домат	66,2	3

Достапноста на тешките метали за растенијата зависи од нивната вкупна содржина, но уште повеќе од својствата на почвата. На бескарбонатни почви со помалку глина и пониска содржина на хумус и пониски рН вредности достапноста на тешките метали се зголемува. Од ова произлегува дека при иста вкупна содржина, но во различни почви, растенијата ќе усвојуваат различно количество на токсични тешки метали. Знаејќи го ова, со некој агротехнички мерки можеме да го намалиме усвојувањето на тешки метали од растенијата. Со оптимизирање на ѓубрењето со фосфорни ѓубрива и хумизација ќе се намали достапноста на тешките метали, а со тоа ќе се намали и можноста од нивно усвојување од страна на културните растенија. На определени површини доколку се констатира потреба, потребно е да се изврши калцизација со што тешките метали ќе поминат во тешко достапни соединенија.

Важна агроелиоративна мерка е риголување на земјоделските површини. Со оваа мерка тешките метали кои се акумулираат најмногу на површината на почвата ќе се депонираат на поголема длабочина каде е помалку развиен кореновиот систем и намалена е можноста од нивно усвојување.

На површини со екстремна содржина на тешки метали потребно е да се изврши замена на почвата или да се примени фиторемедијација. Фиторемедијацијата се врши со растенија хиперакумулатори на тешки метали. Како хиперакумулатор на Pb се наведува *Armeria maritima*, на Pb и Zn претставници од родот *Thlaspi*, а за Pb и Cd *Brassica juncea*. Растенијата хиперакумулатори покрај афинитет за акумулација на тешки метали потребно е да имаат и развиена подземна и надземна маса. Целокупната надземна маса треба да биде отстранета од површината. На овој начин за неколку години може значително да се намали содржината на тешки метали во почвата.

Во Велешкиот регион, на алувијална почва со содржина на Pb, Cd и Zn меѓу целните и интервентните вредности е извршен опит со фиторемедијација [7]. На опитните парцели, во тек на три години биле одгледувани маслодајна репка (*Brassica napus oleifera*), бела детелина (*Trifolium repens*), луцерка (*Medicago sativa*) и пченка (*Zea mays*). Од истражувањата авторите ја препорачуваат луцерката за фиторемедијација на почви со висока содржина на Pb, за почви со висока содржина на Cd маслодајната репка и белата детелина и за почви со висока содржина на цинк луцерка и бела детелина.

## **ЗАКЛУЧОЦИ**

- Содржината на некои тешки метали (Pb, Cd, Zn, а во многу помал обем и Hg, Sb, Cu и As) во почвите на подрачјето на Велес и неговата поблиска околина е зголемено и во најголем дел е резултат на тридецениското работење на металургискиот комплекс.
- Контаминацијата е најсилна во непосредна близина на топилницата и опаѓа со оддалечувањето. Содржината на тешки метали на некои локации е екстремно висока, а на некои вредностите се дури пониски и од целните вредности. Намалувањето на контаминацијата со оддалечувањето од топилницата не е право пропорционално, туку зависи и од движењето на воздушните маси и ветрови.
- Контаминацијата е најсилно изразена од површината и значително се намалува во подлабоките слоеви на почвата.

### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

- Во најголем дел мостри содржината на тешки метали во земјоделските култури, анимални производи и вино е повисока од максималното ниво,
- За разрешување на неповолната состојба се предлагаат следниве мерки: најјургентно, без одлагање, треба да се покрие депонијата од згура со што ќе се спречи разнесување на тешките метали во животната средина.
- Подготвување на карта со тешки метали според начинот на искористување на земјиштето.
- На земјоделските површини, а во согласност со констатираната состојба на содржината на тешки метали, потребно е да се изврши прилагодување кон конкретната состојба со избор на соодветни земјоделски култури.
- Намалување на достапноста на тешки метали со агротехнички мерки кои се состојат од оптимизирање на губрењето со фосфорни ѓубрива, хумизација а на некои површини ако се јави потреба и калцизација,
- Риголување на земјоделските површини. Со оваа мерка тешките метали кои се акумулираат најмногу на површината на почвата ќе се депонираат на поголема длабочина, каде е помалку развиен кореновиот систем и е намалена можноста од нивно усвојување.
- На површини со екстремна содржина на тешки метали е потребно да се изврши замена на почвата или да се примени фиторемедијација.

### **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Ѓ. Филиповски, *Деградација на почвите како компонента на животната средина во Република Македонија*, МАНУ, Скопје, 2003.
- [2] М. Цекова, В. Трпевски, Б. Танев, Т. Аврамовски, К. Спасовски, *Содржина на олово и цинк во почвата и некои земјоделски култури во зависност од оддалеченоста на изворите на загадувањето*, Земјоделски факултет, Скопје, (ракопис), 1988.
- [3] Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer 2010. BIJLAGEN Circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering, 52 pp. [http://www.vrom.nl/get.asp?file=Docs/bodem/bijlagecirculairstreefwaarden\\_bodem.pdf](http://www.vrom.nl/get.asp?file=Docs/bodem/bijlagecirculairstreefwaarden_bodem.pdf)
- [4] T. Stafilov, V. Jordanovska, R. Andov, D. Mihajlović, *Occurance of lead in soil and some beverage products in the area near the lead and zink smelting plant in Titov Veles city, Macedonia*, Second International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe. Budapest, Hungary, 1994.
- [5] V. Jordanovska and T. Stafilov, *Determination of lead and zinc in some vegetables produced in the area near the lead and zinc smelting plant in Titov Veles city*,

- Macedonia*, Third International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, Warsaw, Poland, 1996, 70–72.
- [6] М. Андреевски, Ј. Цветковиќ, Д. Мукаетов, Содржина на тешки метали (Cd, Pb и Zn) во почва и растителен материјал од Велес и од неговата околина, *Заштита на растенијата*, XVII, **2006**, 257–267.
- [7] T. Mitkova, T. Prentović, M. Markoski, Phytoremediation of Soils Contaminated with Heavy Metals in the Vicinity of the Smelter for Lead and Zink in Veles, *Agric. Conspec. Sci.*, 80 (1), **2015**, 53–57
- [8] Z. Pančevski, T. Stafilov, K. Bačeva, Distribution of heavy metals in the garden soil and vegetables grown in the vicinity of lead and zinc smelter plant, *Journal of Scientific and Engineering Research*, 3(3), **2016**, 94–104.
- [9] T. Stafilov, R. Šajn, Z. Pančevski, B. Boev, V. M. Frontasyeva, P. L. Strelkova, *Geochemical atlas of Veles and the environs*, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Skopje, 2008.
- [10] T. Stafilov, R. Šajn, Z. Pančevski, B. Boev, V. M. Frontasyeva, P. L. Strelkova, Heavy metal contamination of topsoil around a lead and zink smelter in the Republic of Macedonia, *J. Hazard. Mater.*, 175, **2010**, 896–914.
- [11] Z. Pančevski, T. Stafilov, K. Bačeva, Distribution of heavy metals in some vegetables grown in the vicinity of lead and zinc smelter plant, *Contributions, Sec. Nat. Math. Biotech. Sci., MASA*, 35 (1), **2014**, 25–36
- [12] Z. Pančevski, T. Stafilov, K. Bačeva, Distribution of Heavy Metals in Lettuce and Carrot Grown in the Vicinity of Lead and Zinc Smelter Plant, *IJPAC.*, 9 (1–2), **2014**, 17–26
- [13] K. Petkov, Ž. Madžirov, R. Ilkovski, Teški metali (olovo i kadmijum) kao загаđivači životne sredine, *Veterinarski Glasnik, Beograd*, XXXIII (7), **1979**, 511–518.
- [14] V. Jordanovska and T. Stafilov, Determination of lead and other heavy metals in wine, *Second International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, Budapest, Hungary, Symposium Proceedings*, **1994**, 197–201.
- [15] Л. Петрушевска-Този, Љ. Славеска, Т. Ристов, Определување на некои макро, микро и токсични елементи во вина произведени на територијата на СР Македонија, *Гласник на хемичарите и технолозите на Македонија, Скопје*, 8, **1990**, 73–79.
- [16] Ј. Цветковиќ и М. Андреевски, Определување степенот на контаминираност со тешки метали на вината произведени во Велешкиот реон. I Балкански и III, *Македонски Симпозиум за лозарство и винарство, Зборник на научни трудови*, Земјоделски факултет- Скопје, **2003**, 316–320.
- [17] P. Sekulić, R. Kastori, V. Hadžić, *Zaštita zemljišta od degradacije*, Novi Sad, 2003.
- [18] J. Martinović, Tloznanstvo u zaštiti okoliša, *Priručnik za inženjere*. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb, 1997.



*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

## **ЕКОЛОШКО И ЕКОНОМСКИ ДОСТАПНО РЕШЕНИЕ ЗА СТАБИЛИЗАЦИЈА НА ПОЧВА: СПРЕЧУВАЊЕ НА ИЗВОРИТЕ НА ПРАШИНА**

Александра Николовска<sup>1</sup>, Елена Ѓоргиевска<sup>2</sup>, Бојан Сусинов<sup>1</sup>, Јосиф Јосифовски<sup>1</sup>  
Градежен факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република  
Македонија

<sup>2</sup>Бизифај, Скопје, Република Македонија

<sup>2</sup>Бизифај ДООЕЛ, gjorgievska.elena@gmail.com

### **Апстракт**

Меѓу најзначајните предизвици на денешницата е заштитата на животната средина, посебно во урбаните средини. Антропогеното загадување на воздухот има значаен удел и сериозен ефект врз квалитетот на животот, но и врз здравјето. Во голема мера, тоа се неконтролирани линиски и површински извори на прашина: неасфалтирани патишта и неактивни површини – градилишта и депонии во градовите и нивната околина. Веќе суспендирани честички PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> во воздухот, претставуваат најтешко отстранливи загадувачи на воздухот. Моментално, согласно со Законот за јавна чистота, за патишта и градежни локации е предвидена примена на вода, односно 10% калциум магнезиум ацетат, кој влијае примарно на поголемите честички при директен контакт, со само 3% ефект на PM<sub>2,5</sub> при интензивно попрскување и воедно има висока цена на пазарот. Динамичниот развој на сол-гел- и нано-технологијата, овозможува развој на еколошки и економски одржливи решенија за подобрување на почвата, а со тоа контрола на прашината. Голем број на врзувачки полимери се тестирали за намалување на еолската и водената ерозија, со што се спречува ширењето на радиоактивни честички од контаминирани места.

„DustOFF“ е истражувачки проект со кој се направени истражувања на бројни биополимери за подобрување и стабилизирање на различни видови материјали (пепел, песок, итн.). Во рамките на проектот, развиен е биополимерен врзувач (биндер), со цел формирање на тенка, површинска кора со површинскиот слој на третираната почва, што ќе спречува/контролира понатамошно разнесување на честичките, од изворот во воздухот. За да се утврди начинот на формирање на

кора и ефектот од биндерот направени се лабораториски испитувања на избран референтен материјал – песоклива прашина. Направени се модели за симулација на ерозија на дожд, со различно количество на врнежи, со што се проценуваат параметрите за издржливоста на кората, влијанието на температурни услови на кората и конечно, влијанието на биндерот/кората врз вегетација.

**Клучни зборови:** аерозагадување, адитив, биндер, почва, прашина, биополимер

### **Abstract**

Among the most important challenges of today is the protection of the environment, especially in urban areas. The consequences of anthropogenic air pollution in Macedonia are severe and imminent over people's lives and health. Urban construction trends produced overwhelming number of ground sources of dust generation: unpaved roads and inactive surfaces in the cities and their surroundings. Once suspended, particles PM10 and PM 2.5 are hardly removable and controllable air pollutants. According to the Public Hygiene Law for roads and construction sites the use of 10% calcium magnesium acetate is anticipated. Its primary influence is on the bigger particles when in direct contact, and it has only 3% effect on PM 2.5 even with intensive sprinkling. Furthermore, it has a high market price. The dynamic development of sol-gel and nano-technology allows growth of ecologically and economically sustainable solutions for soil improvement and therefore, for dust prevention. Large-scale tests have been made that has shown an effective way for water and wind erosion suppression, thereby preventing a spread of radioactive particles from contaminated sites.

Dust-OFF is a research project with which many researches have been made for numerous biopolymers for the improvement and stabilization of different types of materials (ash, sand, etc.). As a part of our research project we are developing biopolymer binder for easy application and subsequent thin crust formation with the surface layer of the treated soil, which will prevent/control detachment of dust particulates from the source in the air. In order to determine the effect of the binder and the parameters of crust formation, there were made experiments of a selected reference material – sandy dust. Models of simulation of rain erosion are made with different quantities of rainfall. In this way we can estimate the crust endurance, the influence of temperature and the impact of the binder on vegetation.

**Key words:** air pollution, dust, biopolymers, binder, soil, stabilization.

## **ВОВЕД**

Напредокот на цивилизацијата експоненцијално расте во последните 100 години, а сепак најголемиот егзистенцијален предизвик за човештвото денес, што ја засенува која било друга дискусија, е систематското уништување на животната средина. Човекот непрекинато го доведува во опасност сопствениот опстанок на планетата Земја, бидејќи од многу одамна ги користи нејзините ресурси и сè повеќе се зголемува нивниот недостаток.

Антропогеното загадување на воздухот во Македонија е алармантно. Во голема мера, загадувањето се должи на неконтролирањето на линиските и површинските извори на прашина: неасфалтирани пристапни патишта и неактивни површини – градилишта и депонии во градовите и нивната околина. Веќе разнесените, односно суспендирани честички во воздухот (вкупни суспендирани честички – TSP), особено суспендирани честички со големина до 10 микрометри – PM<sub>10</sub>, суспендирани честички со големина до 2,5 микрометри – PM<sub>2,5</sub> претставуваат најтешко отстранливи загадувачи на воздухот.



**Слика 1.** Неасфалтирани патишта –извори на прашина

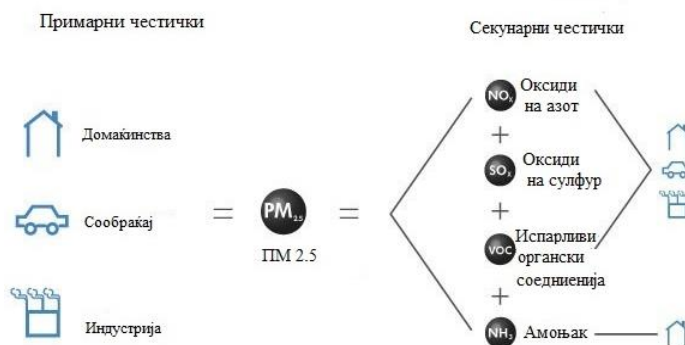
Во потрага по „зелени“ трајни решенија за „црвените“ граници на загадувањето се истражуваат биополимери кои се произведени од обновливи извори (биотехнологија или отпадни материјали). Селекцијата се движи и во насока на егзополисахаридите од познати микробиолошки култури кои природно може да

се најдат во почвата, помагаат да се задржи влагата во почвата и истовремено делуваат така што го спречуваат подигнување на прашината во воздухот. Нова генерација на врзувачки биополимери се тестирани во поголеми размери во Чернобил, каде што се покажале како ефективен начин за намалување на еолската и водената ерозија, со што значително се спречува ширењето на радиоактивни честички од контаминирани места.

Динамичниот развој на сол-гел и нано-технологија овозможува развој на еколошки и економски одржливи решенија за подобрување на почвата кои што се докажано хемиски и еколошки стабилни.

## ЗАГАДУВАЧКИ СУПСТАНЦИ ВО ВОЗДУХОТ

Во воздухот во урбаните и индустриските средини се присутни голем број загадувачки супстанции кои може да се класифицираат според хемиската природа, потеклото, ефектите врз животната средина итн. Според потеклото разликуваме примарни и секундарни загадувачки супстанции. Примарните загадувачки супстанции се директно емитирани од изворите на загадување, додека секундарните загадувачки супстанции се формирани со интеракција на две или повеќе супстанции или се формирани при интеракција на примарните со компоненти кои се присутни во загаден воздух.



**Слика 2.** Формирање на примарни и секундарни загадувачки супстанции

Во воздухот има цврсти честички кои се тешко разградливи соединенија со природно или антрополошко потекло. Ваквите загадувачки супстанции имаат негативно влијание ако се присутни во високи концентрации, со што посредно, или

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

непосредно влијаат врз животната средина. Зголемување на нивото на концентрации е последица на човековата дејност, односно има антрополошко потекло.

Значителните загадувачи на животната средина во Македонија доаѓаат од индустријата и градежништвото, согорувачки и енергетски постројки, поради изразеното непочитување на постоечките правила и прописи и неусогласеноста со Европските регулативи за заштита на животната средина.

Суспендираните честички спаѓаат во групата на најчести загадувачки супстанции во воздухот. Поимот суспендирани честички во општо значење претставува збир од честички (цврсти и течни) суспендирани во воздухот со широк опсег на големина и хемиски состав.  $PM_{2,5}$  се фини честички чиј дијаметар е со големина до  $2,5 \mu m$ , додека  $PM_{10}$  се честички со дијаметар со големина до  $10 \mu m$ .

Под фугитивни емисии на прашина се подразбираат сите емисии на цврсти честички кои не се ослободени преку контролираните системи за вентилација, односно издувните канали или оцаците (т.н. точкести извори). Кај фугитивните емисии честичките се дисперзираат во воздушната средина под дејство на воздушните струења или механичките удари, или нивна комбинација во релативно неограничен простор. Фугитивните емисии на прашина во рударството се доминантни во однос на емисиите од точкестите извори, а што е посебно важно во составот на фугитивните емисии доминираат ситните фракции на прашина, односно фракциите под  $10 \mu m$ . Крупните фракции на прашина поголеми од  $70 \mu m$  почнуваат да се таложат во непосредна близина на изворите, додека честичките помали од  $10 \mu m$  со помош на енергијата од ветерот остануваат дисперзирани многу подолг временски период и се транспортираат на поголеми растојанија.

Процесите на ерозија се посебно изразени кај ситнозрните и кртите материјали, како на пример јаглените, флотациската јаловина, електрофилтерска пепел и сл. Кај депониите на овие материјали, а поради големиот процент на екстремно ситни честички, ветерот лесно го мобилизира ситнозрниот материјал, па така, при појава на посилен ветер, се формираат облаци од прав кои ги дисперзираат честичките, зависно од нивните димензии во пошироката околина.

## **ВОСПОСТАВЕНИ МЕРКИ ЗА КОНТРОЛА НА ПРАШИНА**

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Соодветно на избраниот материјал за работа (песоклива прашина) и можностите за примена на воспоставената методологија за работа ги разгледаваме современите мерки за контрола на прашина од површински извори на прашина во рударството.

Меѓу извори на прашина во рударството се препознаваат следниве:

- Линиски извори: површински коп, откопни фронтови, транспортирачки системи и пристапни патишта
- Површински извори: депониите на веќе откопани материјали, депонии за јаловина и минерални суровини и одлагалишта за пепел.

Како мерки за контрола на фугитивна прашина од пристапни патишта се:

- Системи за соборување на прашина со вода и адитиви
- Стабилизација со органски сврзни средства (асфалт)

Додека за контрола на површинските извори се предлагаат следниве мерки:

- Технологија за редукција на брзината на воздушното струење
- Технологија за површинска стабилизација
- Технологија за изолација на потенцијалните извори на фугитивната прашина

Технологијата за површинската стабилизација на изворите на прашина се дели на: чиста вода, вода и адитиви (Polyacryamide PAM, Polyvinyl acetate), биндери (binder) со краток век на траење (guar, psyllium, strach) кои се нетоксични, биоразградливи, водорастопливи и дозволуваат никнување на семиња, биндери со долг век на траење (смоли, полимерни емулзии, течни полимери од метакристални акрилати, кополимери на содиум акрилати и акриламида, хидроколоидни полимери).

Системите за соборување на прашина со вода и адитиви на пристапни патишта:

- Адитиви за краткорочна стабилизација
- Адитиви за среднорочна стабилизација
- Адитиви за долгорочна стабилизација

Адитивите за краткорочна стабилизација го намалуваат површинскиот напон на водата, за среднорочна стабилизација се смеси на такифер и хумектант

кои се нанесуваат како водени раствори или како чисти смеси. Апликацијата се врши со цистерни без претходна подготовка и генерира тенка, цврста и непропусна површинска кора. Адитиви за долготрајна стабилизација се аплицираат со посебни постапки и генерираат еден посебен вид на кора, слична на асфалтот.

Од технологиите за редукција на брзините на воздушно струење од површински извори, за оваа цел ги издвојуваме:

- Подигнување на заштитен висок вегетациски појас за намалување на брзината на струење на воздухот во зоната на издвојување на прашина (трајна метода);
- Засадување на изложените површини со плитки коренови системи од ниска вегетација за намалување на брзината на струење на воздухот и за стабилност на површинскиот слој (среднорочна и трајна метода). Се смета дека оваа метода има потенцијал за ограничена примена за дадени услови, посебно на деловите од резервни депонии, како на пример, депонија за јаглен.

### **АКТУЕЛНО ИСТРАЖУВАЊЕ**

„DustOFF“ е истражувачки проект кој цели кон истражување и развој на еколошки и економски одржлив продукт за импрегнација на почва, што темели на smart-дизајн на биндер од (био)полимери, што се добиваат од обновливи извори: биотехнологија и отпадни материјали и се потенцијално направени да може да се биоразградат.



**Слика 3.** DustOFF продукт



Идејата за „DustOFF“ потекнува од потребата за свесно и одговорно користење на природните ресурси и еколошките извори на енергија. Во прилог на сите сознанија е сè подинамичниот развој на технологијата и неколкуте веќе применливи мерки за намалување на загадувањето на воздухот во рамките на рударството и градежништвото. Нашето предлог решение се темели на актуелни и интересни истражувања на бројни биополимери за подобрување и стабилизирање на различни видови материјали (пепел, песок, итн.). Биополимерите ќе може да се произведуваат локално, од обновливи извори и со рециклирање на отпад. Во рамките на истражувачкиот проект развиваме биополимерен врзувач на почва, односно биндер со среднорочен век на траење, со цел стабилизација на површинскиот слој на третираната површина кој што ќе спречува понатамошно разнесување на честичките од изворот во воздухот.

**DustOFF биндерот** цели за спречување и контрола на прашина од линиски извори од неасфалтирани патишта во рудници и градилишта и површински извори од неактивни површини на градилишта, депонии на откопани материјали, депонии за јаловина и минерални суровини, одлагалиштата за пепел.

**Функционална насока 1 на биндерот** е комбинирана еколошки и економски одржлива технологија за површинска стабилизација на прашина, стабилизација на почва и редукција на брзините на воздушното струење. Подразбира нови методи за фиксација на семето, хранливите материјали и влага за подигнување на вегетативен слој и во најлоши услови.

**Функционална насока 2 на биндерот** е еколошки и економски одржлива технологија за површинска стабилизација од линиски и површински извори на прашина, што спаѓа во група на адитиви и смеси за краткотрајна и среднорочна стабилизација. Потенцијално содржи адитиви кои го намалуваат површинскиот напон на водата, такифер и хумектант.

Целта на проектот е да се направи продукт – биндер од различни комбинации на биополимери кои ќе можат да формираат кора со попрскување на биндерот врз линиски и површински извори. Биополимери растворливи во вода се биндери со краток век на траење поради нивно измивање од почвата при врнежи или при појавата на утринска роса. Тоа значи дека е потребно нивно повторно нанесување или ре-аплицирање. Биополимери кои што се нерастворливи во вода, односно се

хидрофобни е тешко да се разнесат рамномерно на површината и формираат послаби врски со материјалот.

Комплекс од два или повеќе различни водорастворливи биополимери и присуството на други молекули, произведува мешавина со почва која што не е растворлива во вода. Потенцијално се нанесува како воден раствор со различна вискозност и оптимална концентрација. Нанесувањето се врши со прскалки и генерира еласто – пластична површинска кора со различна дебелина.

DustOFF проектот вклучува:

1. Лабораториска верификација на нова технологија, што се темели на хемијата на врзувачки биополимерни биндери и дисперзирани системи на почва и честички прашина: PM<sub>10</sub> и особено на PM<sub>2,5</sub> кои што претставуваат потешко отстранливи загадувачи на воздухот.
2. Теренско тестирање на примената на врзивното средство во споредба со веќе имплементираната употреба на вода односно комерцијално познатите решенија, калиум магнезиум ацетат и поливинил ацетат.

## **МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСПИТУВАЊЕ НА БИНДЕР И РЕФЕРЕНТЕН МАТЕРИЈАЛ**



**Слика 4.** Начин на формирање на кора

Дизајнот на биндер составен од мешавината на биополимер и референтен материјал (почва) е во насока на избор на долги, наномолекуларни структури за врзување односно вкрстено врзување кое ќе формира силни врски помеѓу поединечните зрна и нивните поголеми агрегати.



а) б) в)

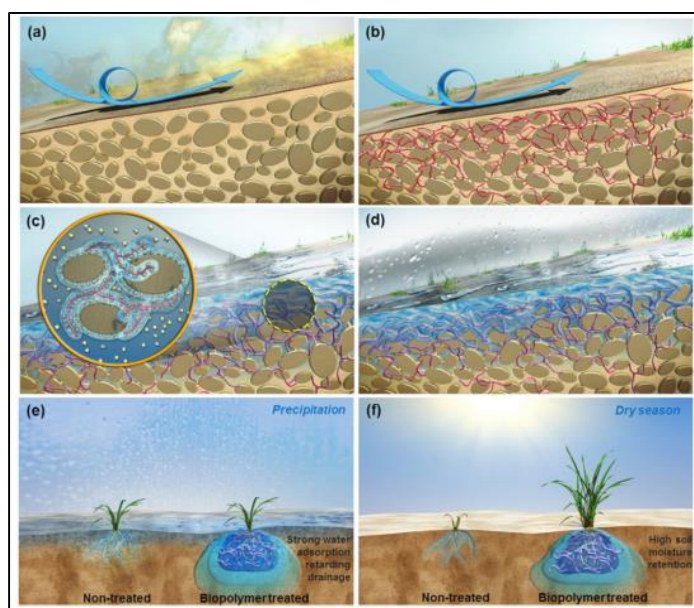
**Слика 5.** Петриев сад со а) Нанесен биндер; б) Формирана кора в); Раскршена кора

Првично се направени напори за воспоставување на методи за формирање на биополимерни комплекси (биндери), потоа методи за формирање на врски помеѓу биополимерните честички и зрната на различни материјали и конечно, истражувања за утврдување на физичко-механичките карактеристики на нивната интеракција. Интеракцијата помеѓу зрната на материјалот и честичките на биндерот зависи од:

1. Површинските карактеристики на почвата што резултираат со директно или индиректно врзување со биополимерните честички;
2. Структурната флексибилност на биополимерите што овозможува поефективни Ван Дер Валсови интеракции (Van der Waal);
3. Бројот на хидроксилни (OH-) групи на површината од почвата, како и биополимерните честички кои ја зголемуваат можноста за формирање на водородни врски;
4. Присуството на киселински функционални групи (на пр. карбоксилна COOH-) кои индуцираат јонски врски со катјоните или позитивно наелектризираните фини честички почва [1].

Интеракцијата помеѓу биополимерите, материјалот и водата создава специфична реологија на материјалот односно почвата, што се одликува со хидрофилна апсорпција и врзување на молекулите на вода, исполнувањето на порите и намален степен на дренажа. Со привремената хидрофобна површина на создадената кора се овозможува интензивно истекување на водата по

површината. Природните почви губат фини честички преку површинскиот проток на флуиди (пр. вода и ветер), додека, пак, подобрувањето со биндер овозможува подобрување на интер – партикуларна адхезија и резултира со висока отпорност против вообичаените ерозивни сили [1]. Првенствено се избираат комерцијално достапни биополимери, а во иднина ќе се истражуваат можностите за нивно локално производство. Со цел да се процени најсоодветен биополимер, мора да се знаат својствата на достапните полимери. За подобрување на почвата предност имаат хетеро – верижни полимери на пример, модифицирана целулоза, лигнин и хитин кои се разградуваат на нетоксични реактанти.



Слика 6. а) – б) Против ерозија на ветер; в) – г) Против ерозија на вода; д – ф) Биокompatибилност, [1]

Дизајнирањето на биндерот се состои во избор на биополимери преку проценување на нивните најсоодветните карактеристики: растворливост во вода, формулациите мора да се безбедни за животната средина – без органски растворувачи и формирање на токсични соли, биополимерите треба да се достапни и биокompatибилни, теренски да се нанесуваат со употреба на постоечки апарати и машини (на пр. машини за наводнување, цистерни и др.)

## МУЛТИКРИТЕРИУМСКА АНАЛИЗА ЗА ИЗБОР НА БИНДЕР

Примарен и главен механизам преку кој се евалуира отпорноста на ерозија на ветер по испрсканиот биндер е квалитативна оценка за формирање на кора на површината на третираната почва. Биндерот преставува комбинација од повеќе различни биополимери кои заедно измешани формираат додатоци кои на различен начин влијаат врз формирањето на кората. Некои од додатоците се временски побрзи, побрзо се апсорбираат, задржуваат различен процент на влага, формираат кора со различна дебелина, формираат еластична кора, гумени кори итн. Во ова истражување се користени 6 различни типови на полимери со две различни концентрации на дисперзија (0,5 и 1%). Количината на дисперзијата се одредува според дебелината на добиената кора и се пресметува како сооднос помеѓу тежината на почвата и тежината на дисперзијата во проценти. Потоа се пресметува степенот на нанесување како сооднос помеѓу тежината на биндерот (поради разликата во вискозност) и површината на која што се врши нанесувањето. Од 6-те типови на полимери направени се 12 комбинации на додатоци во кои варира бројот на компоненти и истите се испрскани во Петриеви садови со почва. Кората која што се формира е со различна дебелина, кршливост, пластичност што е резултат на самите додатоци. За да се види ефектот на формирање на кора од биндер направена е споредба со референтен примерок со вода.



Слика 7. а) Дебела и цврста кора, б) Танка и еласто – пластична кора; в) Кршлива кора

За оптимален избор на додаток на биндер направена е мултикритериумска анализа (Табела 2. Мултикритериумска анализа) што се темели на бодување на

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

критериуми кои се забележани при формирање на кората и кои се значајни за теренска употреба на биндерот. На секој критериум доделени се поени кои се редуцираат со фактор на важност на критериум. Сумата на овие поени го вбројува биндерот во една од десетте класи кои меѓусебно се разликуваат за еден поен, (Табела 1. Класи I – X на додаток).

На пример, ако во додатокот на биндерот има 3 компоненти, тогаш доделуваме 8 поени кои ги множиме со факторот на важност на тој критериум за да добиеме редуцирана вредност на поени ( $8 \times 0,03 = 0,24$ ). Пукнатините настануваат истовремено со формирањето кората. Ако на површината има комбинација од пукнатини кои се плитки, длабоки и кратки доделуваме 3 поени, ги множиме со факторот на важност на критериумот и добиваме редуцирани поени ( $3 \times 0,02 = 0,06$ ). Постапката се повторува за сите критериуми.

Додатоци на биндер кои се анализирани во мултикритериумската анализа спаѓаат во класите VI – X односно вкупниот збир на редуцирани поени е во граници 5 – 10. Испитувани се најдобрите 4 додатоци на биндер добиени од мултикритериумската анализа.

**Табела 1.** Класа I - X на додаток

Поени	Класа	Број на примерок	Вкупно поени
0-1	I		
1-2	II		
2-3	III		
3-4	IV		
4-5	V		
5-6	VI	3	5.69
6-7	VII	2; 4; 9;10; 12; 11; 5	6.77;6.30;6.25;6.13;6.12;6.12;6.12
7-8	VIII	1; 8	7.45; 7.05
8-9	IX	7	8.80
9-10	X	6	9.23

Табела 2. Мултикритериумска анализа

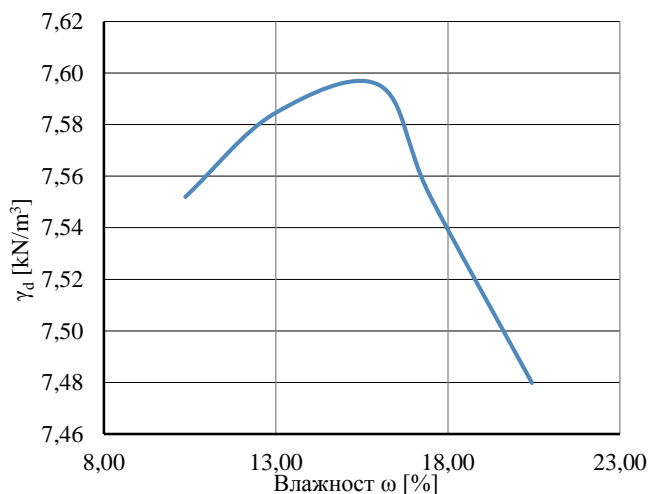
Критериум:		Фактор на важност на критериум	Број на додаток											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Број на компоненти	0,03	1	2-4			>4							
	Поени		10	8			4							
2	Опис на додаток	0,03	Без парталчиња, без меурчиња			Без парталчиња, со меурчиња			Со парталчиња, без меурчиња			Со парталчиња, со меурчиња		
	Поени		10			8			5			2		
3	Вискозност	0,06	многу	вискозно	средно	ниско								
	Поени		1	3	8	10								
4	Абсорбирање	0,06	многу брзо	брзо	средно	бавно								
	Поени		10	9	7	5								
5	Број на слоеви	0,15	1			2			3					
	Поени		10			9			5					
6	Влажност [gr]	0,15	≥1			1-0,5			<0,5					
	Поени		10			7			3					
7	Дебелина на кора [mm]	0,25	7-5						5-1					
	Поени		10						9					
8	Пукнатини	0,02	површински			длабински			комбинација					
	Поени		плитки + долги	плитки + кратки	длабоки + долги	длабоки + кратки	плитки + длабоки + кратки	плитки + длабоки + долги	4	5	1	2	3	2
9	Еластопластичност	0,25	многу висока	висока	средна	ниска	многу ниска	нема						
	Поени		10	9	5	2	1	0						

## ЛАБОРАТОРИСКИ ИСПИТУВАЊА

За целите на проектот избран е референтен материјал – песоклива прашина поради големината, формата, специфичната тежина и униформноста на зрната. Анализата на составот на почвата вклучува класификација според големина и форма на зрното и минералологија. За да се утврди начинот на формирање на кора и ефектот од биндерот направени се лабораториски испитувања според важечките стандарди за почви на избраниот референтен материјал – пепел. Одредувањето на ефектот на главните физичко–механички параметри е направено преку следниве опити: оптимална влажност, специфична тежина, гранулометриски состав, граници на конзистенција, крилна сонда (VST). За овие потреби материјалот најпрво се суши 24 часа во сушарница на температура од 105°C.

Специфичната тежина на пепелта изнесува  $G_s=1,932$ . Границите на конзистенција покажуваат дека пепелта е OI – органска почва со средна пластичност.

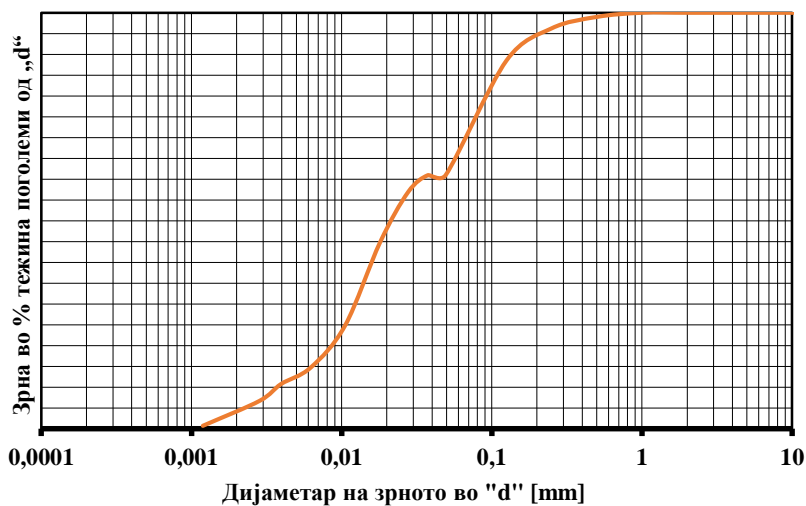
Оптимална влажност ( $w_{opt}$ ) на пепелта е во граници од 15,5% до 16,0%, а максималната волуменска тежина ( $\gamma_d$ ) во сува состојба е 7,60 kN/m<sup>3</sup>.



Слика 8. Оптимална влажност определена со стандарден Proctor-ов опит

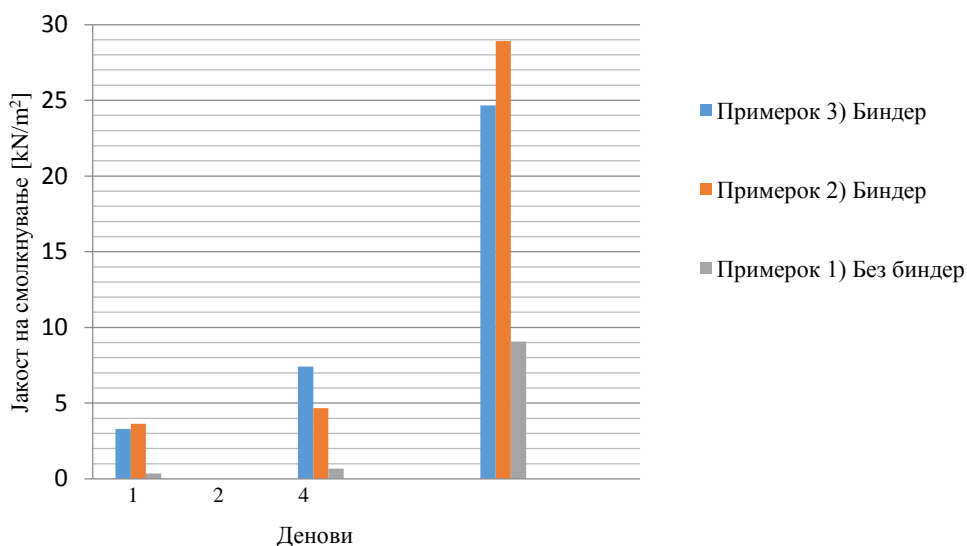
Според кривата на гранулометриски состав референтниот материјалот пепел се класифицира како песоклива прашина.





Слика 9. Крива на гранулометриски состав – песклива прашина

Пепелта, како материјал, подобрена со додаток на биндер, тешко ја губи својата влажност. Тоа е/и може да биде резултат на самите додатоци што се користат, бидејќи истите имаат различни карактеристики и се со различна концентрација. Ова се нагласува кај VST опитот зашто подготвените примероци ја задржуваат својата влага и по еден ден откако се нанесени слоевите од додатоците. За подобро формирање на кора додатоците се попрскуваат со ден разлика, отстојуваат 24 часа на собна температура, потоа 24 часа во печка на температура од 60°C за да може да изгубат од својата влажност и истите првично беа испитувани по 1, 2 и 4 дена. Резултатите се споредени со примерок подготвен со вода што се заклучува дека примероците со биндер покажуваат драстично поголема јакост што со текот на времето се подобрува.



Слика 10. Јакост на смолкнување во тек на време

## ЕРОЗИЈА НА ДОЖД

Трајноста на формираната кора против ерозија на дожд е голем предизвик. Комбинација од биополимери се смета за нов композитен материјал, со цел за зголемување на векот на траење на кората која што е подложена на врнежи или потопување во вода.

На терен, површинскиот слој на почва е малку, или не е збиен. Ваков тип на површини се од наш интерес, бидејќи истите се потенцијални извори на прашина поради ерозијата на ветер. Врз основа на набљудувања и истражувања, генерално прифатен е податокот дека малку збиената и незбиената почва е многу повеќе подложна на ерозија од високо збиената почва. Ерозијата како природна појава негативно влијае врз животната средина и истата е разгледувана во оваа студија. Истражувањата покажале/покажаа дека ефективноста на додатокот учествува во намалување на ерозија од дожд и ветер на почвата. Употребените додатоци имаат функционални својства кои со своите перформанси влијаат позитивно во ерозивната заштита. Затоа, направени се лабораториски модели за стимулација на ерозија на дожд на формирана кора и истите се изложени на ветер и топлина, услови кои се неизбежни за додатоците на терен. Моделите за симулација на ерозија на дожд се направени со различно количество на врнежи со што се проценуваат

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

параметрите за издржливоста на кората, влијанието на температурните услови на кората и конечно влијанието на биндерот/кората врз вегетација.



а) б) в)

**Слика 11.** Ерозија на дожд на формирана кора

а) Почеток на опит; б) Средина на опит; в) Крај на опит



а) б) в)

**Слика 12.** Ерозија на дожд на примерок со вода

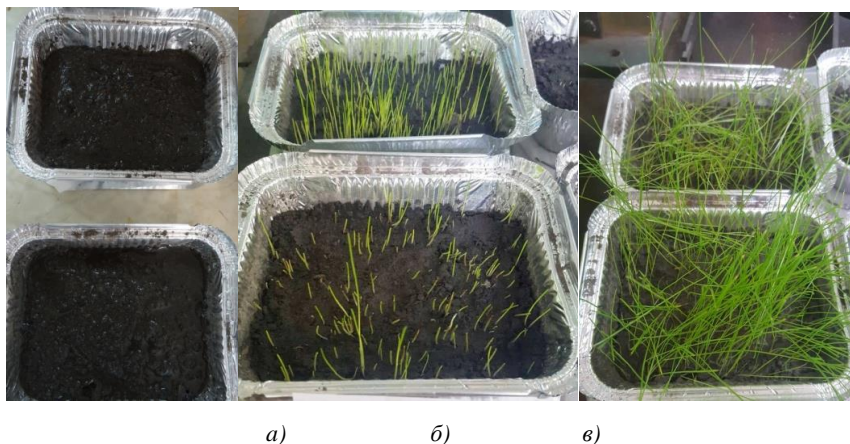
(а) Почеток на опит; б) Средина на опит; в) Крај на опит

## **ВЕГЕТАЦИЈА**

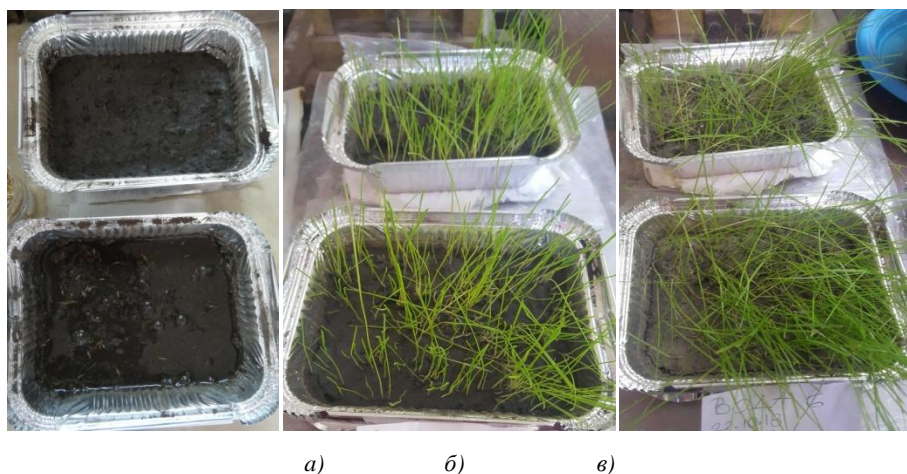
За заштита на животната средина од прашина и на средините кои се со изразена ерозија големо влијание има вегетацијата. Во вакви случаи вегетацијата

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

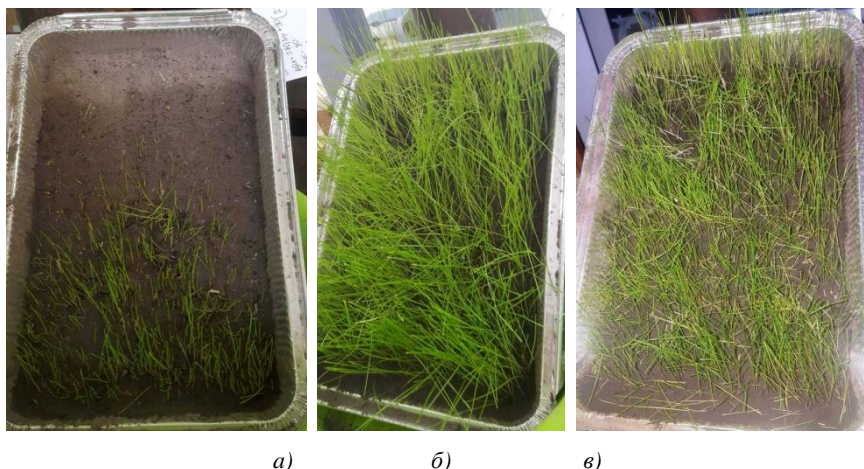
претставува покривка на теренот која спречува разнесување на прашина и намалување на ерозија од ветер односно ја намалува брзината на воздушното струење што разнесува ситни честички од почвата во воздухот. За да се види растот и продирањето на тревата преку формираната кора направени се лабораториски модели во кои се засадува трева и се попрскува биндер. Колку третираната површина ќе биде погуста со вегетација зависи од количеството на семе што ќе се стави. Појавата на трева на површина е забележана по 6 дена од засадувањето.



**Слика 13.** Раст на вегетација по денови – примерок со биндер  
(а) 1 ден; б) 10 ден; в) 21 ден



**Слика 14.** Раст на вегетација по денови – примерок со вода  
(а) 1 ден; б) 10 ден; в) 21 ден



Слика 15. Раст на вегетација по денови – примерок со биндер, косина  
(а) 1 ден; б) 10 ден; в) 21 ден

## **ЗАКЛУЧОК**

Врз основа на податоци од испитувањата за капацитетот на задржувањето на влагата и јакоста од формираната кора од честичките на третираниот материјал може да се донесат следниве заклучоци: експериментите се изведуваат циклично во насока на добивање прелиминарни лабораториски резултати за механичките и противерозивните својства на почвената кора. Горниот слој на третираната почва е композит кој е составен од биополимери и почва. Овој слој се издвојува како кора со различна дебелина и еласто – пластичност во зависност од широките можности за варирање на бројот и концентрацијата на различните биополимери, големината и формата на настанатите биополимерни честички и степенот на нанесување на единица почвена површина. Јакоста на кората се зголемува со текот на времето, бидејќи станува појака со сушење. Ова се докажува со резултатите од опитот на крилна сонда и ерозија на дожд односно јакоста на кората на 4 ден има вредност од 28,9 kPa, а со вода има 9,06 kPa и формираната кора од биндер не дозволува нејзино измивање како кората формирана со вода, (Слика 10, 11, 12). Сувата кора е ефективен начин за заштита на третираната површина против ерозијата на ветер и вода. Површината на почвата е тврда по сушење и станува пластична по дополнително навлажнување со вода. Оваа опсервација може да се објасни со



способноста на биополимерните комплекси за ограничена апсорпција на вода од една страна и нерастворливоста во вода, од друга страна.

Испитуваниот материјал пепел се покажа како релативно специфичен и тежок материјал за работа, бидејќи се соочивме со многу предизвици при подготовка на пробите и за време на нивното испитување.

„DustOFF“ продуктот, односно биндерот за намалување на изворите на прашина може да најде примена во: рударството, градежништвото, заштитата од еолска и водена ерозија, површинската стабилизација на рамни терени и косини и на други површини кои се извори на прашина.

Лабораториски анализираните биндери од „DustOFF“ проектот се очекува да бидат дополнети со резултати од едноаксијални испитувања и да бидат теренски тестирани во иднина.

#### **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] I. Chang, A. K. Prasadhi, J. Imc, H.-D. Shin, G.-C. Cho, Soil treatment using microbial biopolymers for anti-desertification purposes, *Geoderma*, (253–254), **2015**, 39–47.
- [2] A. Abdullah, *Novel Biopolymer Treatment for Wind Induced Soil Erosion*, Doctoral Dissertation, Arizona State University, 2011.
- [3] E. Kavazanjian, Jr., E. Iglesias, I. Karatas, *Biopolymer soil stabilization for wind erosion control*, Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, IOS Press, 2009.
- [4] M. Mirzababaeia, A. Arulrajahb, M. Oustonc, Polymers for stabilization of soft clay soils, *Procedia Eng.*, 189, **2017**, 25–32.
- [5] M. Ayeldeen, A. Negm, M. El Sawwaf, T. Gädda, Laboratory study of using biopolymer to reduce wind erosion, *International Journal of Geotechnical Engineering*, 12, **2016**, 228–240.

*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

**ПРИМЕНА НА НОВ ПРЕПАРАТ ВРЗ БАЗА НА ЗЕОЛИТ КАЈ  
РАСТЕНИЈАТА И НЕГОВО ВЛИЈАНИЕ ВРЗ НАМАЛУВАЊЕ НА  
ЗАГАДУВАЊЕТО НА ОКОЛИНАТА**

**Биљана Коруноска<sup>1</sup>, Владан Пешиќ<sup>2</sup>**

e-mail: [markovskabiljana@yahoo.com](mailto:markovskabiljana@yahoo.com)

<sup>1</sup>Земјоделски институт, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република  
Македонија

<sup>2</sup>Пољопривредни факултет, Универзитет Земун, Београд, Србија

**Апстракт**

Во Република Македонија сè уште има добри еколошки услови за живот на луѓето, животните, а пред сè за одгледување на здрави растенија и за производство на здрава и незагадена храна. Но, загадувањето во глобални рамки, предизвикано од индустријата и урбанизацијата, не ја одминува ни нашата земја. Како последица на тоа и кај нас во воздухот, водите, почвата и др. се констатирани одредени зони на загадување со недозволените честички.

Затоа, голем број на научници во Р. Македонија бараат конкретни решенија за намалување на загадувањето, особено во урбаните средини. Особено критични реони се оние каде што има интензивно земјоделско производство (производство на храна) во урбани средини. Во тие средини постои огромно загадување заради употребата на модерната механизација (горива) и употребата на пестициди (отровни хемикалии), Hrenović, Ivanković и сор [6, 7].

Во прилог на тоа, во нашиот труд, нудиме конкретно решение со примена на нов препарат врз база на минералот зеолит во две варијанти - Terra Foster и Terra Powder. Нашите испитувања покажаа дека овие препарати можат да заменат голем дел од штетните пестициди кои се употребуваат за заштита на растенијата. Исто така, се добиваат квалитетни, здрави и незагадени растенија. И најважно, при апликација на зеолитот, е што тој има апсорптивен карактер и дејствува како „чистач“ на почвата од одредени тешки метали и дејствува врз поправка на рН на почвата, (споредби се вршени според геолошките анализи на Blake) [2]. Овие



препарати особено се погодни за примена при производство на храна во урбани средини.

**Клучни зборови:** зеолит, минерал, загадување, пестициди, тешки метали

### **Abstract**

In the R. Macedonia still has good ecological conditions for the life of people, animals, and above all for the cultivation of healthy plants and for the production of healthy and unpolluted food. But pollution globally caused by industry and urbanization, increasingly have in our country. As a consequence, it is with us in the air, water, soil, etc. certain zones of pollution with harmful particles have been identified.

Therefore, a large number of scientists in the R. Macedonia is seeking concrete solutions to reduce pollution, especially in urban areas. Especially critical regions are those, where there is intensive agricultural production (food production) in urban areas. In these environments there is a huge pollution due to the use of modern machinery (fuels) and the use of pesticides (poisonous chemicals) Hrenović, Ivanković and collaborators [1, 2].

In addition, in our work, we offer a concrete solution by applying a new preparation based on the zeolite mineral in two variants - Terra Foster and Terra Powder. Our studies have shown that these preparations can replace most of the harmful pesticides used for plant protection. Also, quality, healthy and unpolluted plants are obtained. And most importantly, when applying the zeolite, it has an absorbent character and acts as a "cleaner" of soil from certain heavy metals and acts on the soil pH correction, (comparisons were made according to Blake's geological analysis) [3]. These preparations are especially suitable for use in food production in urban areas.

**Keywords:** zeolite, mineral, pollution, pesticides, heavy metals

### **ВОВЕД**

Во Република Македонија веќе постојат одредени predispozicii за наоѓање на соодветни решенија за проблемот со загадувањето во производството на храна, особено во урбаните средини. Затоа во нашето излагање земени се предвид веќе

констатирани факти за загаденост на почвата, односно веќе регистрирани податоци за загадувањето на почвата со прекумерни количини на штетни материи. Почвата е еден од основните медиуми за одгледување на виновата лоза (производство на грозје и вино) [1, 5].

При одгледувањето на виновата лоза соочени сме со загадување на почвата, водите, па и воздухот од прекумерното третирање со пестициди и ѓубриња [1, 12]. Најопасно е што третирањата за заштита на растенијата од болести и штетници се вршат униформно по одредени програми за апликација и третирање на пестициди и ѓубриња кои се слични за сите растителни видови и нема одредени исклучоци кај разните сорти. Тие се вршат врз база на „ненамерно – незнаење“ или третирање без контрола т.н. „за секој случај“. Кај производителите постои мисла дека со сигурност ако се примени поголема количина од препаратот ќе нема заболувања кај растенијата (така се зголемува и бројката на непотребни третирања во земјоделското, односно лозарското производство) [12].

Од друга страна, виновата лоза како култура е прифатлива за одгледување и во урбани и во рурални средини, особено нејзините диви видови. Виновата лоза има претежно бујна лисна маса и големи листови и таа е прилагодлива на различни типови на почва.

Нашето иновативно решение се состои во составот (формулацијата) и гранулацијата на природниот минерал зеолит кој е прилагоден за примена на помали површини кај виновата лоза, но и кај други растенија [11]. Примената на зеолит може да замени примена на одредени штетни пестициди кои се применуваат кај виновата лоза и исто така да дава квалитетни и стабилни приноси.

## **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ НА РАБОТА**

Со третирање на пестицидите врз растенијата дополнително се загадува околината. Со паѓањето на остатоците од пестицидите се загадуваат почвата и подземните води, а со распрскувањето се загадува околниот воздух. На тој начин дополнително се загрозува веќе крвката состојба со загадувањето на животната средина, особено во оние виногорја близу урбаната средина.

Конкретно нашите испитувања се изведени на винова лоза во најблиската урбана средина градот Скопје и околината – Скопско виногорје. Испитувањата се вршени во 2016, 2017 и 2018 година. Извршени се третирања со нашиот препарат

### *Загадување на Траговитије во Република Македонија: кои се решенијата?*

на ограничени лозови насади, индивидуални насади и одделни лози за дворско одгледување на виновата лоза и исто така дел од испитувањата се вршени во ревитализираниот лозов насад при Земјоделскиот институт – Скопје.

Одбрани се локации каде што секогаш имало проблеми со загадувањето, особено на почвата и воздухот, односно локации каде што во блиското минато констатирани се загадувања со тешки метали на почвата, растителниот материјал и готовите производи (вино и жестоки пијалаци) [5]. Локациите се Железара-Бутел, Ново Лисиче, Драчево, Нерези. Дополнително, загадувањето на воздухот е констатирано со тековните мерни инструменти во градот и апликацијата „Мој воздух“. На сликите 1, 2 и 3 се прикажани индивидуални лози и лозови насади.

Карактеристиките и применливоста на новиот препарат како иновативно решение може да се констатираат од добиените резултати при апликацијата на терен. Алицираниот препарат е врз база на природниот минерал зеолит, кој во конкретниот случај, потекнува од наоѓалиште во близина на Копаоник, Србија. Зеолитите се по состав група минерали од сложени хидрирани силикати од натриум, калиум и калциум. Во Р. Македонија и во Р. Србија зеолитите се претежно во состав на млади вулкански карпи, од типот А, со формула ZSM-5 и се застапени видовите столбест зеолит и клиноптилолитот [2, 4].

Исто така, зеолитот е земен од т.н. зелена зона, што значи дека станува збор за голем процент на чист минерал досега незагаден со тешки метали и друг вид загадување. Понатаму зеолитот е третиран со дробење на што е можно поситни честички во фабрика, поранешна мелница и пескара во Р. Србија. Главната работилница - кујната на производството е одреден погон за изведување на технолошкиот процес во Скопје, Р. Македонија, односно лабораторија каде се произведени првите количини од пробни примероци за научни апликации [8, 9, 11].



1.



2.



3.

**Слики 1, 2 и 3.** Индивидуално лозарство, лозарство во поголеми насади и урбано лозарство

## **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

Основна цел на нашето испитување беше да се изнесат позитивните резултати од примената на новиот препарат, првпат кај виновата лоза. Испитувањата одат во насока за да се докаже дека со примена на препарати на природна база, а намалување на примената на хемиски средства за заштита и за прихранување, ќе се постигнат саканите ефекти и ќе се добијат дури и подобри резултати (родност и принос кај растението) [1, 5]. Тоа е значајно за лозарското производство во урбани средини, каде што веќе постои загадување на околината од различни фактори, а примената на пестициди и други хемиски средства дополнително ќе ја влоши состојбата со уште поголемо загадување.

Колоидниот препарат Terra Powder се води како подобрувач на својствата на почвата [12] и биостимулатор и претставува колоидна фаза од многу ситни честички зеолит. Ја одбравме оваа фаза, бидејќи е лесна за апликација на самото растение и во почвата.

Третманите по садно место се со аплицирање на разреден раствор до 0,300 kg на лоза или садно место кај шпалирен систем и 0,400 kg на лоза кај одрина - чардаклија.

Со примена на овој препарат е можна замена на околу 70% од јаките пестициди кои со отровни резидуи ја загадуваат почвата и водата, на системските препарати со долга каренца, а исто така замена и на хемиските вештачки ѓубриња.

## Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

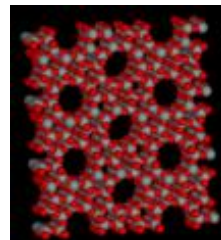
На сликите 4, 5, 6, 7, 8 и 9 се претставени типови и формулации на зеолит кој најчесто се наоѓа кај нас и во Р. Србија.



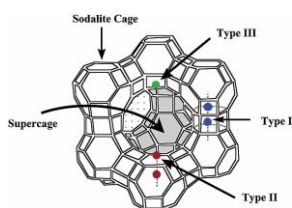
4.



5.



6.



7.



8.



9.

Слики 4, 5, 6, 7, 8 и 9. Типови и формулации на зеолит кој најчесто се наоѓа во Република Македонија и во Република Србија

Препарати и формули на Terra Foster и Terra Powder. При анализирање и правење на споредба меѓу двата препарата веќе постоечкиот препарат Terra Foster и нашата новодобиена формулација од зеолит Terra Powder, вториот е со помали честички од Terra Foster и лесно се претвора во колоидна состојба при растворање и извесно третирање [9]. Зеолитот од оваа формулација ги содржи суровините прикажани подолу во текстот;

### Суровини Terra Powder

#### Зеолит

вода	- H <sub>2</sub> O
калциум	- CaCO <sub>3</sub> , вкупен Ca
магнезиум	- MgO, вкупен Mg
силициум	- SiO <sub>2</sub>
алуминиум	- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

#### Мали примеси од елементите

фосфор	- вкупен фосфор P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
калиум	- вкупен калиум K <sub>2</sub> O
цинк	- вкупно Zn
натриум	- NaO
	и др.

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Во приложените податоци за физички и хемиски параметри кај препаратите Terra Powder и Terra Foster испитани во акредитирана лабораторија, може да се види дека забележителни разлики има во физичките параметри, каде што процентот на влага кај Terra Powder е 0,94, гранулите се помали од 0,5 мм и органолептички има сива боја, а кај Terra Foster процентот на влага е 1,12, гранулите се помали од 1 мм и органолептички има бела боја [2, 4, 11].

Новодобиената формулација од зеолит Terra Powder може да се користи како делумна или целосна замена на препаратите за заштита на растението и синтетичките ѓубриња, при што без проблеми се добиваат предвидените приноси и позитивни ефекти кај виновата лоза.

### Terra Powder – физички параметри

Ред. бр.	Параметар	Метода	Добиена вредност	Декларирани вредности	Единица мерка
<b>Физички параметри</b>					
1.	Влага	МКС ISO8190:1992	0,94	1,0	%
2.	Механички состав (големина на гранули)	МКС ISO 8397:2009	<0,5 mm 82% #	/	%
3.	*Облик	Органолептички	прав	прав	/
4.	*Боја	Органолептички	Сива	Сива	/
5.	*Мирис	Органолептички	нема	нема	/
6.	*Растворливост во вода	Органолептички	Мн.Слабо растворлив	Слабо растворлив	%

### Terra Powder – хемиски параметри

<b>Хемиски параметри</b>					
7.	pH	МКCISO 13037:2011	10,78	/	/
8.	*CaCO <sub>3</sub>	Волуметриски ISO 10693	83,31	/	%
9.	*Вкупен CaO	Правилникот за неоргански ѓубрива на РМ, број 96 од 31.06.2009,	35,80	35 ± 3	%
10	*Вкупен MgO	Правилникот за неоргански ѓубрива на РМ, број 96 од 31.06.2009,	5,08	5 ± 1,25	%

### Terra Foster – физички параметри

*Затадување на Траговитте во Република Македонија: кои се решенијата?*

Ред. бр.	Параметар	Метода	Добиена вредност	Декларирани вредности	Единица мерка
<b>Физички параметри</b>					
1.	Влага	МКС ISO8190:1992	1,12	/	%
2.	Механички состав (големина на гранули)	МКС ISO 8397:2009	1mm 98 min 0,25 mm 80min	1mm 98 min 0,25 mm 80min	%
3.	*Облик	Органолептички	прав	прав	/
4.	*Боја	Органолептички	бела	бела	/
5.	*Мирис	Органолептички	нема	нема	/
6.	*Растворливост во вода	Органолептички	Мн.Слабо растворлив	Слабо растворлив	%

Во понатамошниот текст се прикажани добиените резултати од испитувањето на влијанието на новиот препарат врз виновата лоза по садно место и по лоза (по растение).

Од приложената табела 1 може да се констатира дека при примена на новиот препарат кај двете сорти (мускат хамбург и афус али) се добива дури поголем процент на принос по лоза и маса на ластари – зелена маса во споредба со примената на стандардната ампелотехника [1, 2].

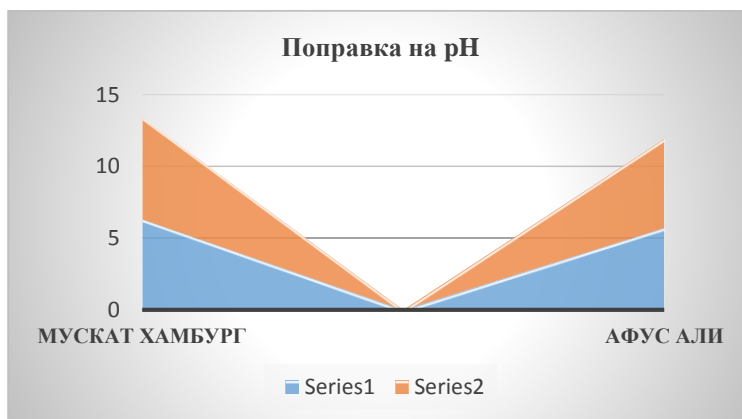
**Табела 1.** Компарации со примена на стандардна ампелотехника и со примена на препаратот

2016 / 2018 година	Стандардна ампелотехника		Со примена на препаратот		Констатирана разлика во приносот и масата на ластари пред примена и после примена	
	Принос kg/лоза	Маса на ластари (зелена маса) kg/лоза	Принос kg/лоза	Маса на ластари (зелена маса) kg/лоза	Принос kg/лоза (разлика)	Маса на ластари (зелена маса) (разлика)
<b>Мускат хамбург</b>	9,05	0,715	9,18	0,86	0,13 (1,44%)	0,15 (21,1%)
<b>Афус али</b>	10,96	0,945	11,23	1,12	0,27 (2,5%)	0,17 (18,5%)



**Табела 2.** Подобро искористување на N, P, K

2016 / 2017 година	Поправка на рН Стандардна ампелотехника	Поправка на рН Со примена на препаратот
Мускат хамбург	6,3	7,1
Афус али	5,7	6,2



Графикон бр. 1

Од приложената табела 2 и од графиконот 1 исто така може да се констатира дека со примена на новиот препарат се постигнува подобра поправка на рН на почвата [3]. Со тоа се отстрануваат тешките метали и другите отровни супстанции од почвата [4], врзувајќи се за зеолитот и се подобрува достапноста на растението до хранливите елементи – азот, фосфор и калиум (NPK).

Со примената на новиот препарат Terra Powder се добива двоен ефект – од една страна се намалува контаминираноста на почвата со отровни материи и од друга страна се добива поголема лисна маса кај растението што ќе се искористи при аерозагадувањето (слики 10 – 13).



*Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*



10



11



12



13

**Слики 10, 11, 12, и 13.** Добиени позитивни резултати од примената на препаратот врз база на зеолит

При употреба на овој препарат и при неговото производство не се забележани дополнителни загадувања на околината. Се работи за употреба на корисен и потполно безопасен природен минерал - зеолит во составот на препаратот [5], кој во иднина може да се користи не само за прочистување на надворешната средина туку и за примена во затворени простории за прочистување на воздухот [3, 4].

**Емисии во воздух.** При одвивање на дејноста од горенаведениот технолошки опис за производство на минерално ѓубре, претежно наменето за органско земјоделско производство, можеме да кажеме дека ќе се создаваат емисии на прашина и тоа при мешањето на суровините во мешалката и при пакувањето на готовиот производ. Од ова може да се заклучи дека овие емисии кои што се очекува

да се создадат нема да предизвикаат значителни влијанија како на локацијата, така и на поширокото подрачје, бидејќи ќе бидат лимитирани/ограничени во рамки на производствениот погон [9, 11].

**Емисии во вода и канализација.** При одвивање на технолошкиот процес на производство на минерално ѓубре се употребува одредено количество на вода. Но, од технолошкиот процес на производство не се создава технолошка отпадна вода. Можеме да кажеме дека ќе се создава санитарно отпадна вода од вработените кои што ќе работат во погонот и техничка отпадна вода за одржување на хигиената во објектот која ќе се отстранува преку санитарните јазли, со тоа оваа вода ќе се одведува во градската канализациона мрежа [6, 7, 10].

**Емисии во почва.** При одвивање на дејноста на производство на минерални ѓубриња, не се очекуваат емисии во почвата, со оглед на тоа што производството ќе се врши во хала која што е веќе постоечки објект кој што е соодветно приклучен на водовод, канализација и електрична енергија. Од ова можеме да кажеме дека евентуални влијанија врз почвата не се можни, како на локацијата така и на поширокото подрачје [6, 7, 10].

## **ЗАКЛУЧОЦИ**

Значајно влијание врз загадувањето во градовите во Р. Македонија има и загадувањето во земјоделското производство кое се одвива во нивната близина. Загадувањето при производството на храна, односно загадувањето во земјоделието во урбаната средина е предизвикано со употребата на модерната механизација (горива), со употребата на пестициди за заштита на растенијата од болести и штетници (отровни хемикалии) и од употребата на ѓубрињата за прихранување (прекумерни елементи). Загадувањата настануваат во најголем дел на почвата и на водата, а помал дел и на воздухот.

Затоа нашиот скромн удел во решавањето на проблемот со загадувањето е во тоа што предлагаме конкретно решение со примена на нов препарат врз база на минералот зеолит - Terra Powder. Овој препарат претставува подобрена и безбедна формулација на природниот минерал зеолит [10, 11]. Ние извршивме негово испитување на ограничени површини, конкретно во лозарското производство (индивидуални дворови и насади) за научни цели. Виновата лоза е култура при која

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

во текот на нејзиното одгледување се користат голем број третирања со штетни пестициди за заштита од болести и штетници.

Главна идеја беше да се заменат пестицидите и вештачките ѓубриња, во поголем процент, со природен незагаден минерал (нова формулација на зеолит), како подобрувач на својствата на почвата, природен биостимулатор и „чистач“ на поголем број штетни честички во околината.

Позитивни реакции и бенефити од примената на новиот препарат изведени како заклучоци

Директни позитивни влијанија

- Подобрување на својствата на почвата физичките и хемиските својства водно – воздушниот режим, аерацијата и сл. [3, 5, 12].
- Се намалува киселоста (се наголемува рН) и со тоа стануваат достапни NPK елементите - азот, фосфор, калиум и др. [3, 5, 8].
- Исто така се зголемува ефектот на тие елементи (азот, фосфор и калиум) [3, 5].
- Се намалува штетното дејство на тешките метали и други хемиски резидуи (железо, кадмиум, олово), делува како „чистач“, се врзува со поголем број штетни честички и елементи и ги отстранува од околината [3, 4, 8].
- Во почвата се поврзува со корисните микроорганизми (претежно бактерии) кои елиминираат остатоци од тешки метали, елементи и соединенија и се врши заедничка елиминација [6, 7, 10].

Индириктно позитивно влијание

- Подобрување на тургорот, режимот на исхрана во самите растенија, подобрување на физиолошките процеси – што резултира со зголемен принос, квалитет и зголемена маса која е потребна во борбата со аерозагадувањето [9, 12].

Негативно влијание

- ГОЛЕМО ВНИМАНИЕ е потребно при местото на земање на минералот зеолит, да е погоден како елиминатор на штетни супстанции и да не е веќе врзан со одредени елементи – заситен претходно уште во самото наоѓалиште, односно природно употребен во процесот на селективното чистење како одбранбен механизам на самата животна средина.

- Нашето испитување е „капка во морето на научните испитувања“, но капка која претставува дел од основните алки за поврзување на целиот екосистем и решавање на проблемот со неговото загадување.

## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] F. C. Bayly and H. Berg, Grape and wine proteins of white wine varieties, *Am. J. Enol. Vitic.*, 18 (1), **1967**, 18–32.
- [2] P. R. Blake, I. W. Withnall, M. J. Fitzell, Z. Kyriakis, D. J. Purdy, *Geology of the western part of the Drummond Basin*. Queensland Geological Record 2012/17, 2013.
- [3] R. S. Bowman, G. M. Haggerty, R. G. Huddleston, D. Neel, M. M. Flynn, In: *Surfactant-enhanced subsurface remediation* (D. A. Sabatini, R. C. Knox, J. H. Harwell, eds.), ACS Symposium Series 594, American Chemical Society, Washington, DC, **1995**, 54–64.
- [4] Z.-W. Chen, B. Holmberg, W.-Z. Li, X. Wang, W.-Q. Deng, R. Munoz, Y.-S. Yan, Nafion/Zelite Nanocomposite Membrane by in Situ Crystallization for a Direct Methanol Fuel Cell, *Chem. Mater.*, 18 (24), **2006**, 5669–5675.
- [5] G. Cerri, A. Langella, M. Pansini, P. Cappelletti, Methods of determining cation exchange capacities for clinoptilolite-rich rocks of the Logudoro region in northern Sardinia, Italy, *Clays Clay Min.*, 50 (1), **2002**, 127–135.
- [6] J. Hrenović, T. Ivanković, D. Tibljaš, The effect of mineral carrier composition on phosphate-accumulating bacteria immobilization, *J. Hazard. Mater.*, 166, **2009**, 1377–1382.
- [7] T. Ivanković, J. Hrenović, R. Matoničkin-Kepčija, Resistance of bioparticles formed of phosphate-accumulating bacteria and zeolite to harsh environmental conditions, *Biofouling*, 29, **2013**, 641–649.
- [8] T. Ivanova, I. Stoyanov, G. Stoilov, P. Kostov, S. Sapunova, Zeolite gardens in space. In: Natural zeolites Sofia '95. Proceedings of the Sofia Zeolite Meeting '95, B.G. Kirov, L. Filizova, O. Petrov (eds.), PENSOFT, **1997**, 3–10.
- [9] R. Parton, D. De Vos and P. A. Jacobs, (1992) In: *Zeolite Microporous Solids: Synthesis, Structure and Reactivity*, E. G. Derouanne, et al. (eds.), Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, **1992**, 555–578.
- [10] L. Polovic, Zeoliti kao nosači bakterija u funkciji pročišćavanja otpadnih voda, Seminarski rad, Prirodoslovno-Matematički fakultet, Biološki odsjek, Sveučilište u Zagrebu, 2016.
- [11] D. Stojaković, J. Hrenovic, M. Mazajc, N. Rajić, On the zinc sorption by the Serbian natural clinoptilolite and the disinfecting ability and phosphate affinity of the exhausted sorbent, *J. Hazard. Mater.*, 185, **2011**, 408–415.
- [12] J. Weitkamp, D. Schmid, M. Fritz, F. Cubero, S. Ernst, Wasserst. Energietraeger, Kolloq. 1994 Sondersforschungsbereichs 270 Univ. Stuttgart, **1994**, 287–300.

<http://www.iza-online.org/natural/Datasheets/Clinoptilolite/clinoptilolite.htm>

<http://www.iza-structure.org/databases/>

<https://www.lenntech.com/zeolites.htm>

<https://www.mindat.org/min-4395.html>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11434724>

*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

## ПОТЕКЛО НА ВОДИТЕ НА ИЗВОРОТ РАШЧЕ И АСПЕКТИ НА НИВНАТА ЗАШТИТА

Годор Ановски<sup>1</sup>, Елена Ановска-Јовчева<sup>1</sup>, Кирил Лисичков<sup>2</sup>, Дејан Димитровски<sup>2</sup>,  
Стефан Кувенциев<sup>2</sup>, Љубомир Арсов<sup>1</sup> и Ефтим Мицевски<sup>3</sup>  
e-mail: [anovski@tmf.ukim.edu.mk](mailto:anovski@tmf.ukim.edu.mk)

<sup>1</sup>Технолошко-металуршки факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје,  
Република Македонија

<sup>2</sup>Технолошко-металуршки факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје,  
Република Македонија

<sup>3</sup> Геофлуид, Скопје, Република Македонија

### Апстракт

Изворот Рашче кој е главен снабдувач со питка вода за градот Скопје лоциран е во подножјето на Жеденскиот масив кој во значајна мера е карстифициран. Со цел подобро да се разбере самиот механизам на хранење на подземните води од овој извор, како и нивното време на задржување во подземјето, беа изведени истражувања поврзани со определување на изотопските содржини на кислородот и водородот (O, H) во примероци на вода од локалниот хидролошки циклус. Моделот на линеарна регресија на податоците за стабилните изотопи во примероците на локалните врнежи, ја даде следната зависност  $\delta^2\text{H} = 7,46 \delta^{18}\text{O} + 9,56$  и покажа градиент од  $-3,06 \text{‰}/100\text{m}$  за  $\delta^2\text{H}$  зависноста од надморската височина на која се формираат врнежите. Хидролошките мерења, како и анализите на хемискиот состав на површинските и подземните води во сливното подрачје на изворот Рашче, ја покажаа природата на нивната хидролошка комуникација. На овој начин беше посочено дека за време на високите водостои на реката Вардар кај профилот во с. Дворце, подземните води го хранат Жеденскиот масив, додека во време на ниски водостои имаме обратен процес. Во обидот да се доближиме до што пореален механизам на хранењето на водите од изворот Рашче, применет е едно-келіјен модел на мешање со три влезни компоненти (врнежи, води од реката Вардар и длабоките артески води). Нумеричката симулација базирана на тритиумските податоци за локалните врнежи, како и на основа на дефинираниот

однос на влезните компоненти, овозможи пресметка на МРТ (средно време на задржување) на водата во аквиферот лоциран под Жеденскиот масив која го храни изворот Рашче. Трасирањето на подземните води во с. Раотинце поради определување на нивната филтрационата брзина, воедно помогна и во утврдувањето на хидролошката врска на овие води со водите од изворот Рашче (демонстрирајќи релативно брза комуникација од 10 дена). Овие резултати еднозначно укажуваат на ранливоста на водите од овој значаен извор на питка вода, како и на потребата од перманентна грижа за заштита на испитуваните локални површински и подземни води, ова особено поради фактот што веќе е регистриран продор на контаминираниите со  $\text{Cr}^{+6}$  (шест валентни хромни јони) подземни води во насока од локалитетот на поранешната Ф-ка 'Југохром' и нејзината индустриската депонија кон Жеден и Изворот Рашче.

**Клучни зборови:** Потекло и заштита, подземни води, трасирање, моделирање датирање, извор Рашче

### **Abstract**

Rashce Spring which serves as the main source of drinking water for the City of Skopje is located at the foot of the widely karstified Zeden Massif . In order to better understand the mechanisms of groundwater recharge and residence time, investigations by using isotope tracers such as  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ , and  $^{18}\text{O}$  in water samples from the local hydrological cycle, were performed. A linear regression model of stable isotope data of precipitation samples results in the best-fit equation of  $\delta^2\text{H} = 7.46 \delta^{18}\text{O} + 9.56$ , and shows a  $\delta^2\text{H}$  dependence from the altitude of precipitation formation with a gradient of  $-3.06 \text{‰}/100\text{m}$ . Hydrological measurements and analysis of water chemistry of the surface water and groundwater in the catchment area of the Rashce Spring have shown their hydrological relationship. This was confirmed by seasonal variation of the groundwater level at Dvorce Profile, showing that local groundwater are flowing towards the Zeden Massif in Spring, while in Autumn we observed the opposite situation. A one-cell mixing model was applied, with three inlet-components (Precipitation, Vardar River and deep artesian water). Numerical simulation based on tritium data of local precipitation and based on a defined ratio of the inlet components allowed calculation of the MRT (Mean

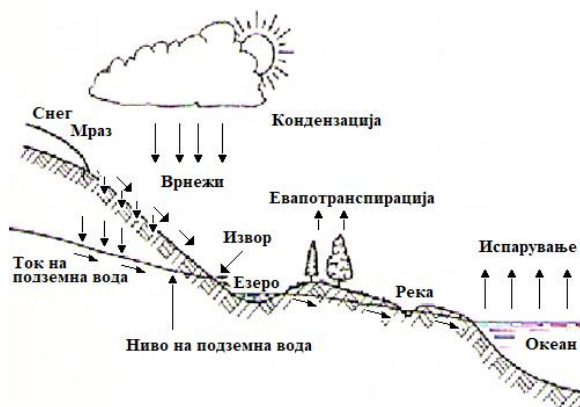
Residence Time) of water of the aquifer located below the Zeden Massif which is recharging the Rashce Spring. In addition, to this, filtration velocity of the groundwater in v. Raotince was determined by injecting of Na-Fluorescein as a tracer in one of the observation wells. In the same time the injected tracer helped in determination of the hydrological connection between the Polog groundwater and the Rashce Spring, demonstrating a relatively fast communication (10 days). This result provides also substantial information about the vulnerability of this water resource and the necessity for better conservation of the investigated local surface and groundwater. This, especially due to the fact that contaminated groundwater with  $\text{Cr}^{+6}$  coming from the former “Yugochrom” facilities (v. Jegunovce) and its industrial waste deposited material in the near, have already reached the Zeden Massif, causing a great risk for the Rashce Spring as well.

**Keywords:** Origin and protection of water, groundwater tracing, modeling, dating, Rashce Spring

## **ВОБЕД**

Иако водата чиј хидролошки циклус е прикажан е на Сл.1, е обновлив ресурс сепак, таа е со ограничени количини. Вкупната количина на вода на нашата планета изнесува сса 0,4% од нејзиниот вкупен волумен, доволен да формира сфера од мраз со дијаметар од 2500 km. и волумен од  $8,2 \times 10^9 \text{ km}^3$ . Количината на слободна вода која ја формира хидросферата се оценува на  $1,4 \times 10^9 \text{ km}^3$ , односно 17% од вкупната количина на вода на Земјата од кои само 4% се слатка вода, додека останатите 96% се солена вода сместена главно во океаните. Расположивите водни ресурси во нашата сончева галаксија се оценуваат дека се дури  $10^5$  пати поголеми од онаа која се наоѓа во океаните на Земјата [1].



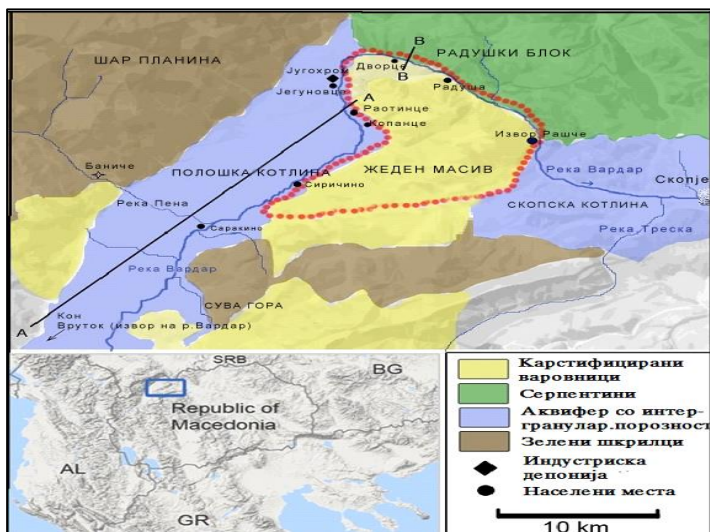


**Слика1.** Шематски приказ на глобалниот хидролошки циклус на водата

Интересни се податоците и за задржувањето на водата во атмосферата (turn - over time), од само 10 дена во споредба со подземните води кои имаат сса 500 години [2]. Овие, последниве, денес сè повеќе се користат во обезбедувањето на вода за сè поголемите побарувања на растечката популација во светски размери. Нивните зголемени употреби, особено во земјоделството и индустриските процеси, вршат дополнителен удар врз расположивите водни ресурси. Ако интеракцијата помеѓу водните тела е комплексна - тогаш секако за нивно резрешување се наметнува потребата од еден комбиниран (во научна смисла) истражувачки приод.

Во оваа смисла и истражувањата кои се реализирани во рамките на хидро-геохемиската студија фокусирана на системот на подземни води кои го хранат изворот Рашче, финансиски помогната од градот Скопје и МААЕ (Меѓународна агенција за атомска енергија), Виена, главно беа насочени кон дефинирање на потеклото на водите од изворот Рашче, како основен ресурс за водоснабдување на приближно 700.000 жители на градот Скопје со неговите приградски населби, особено поради фактот што механизмот на неговото прихранување до сега не беше во потполност дефиниран.

Изворот Рашче е лоциран на периферијата од пукнатинско - карстниот издан, формиран во масивот на Жеден, во непосредна близина на с. Рашче, на ката од сса 300 m н.в. и на растојание од 17 km западно од Скопје (Сл.2).



Слика 2. Хидрогеолошка карта на регионот околу Жеденскиот масив

Изворот Рашче со своите протоци од 2,7 до 7,7 m<sup>3</sup>/s и со просек од 5,15 m<sup>3</sup>/s отстапува од вообичаените карстни извори, кај кои се бележат многу поголеми осцилации на проток. Оттаму овој извор пројавил голем интерес за зачувување на неговите природни услови не само денес туку и во минатото [3-10]. Овие претходни истражувања главно сугерираа дека покрај локалните врнежи, длабоките и плитките подземни води од соседните морфоструктурни блокови, како и води од реката Вардар, би требало да претставуваат значаен дел во вкупниот проток на изворот Рашче.

## МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

### Стабилни изотопи (<sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O и <sup>2</sup>H/<sup>1</sup>H)

Согласно класичната хемија, молекулите кои што содржат различни изотопи на еден ист елемент (H<sub>2</sub><sup>16</sup>O □ H<sub>2</sub><sup>18</sup>O), во главно, хемиски се однесуваат слично. Во практиката, ова во голема мера и се потврдува. Сепак, ако се користат прецизни мерења, со низок праг на детекција, што се постигнува со примената на модерните масени спектрометри, би можело да се регистрираат и релативно малите

отстапувања во хемиското односно физичко однесување на поедините изотопски молекули и соединенија. Овој феномен на различно однесување кој произлегува од изотопските разлики, се вика **изотопска фракционација**, процес кој е искористен при определување на зависноста на изотопските односи на еден ист елемент и надморската височина на формирањето на врнежите. Односот на кислородните и водородните изотопи во примероците на водата, колектирани во ПЕ шишенца од 50 ml и анализирани се со помош на резонантна спектроскопија (WS-CRDS), со користење на систем L2120-i од Picarro, во Лабораторискиот центар на Јоаннеум истражувачкиот институт од Грац (Австрија).

### **Хемизам на водите**

Физичко-хемиските анализи на локалните површински и подземни води изведени се преку определување на pH, T, електрична спроводливост ( $\kappa$ ),  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , Cr и  $\text{Cr}^{+6}$ . Примероците на вода за потребите на хемиските анализи беа колектирани во 1L ПЕ шишиња од триесетина хидро-објекти (бушотини, површински води и извори). За разлика од температурата (T), pH вредност, електричната спроводливост ( $\kappa$ ) и концентрација на растворениот кислород ( $\text{O}_2$ ) кои беа определувани на самиот терен со стандардни преносни инструменти вклучувајќи и универзален инструмент WTW “Multilab P5”, содржините на катјони и анјони беа анализирани со класични титрациони техники (за случај на определувањето на:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^-$ ) или со употреба на атомски апсорпционен спектрометар (AAS), Varian Spectra AA220 ( $\text{Na}^+$ , K, вкупен Cr за случај на нефилтрирана вода и  $\text{Cr}^{6+}$  во растворни материјали). Во зависност од содржината на шесте основни компоненти на подземните води ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) истите според хемискиот состав се делат на дво - , тро - , четири и повеќе компонентни. Во двокомпонентни спаѓаат оние води кај што 4 јона се присутни во количини помали од  $20 \pm 3 \text{ mg. eq.}\%$ . [11-12].

### **Определување на брзина на филтрација на подземни води на локацијата с. Раотинце**

За определување на брзината на филтрација на подземните води од Долен Полог користена е методата на разблажување со употреба на само една

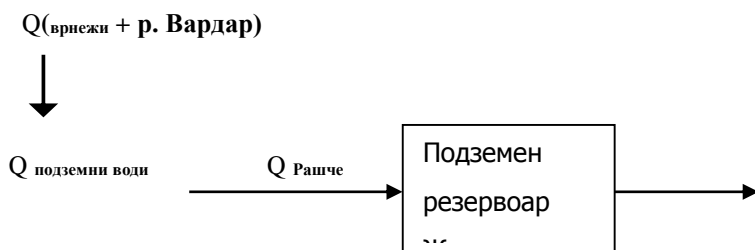
опсервациона бушотина во која се инјектира трасерот од интерес, а потоа се следи опаѓањето на почетната концентрација со времето [13-16].

### **Анализа на Тритиум**

Мерењата на тритиумот ( $^3\text{H}$ ) во примероците на вода по претходно нивно електролитичко збогатување и употреба на Quantulus GCT 6220, супер течен сцинтилационен бројач, (PerkinElmer), во тритиумската лабораторија HYDROSYS од Будимпешта, Унгарија и Packard Instrument, TRICARB M3320 LSS (Liquid Scintillation spectrometer) при Центарот за примена на радиоизотопи во науката и стопанството - Скопје, со грешка помала или еднаква на 0,5 TU(TE).

### **Тритиумски симулации**

Врз основа на геолошките односи на теренот околу изворот Рашче, опсервираните концентрации на тритиумот во врнежите (користејќи ги историските податоци за движењето на тритиумските концентрации во врнежите за последните 50 години, измерени кај нас и во Грац, Австрија), длабоките Полошки артески води, водите од реката Вардар и водите од изворот Рашче, претпоставен е едно-келијен модел, на дво-компонентно мешање, сличен на моделот вклучен во истражувањата за карстот на планината Галичица [17-19]. Во овој случај, двете компоненти кои го хранат изворот Рашче се: прва влезна компонента се врнежите во кои покрај преципитатите над Жеден, интегрирани се и површинските води на реката Вардар, кои главно и ги следат тритиумските концентрации во врнежите (4-6 TU); втората влезна компонента се артеските води од Долен Полог со тритиумски концентрации (0-1 TU) кои заедно го полнат резервоарот под планината Жеден и истекуваат главно кај изворот Рашче, види Сл. 3.



**Слика 3.** Едно-келијен модел на мешање на две влезни компоненти

Во тритиумските симулации користена е следната рекурзивна равенка за биланс на употребениот трасер (тритиум) [80],

$$S_n = \left( S_{n-1} + \sum_i BRF_i * CBRF_i - BOF * CBOF \right) * \alpha \quad (1)$$

каде што,

- $S_n$  - симулирана тритиумска концентрација во изворот Рашче за тековната година на опсервација, [TU]
- $S_{n-1}$  - симулирана тритиумска концентрација во изворот Рашче за претходната година на опсервација, [TU]
- $BRF_i$  - Boundary Recharge Fraction (гранична влезна фракција), се состои на пр. од врнежи (30%) и подземни води (70%)
- $CBRF_i$  - Concentration of Boundary Recharge Fraction (концентрација на гранична влезна фракција)
- $BOF$  - Boundary Outlet Fraction (гранична излезна фракција) се состои од врнежи и подземни води
- $CBOF$  - Concentration Boundary Outlet Fraction (концентрација на гранична излезна фракција), за првата година на опсервација е  $S_0$ , [TU]
- - коефициент поврзан со радиоактивното распаѓање на тритиумот За 1 година истиот изнесува 0,945,

пресметуван со помош на сопствено изработен компјутерски програм и врз основа на кое се пресметувани партиципациите на влезните компоненти, нивното средно време на транзиција во подземниот жеденски аквифер како и неговиот волумен.

Компјутерскиот програм кој посебно е креиран за пресметките според р-ката (1) овозможува да се зададат вредности на: средното време на задржување во подземниот резервоарот Жеден(MRT), процентуален удел на влезните компоненти (врнежи и подземни води), тритиумска концентрација на положки артески води како и порозност на резервоарот.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

### Физичко-хемиски анализи

Добиените резултати од хемиските анализи, опфатени со оваа дисертација (дел од физичко-хемиски анализи вршени се на Технолошко-металуршкиот факултет а дел во Републичкиот хидрометеоролошки завод, односно во Републичкиот завод за здравствена заштита, од Скопје), на примероците на вода, колектирани од различни локации на Полошкиот регион се прикажани во Таб.1.

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Испитуваните води би можело да ги класифицираме во следниве групи:

- (1) Подземни води со доминација на хидрокарбонатен и калциумов јон најдени во локалитетите како што се водите со следните ознаки: 63PO014, 63PO032, 63PO038, 63PO035 и 63PO045 ( суб-артеска вода, бушотина карши депо нијата на фабриката Југохром, лоцирана во Жеденскиот масив. Со оглед на фактот што кај оваа вода е регистрирано присуство на  $\text{Cr}^{+6}$  во концентрации од 0.6 mg/L, и истата претставува закана за квалитетот на водите од изворот Рашче, потребни се натамошни истражувања со кои би се определил нивниот транспорт низ Жеденскиот масив), 63SK052 63PO054, 63PO055, 63SK047( земена во пролет и во есен, 2012 година).
- (2) Подземни води со доминација на хидрокарбонатен, калциумов и магнезиумов јон најдени се во: 63PO036, 63PO015, 63PO034, 63PO039, 63PO046 ,63SK048, 63SK051.
- (3) Подземни води со доминација на хидрокарбонатен, калциумов, магнезиумов и сулфатен јон регистрирани се во: 63PO018, 63PO044.
- (4) Подземна вода со доминација на хидрокарбонатен, калциски, магнезиумов и натриумов јон најдена се во: 63PO016
- (5) Површински води со доминација на калциски, хидрокарбонатен и сулфатен јон регистрирани се во: 63PO028 (река Вардар) и 63SK050.

*Затадување на траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Табела 1. Резултати од хемиските анализи

Ознака на примерок	Природа на примерокот (Локација)	Длаб (m)	Ниво на вода (m)	Дата на зоркување	Координати			Посматрани физичко-хемиски параметри											
					N	E	Z	pH	T (°C)	k (Ω <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Cr	Cr <sup>+6</sup>
вкупен																			
63PO014	Подз. вода (с. Копанце)	19.24	7.2	24.02.2010	42° 03' 05''	21° 08' 39"	397	6.6	14.4	1136	205	1.7	1.7	13.9	866	57	15	n.a.	0.0009
63PO015	Подз. в. ДБ (с. Раотинце)	19.24	1.38	28.05.2010	42° 04' 00.7''	21° 08' 23.8"	389	7	11.2	220	51	9.9	1.4	0.2	162	29	4.6	n.a.	0.0019
63PO016	Подз. в. ЛБ (с. Раотинце)	19.24	0.37	01.06.2010	42° 04' 00.7''	21° 08' 23.8"	389	6.8	13.2	326	48	16.8	22.3	2.8	235	37	6.3	< 0.002	<
63PO018	Подз. в. ДБ (с. Јегуновце)	26	n.a.	24.02.2010	42° 04' 20.3"	21° 07' 22.0"	390	6.6	12.5	285	33	15.9	1.1	0.9	153	56	6.7	n.a.	< 0.001
63PO028	Река Вардр (с. Сиричино)			24.03.2010	42° 01' 9.55"	21° 05' 34.75"	398	7.7	7.5	245	46	3.8	6.0	0.9	140	31	8	0.0013	0.0002
63PO032	Суб. арт. вода (с. Копанце)	75	3.6	25.05.2011	42° 02' 26''	21° 08' 10''	391.24± 0.03	6.2	12.2	660	162	15.2	23.2	3.7	580	31	8.7	n.a.	< 0.01
63PO034	Подз. вода (с. Раотинце)	12	7.1	25.05.2011	42° 02' 0.7''	21° 08' 23.8"	398	7.2	10	351	70	13.9	6.9	1.9	247	33	7.2	< 0.01	< 0.01
63PO035	Суб. арт. вода (с. Копанце)	65	15.33	25.05.2011	42° 02' 49.9''	21° 08' 31.6"	412	6.4	13.8	802	203	10.1	21.6	2.2	668	33	9.9	< 0.01	< 0.01
63PO036	Подз. вода (с. Копанце)	18	3.6	25.05.2011	42° 02' 33.9''	21° 08' 10.1"	403	6.8	13	435	92	20.9	13.3	2.3	363	35	7.6	< 0.01	< 0.01
63PO038	Арт. вода (с. Копанце)	95		25.05.2011	42° 02' 52.8''	21° 08' 13.1"	397	6.1	12	709	181	8.9	27.7	3.2	607	35	11.4	< 0.01	< 0.01
63PO039	Арт. вода (с. Раотинце)	96		26.06.2010	42° 03' 49''	21° 08' 40.8"	394	6.3	12	476	110	21	10.5	9.5	375	21	6	n.a.	n.a.
63PO044	Суб. арт. в. (с. Јегуновце)	60	4.21	25.02.2010	42° 04' 20.3"	21° 07' 22.0"	390	6.8	12.2	393	45	21.6	1.2	1.0	198	51	10.6	n.a.	n.a.
63PO045	Суб. арт. в. (с. Јегуновце)	100	13.53	25.02.2010	42° 04' 20.3"	21° 07' 22.0"	390	7.6	13	316	53	7.4	1.2	1.1	214	39	1.5	0.6	n.a.
63PO046	Арт. вода (с. Јегуновце)	70		26.05.2011	42° 04' 27.8''	21° 08' 08.5"	390	7.1	12.2	274	40	21.5	8.8	2.2	214	22	7.0	n.a.	n.a.
63SK046	Подз. вода ДБ (с. Дворце)	10	4.98	27.09.2012	42° 06' 8.6''	21° 07' 22.0"	342.41± 0.03	7.3	18	272	56	11.1	4.3	2.4	198	23	7.4	n.a.	n.a.
63SK047	Подз. вода ДБ (с. Дворце)	10	3.82	26.05.2011	42° 06' 08.49"	21° 10' 30.7"	342.55 ± 0.03	7.4	13	276	65	9.5	5.1	1.4	217	16	11.8	n.a.	< 0.02
63SK047	Подз. вода ДБ (с. Дворце)	10	5.13	27.09.2012	42° 06' 08.49"	21° 10' 30.7"	342.55 ± 0.03	7.3	18.8	281	60	7.6	3.8	1.7	198	18	4.9	n.a.	n.a.
63SK048	Подз. вода ЛБ (с. Дворце)	10	3.18	26.05.2011	42° 06' 10.63"	21° 10' 30.59"	342.90 ± 0.03	7.4	13	285	68	11.4	5.6	1.4	229	27	8.7	n.a.	< 0.02
63SK048	Подз. вода ЛБ (с. Дворце)	10	4.85	27.09.2012	42° 06' 10.63"	21° 10' 30.59"	342.90 ± 0.03	7.3	20	274	60	10.5	3.7	2.3	220	17	3.6	n.a.	n.a.
63SK050	Река Вардр (с. Радуша)			25.03.2010	42° 05' 09.2"	21° 12' 54.0"	321	7.8	9	221	40	2.5	6.3	0.6	145	37	4.7	0.004	0.0003
63SK050	Река Вардр (с. Радуша)			27.09.2012	42° 05' 09.2"	21° 12' 54.0"	322	8	17	290	62	9.4	6.0	2.6	195	24	7.7	n.a.	n.a.
63SK051	Подз. вода ДБ (с. Радуша)	20.11	15.68	25.05.2011	42° 04' 51.0"	21° 13' 19.0"	328	7	14.5	432	86	27.2	10.6	1.1	360	37	6.8	n.a.	< 0.01
63SK052	Подз. вода ЛБ (с. Радуша)	15.96	13.92	25.02.2010	42° 05' 16.9"	21° 12' 34.6"	326	7.2	10.6	397	69	9.67	1.1	1.3	272	34	2.9	0.001	n.a.
63SK054	Извор Рашче-1 (с. Рашче)			31.03.2010	42° 02' 33.05"	21° 15' 06.0"	300	7.2	13.3	326	109	12.5	8.8	0.9	388	36	7.2	n.a.	n.a.
63SK054	Извор Рашче-1 (с. Рашче)			23.07.2010	42° 02' 33.05"	21° 15' 06.0"	300	7	13.2	518	100.2	12.4	8.2	0.6	369	32	6.2	n.a.	n.a.
63SK055	Извор Рашче-2 (с. Рашче)			31.03.2010	42° 02' 02.2"	21° 15' 11.9"	300	7.1	13.3	544	122	8.8	10.7	0.9	391	36	7.5	n.a.	n.a.
63SK055	Извор Рашче-2 (с. Рашче)			23.07.2010	42° 02' 02.2"	21° 15' 11.9"	300	7.1	13.2	542	107	11.8	8.5	1.1	372	34	6.2	n.a.	n.a.

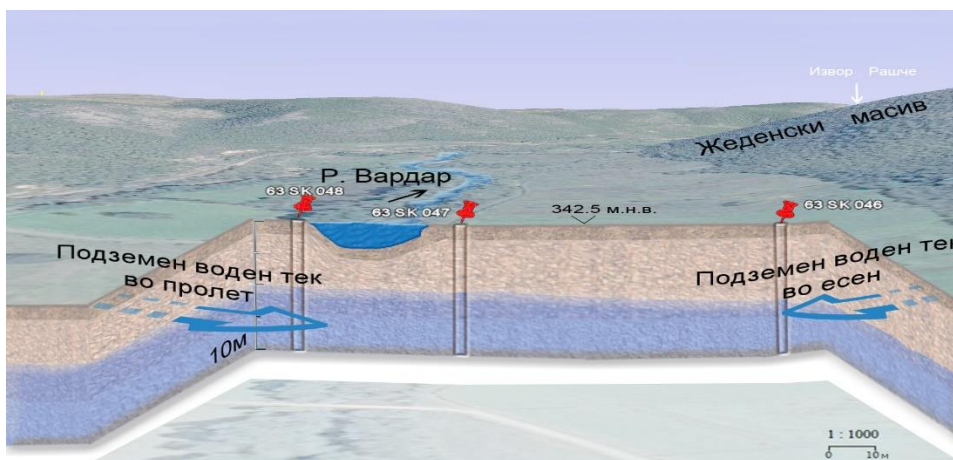


## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Согласно овие резултати, посебно е евидентен карактеристичниот хемиски состав на плитките подземни води од местата од кои се земени примероци кај профилот Дворце. За разлика од водата кај 63SK048 која има непроменет состав (хидрокарбонатно, калциумово - магнезиумска) како во пролет така и во есен, водата во 63SK047 има хидрокарбонатно, калциумов состав, со зголемена концентрација на магнезиумот во пролет и намалена во есен. Варијацијата на концентрацијата на магнезиумот во водите од 63SK047, би можело да се објасни со можни влијанија во пролет, од подземните води 63SK048 (побогати со магнезиум), со што се посочува насока на подземните води од р. Вардар кон Жеденскиот масив, додека во есен водите од 63SK047 се под влијание од водите на Жеденскиот масив (побогати се со калциум и се од хидрокарбонатно, калциумов тип), со што се посочува обратна насока на подземните води, од Жеденскиот масив кон р. Вардар (види Сл. 4).

### Протокот на реката Вардар и нивото на подземните води кај профилот с. Дворце

Нивоата на подземните води во испитуваните бушотини лоцирани во с. Дворце, лоцирано на 10 km. нагоре од изворот Рашче) прикажани се во Таб. 2. Слично на резултатите од хемиските анализи, овие опсервации покажаа дека за



Слика 4. 3Д приказ на Хидро-геолошкиот профил во с. Дворце (профилот В-В означен на Сл.2)

време на поголеми протоци на реката Вардар, како што се бележи во пролетниот



*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

период од годината (среден проток од 22,9 m<sup>3</sup>/s), насоката на движењето на подземните води е од реката Вардар кон Жеденскиот Масив (Сл. 4.) со бездимензионален хидраулички градиент ( $h_L/L$ ) еднаков на  $4 \times 10^{-2}$ , каде што,  $h_L$  претставува пад на нивото на подземната вода за дадена хоризонтална должина L во насока на движењето на водениот ток ( $h_L$  и L се дадени во [m]).

**Табела 2.** Варијација на нивото на водата во опсервационите бушотини од профилот кај с. Дворце */\* Недостапна бушотината поради дефект./*

Датум на опсервација	Ниво на водата во опсервираниите бушотини од профилот кај с. Дворце (m)			
/мерења	63SK048 (Лев Брег од Реката Вардар)	63SK047 (Десен Брег од Реката Вардар)	63SK046 (Десен Брег од Р. Вардар)	Насоката на движење на подземните води помеѓу Жеденскиот масив и Р. Вардар
14.05.2011	339.95	339.45	339.01	Река Вардар---> Жеден
26.05.2011	339.72	338.73	338.65	Река Вардар---> Жеден
12.10.2011	337.33	336.87	337.00	Жеден ---> Река Вардар
26.09.2012	338.05	337.32	337.43	Жеден ---> Река Вардар
18.06.2013	339.12	337.72	337.71	Река Вардар---> Жеден
09.10.2013	337.50	337.03	337.19	Жеден ---> Река Вардар
20.05.2014	337.78	n.a.*	337.41	Река Вардар---> Жеден

Во есенскиот период кога има пониски протоци на реката Вардар со просек од 7,28 m<sup>3</sup>/s, се бележи спротивна насока на локалните подземни води, т.е. од Жеден кон реката Вардар со нешто помала вредност за хидрауличниот градиент од  $1,5 \times 10^{-2}$ . Овде вреди да се спомене дека, за разлика од многу други карстни извори кои имаат максимален проток во пролетните месеци, кај изворот Рашче тоа е за време на летото (обично во текот на месец јули).

**Стабилни изотопи  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  ( $\delta^{18}\text{O}$ ),  $^2\text{H}/^1\text{H}$  ( $\delta^2\text{H}$ ) и тритиум ( $^3\text{H}$ )**

Резултатите од  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  и тритиумските анализи на испитуваните врнежи, површински и подземни води дадени се во Таб. 3.

Сезонските варијации (сезонски ефект) на стабилните изотопи во врнежите (зголемени  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  вредности во летните месеци и намалени во зимските) се евидентни. На основа на  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  одредувањата, во примероците од локалните врнежи, моделот на линеарната регресија ја дефинираше најповолната равенка (2) прикажана на Сл.5.

$$\delta^2\text{H} = 7.46 * \delta^{18}\text{O} + 9.56 \quad (2)$$

Добиените вредности за содржината на стабилните изотопи и тритиумот во испитуваните врнежи прикажани се во Таб. 3 како средни вредности, според формула (3), земајќи ги предвид и соодветните количини на врнежи во времето за кое се однесуваат:

$$\delta_w = \frac{\sum_{i=1}^n p_i * \delta_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad (3)$$

каде што,

$\delta_w$  – средна вредност (weighted mean value) на стабилните изотопи или тритиум во

врнежите

$p_i$  – квартални вредности на количина на врнежи

$\delta_i$  – измерена вредност на стабилните изотопи или тритиум во колектираните врнежи

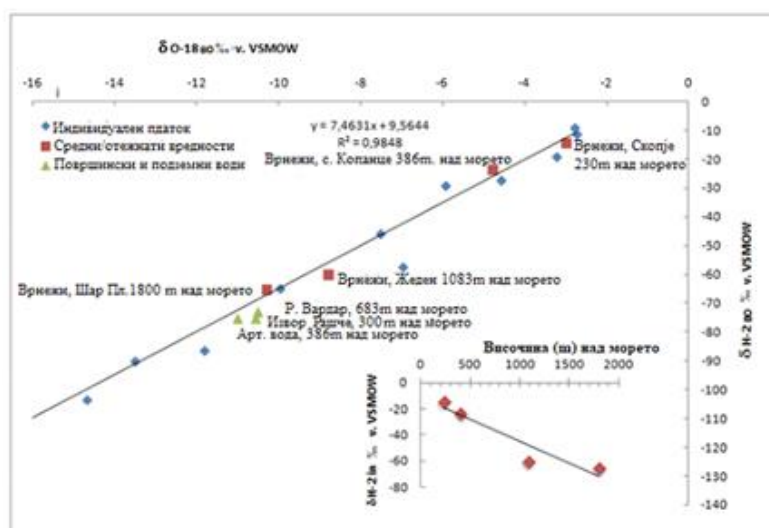
На Сл. 5. прикажана е и елевационата зависност на  $\delta^2\text{H}$  вредностите, за врнежите колектирани на повеќе мерни станици сместени на различни надморски височини. Притоа е добиен градиент од  $-3,06 \text{ ‰} / 100 \text{ m}$  кој е во рамките на очекуваните вредности од  $1 \text{ ‰}$  до  $-4 \text{ ‰} / 100 \text{ m}$  [20].

Односите на стабилните изотопи за примероците на вода од изворот Рашче, артеските води и реката Вардар, групирани се во еден тесен опсег (зелени триаголници), укажувајќи на фактот дека сите овие води споделуваат заеднички извор за нивните оригинални води, кој најверојатно се наоѓа на Шар Планина на надморска височина од 1800-2200 m.

Со течението на реката Вардар надолу, пред да навлезе во околината на Жеден, реката Вардар прима значителни количини на површински води преку

притоците кои доаѓаат од Шар Планина. Дел од овие води (познати како Шарски води) се акумулираат во вештачкото Мавровско Езеро, за подоцна, откако ќе поминат низ турбините од Гостиварските хидроелектрани, бидат испуштени во реката Вардар.

Како резултат на процесите на евапорација на кои се изложени водите од Мавровското Езеро, водите на реката Вардар дополнително се модифицираат за да имаат изменета  $\delta^2\text{H} / \delta^{18}\text{O}$  релација покажувајќи тенденција на помал нагиб и поголем отсечок на ординатната оска од дијаграмот на Сл.5. Евапорационен ефект кај водите од реката Вардар очигледно влијаел и на вредностите за стабилните изотопи како на артеските така и на водите од изворот Рашче (зелени триаголници) лоцирани на десната страна од метеорската водна линија, Сл. 5.



Слика 5.  $\delta^2\text{H} / \delta^{18}\text{O}$  релација за локалните врнежи. Доле, во десниот агол од сликата прикажан е и Дијаграмот кој ја дава елевационата зависност на вредностите за  $\delta^2\text{H}$  во врнежите од Скопје (230m), Копанце (396m), Жеден (1083m), и Шар Пл. (1800m).

Резултатите од тритиумските анализи се дадени во Таб. 3 . Од истите може да се види дека свежите преципитати, површинските води (Вардар), изворишните води (Рашче), главно дефинираат тесен опсег во поглед на нивните тритиумски содржини од  $5 \pm 1$  TU. Артеските води (63PO037 и 63PO038) во с. Копанце, (63PO039 и 63PO040) во с. Раотинце покажаа ниски содржина Тритиум ( $< 0,5$  TU) што од своја страна упатува на фактот дека овие води имаат компонента од

почетокот на 50-тите години на минатиот век (Таб. 3), за разлика од артеската вода (63PO046) лоцирана во с. Јагуновце и суб-артеската вода (63PO016) лоцирани на левиот брег на р. Вардар, во с. Раотинце, кои покажуваат околу 9 TU и старост од 54 години на фактот дека овие води се прихрануваат од врнежи инфилтрирани после 1956 година [21]. Заедничко за сите останати подземни води, е дека имаат тритиумски содржини помеѓу 3 и 7 TU.

### Моделирање, тритиумски симулации

Со менување на процентуалната партиципација на поедините влезни компоненти (врнежи и подземни води) со нивните тритиумски концентрации и различни средни времиња на транзит на подземните води (MRT), симулирана е излезната тритиумска концентрација Сл. 6.



**Слика 6.** Компјутерскиот програм со прикажани резултати за период 1993-2013

Споредувајќи ја блискоста на симулираните вредности за тритиумската содржина во водите од изворот Рашче со оние измерени за дадената година уз најмала можна вкупна грешка од 7,07 % и порозност на Жеденскиот масив од 15%, се посочуваат вредностите на уделите на поедини влезни компоненти (60% за

врнежите+Р. Вардар и 40% за длабоките артерски води) во прихранувањето на водите од посматраниот Извор како и нивното MRT (средно транзитно време) од 30 години. Врз основа на определеното MRT и годишната издашност (дебит) на изворот Рашче, пресметан е волуменот на подземниот Жеденски аквифер од  $32,48 \times 10^9 \text{ m}^3$  како и расположивите резерви на вода од  $4,87 \times 10^9 \text{ m}^3$ .

## **ЗАКЛУЧОК**

И покрај добиените есенцијални сознанија за потеклото, староста, меѓусебната комуникација на поедините водни компоненти (дел од кои се веќе контаминирани со шестовалентен Хром - Cr<sup>6+</sup>) кои гравитираат кон изворот Рашче,

- MRT од 30 години
- За 15% порозност на Жеден, пресметан е волуменот на Жеденскиот аквифер со големина од  $3,248 \times 10^{10} \text{ m}^3$ , како и
- Расположивите ресурси на вода сместени во Жеденскиот аквифер (од кои 40 % се артески води и 60 % се врнежите заедно со води од реката Вардар) и кои го хранат изворот Рашче, се со вредност од  $4,87 \times 10^9 \text{ m}^3$ , во наредниот период потребно е да се преземат следниве предлог мерки:

1. Да се продолжи со изотопско-трасерскиот мониторинг (дистрибуција на стабилните изотопи  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  и  $^2\text{H}/^1\text{H}$ , Тритиумот ( $^3\text{H}$ ) и тритиумските симулации) на водите од сливното подрачје на Изворот Рашче, сè со цел да се добие што подобра статистика и приближиме до реалниот опсервиран динамичен (ова, особено поради неговата карстна природа, а со тоа и подложеност на постојани промени) хидро систем, значаен за водоснабдувањето на градот Скопје.
2. Да се истражи и разреши проблемот со контаминираниите (со Cr<sup>6+</sup>) погони и индустриската депонија на фабриката Југохром и намали нивното влијание врз Жеденскиот аквифер, а со тоа и на водите од изворот Рашче.
3. Да се дефинира транспортот на веќе навлезениот хром низ Жеденскиот масив како потенцијален ризик за квалитетот на водата на изворот Рашче.

## **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] V. Kotwicki, Water in the universe, *Hydrol. Sci. J.* 36, 1991, 49–66.

- [2] ИHP-V, Environmental isotopes in the hydrological cycle, Edited by W.G. Mook, *Technical Document in Hydrology*, 39, Vol.I-VI, 2000, UNESCO, Paris
- [3] P.S. Jovanovic, "Spring..", *Bull. of the Geographic Soc.*, Series 11, 1925, Belgrade
- [4] Д. Манаковиќ, Потекло на водата во врелото Рашче, Годишен Зборник на Природно-математичкиот факултет на Универзитетот во Скопје, *ГЕОГРАФИЈА И ГЕОЛОГИЈА*, Книга 13, Св.1, 1962
- [5] SYNTHESIS REPORT on performed investigation related to the determination of the Origin of the water in Rashce Spring, Archive of the City of Skopje, 1967
- [6] E.S. Simpson, Appl.of the multi-cell..", IAEA Internal Report, 1972, Vienna
- [7] A. Kekic, Hydrogeological characteristics of the Polog Plane..., Ph D. Thesis at the University of Belgrade (in Serbo-Croatian with an abstract in English), (1973).
- [8] P. Kirkov, D. Kacurkov, M. Tolev, T. Anovski, "Determination ....", IAEA-SM-182/23 Proc.of the Inter.Symp.on Isotope Tech.in Groundwater Hydrology 1974, Vienna
- [9] T. Mitrov, A. Angelovski, Summary on Hydrogeological and Hydro- meteorological investigations related to the origin of water of the Rashce Spring, Department of Faculty for Architecture and Civil Engineering, 1974, Skopje
- [10] В. Мангутова, Дистрибуција на Тритиумот во хидролошкиот циклус на водата и негова примена, Магистерски труд, ТМФ, 2002, Скопје
- [11] О.А. Alekin, Fundamentals of Hydrochemistry, publishing house on Hydro-meteorology (Hydrometeoizdat), 1953, Leningrad
- [12] М.Е. Altovski, Handbook for Hydrogeology, State publishing house of scientific and technical (Gosudarstvenoe nauchno-tehnicheskoe izdatelstvo), literature on geology and resources protection, 1962, Moscow
- [13] M. Pitrak, S. Mares, M. Kobr, A Simple Borehole Dilution Technique in Measuring Horizontal Groundwater flow, *Ground Water*, 45(1), **2007**, 89-92
- [14] N.A. Ogilvi, Electrolytic method for the determination of the groundwater filtration velocity (in Russian) in *Bull Sci Tech News*, No. 4, Gostgeoltehzdat, 1958, Moscow
- [15] E. Halevy, H. Moser, O. Zellhofer, A. Zuber, Borehole dilution techniques, A critical review. In Proceedings of the IAEA Symposium on Isotope Hydrology, 531-564, 1967, Vienna
- [16] H. Schneider, Die Wassererschliessung. Essen, Germany: Vulkan –Verlag, 1973
- [17] E. Anovska-Jovcheva, Appl. Of the Boundary Element Method, Multi-Domain Approach and Simulation of Tritium Concentration to determining the Properties of the Galichica Mountain Aquifer. M.Phil. Thesis, Univ. of Wales, UK, 2010, 121pp
- [18] E. Anovska-Jovcheva, Z. Jovchev, T. Anovski, V. Popov, Determining MRT of Groundwater by Application of the Distribution of Environmental (Hydrogen and Oxygen) Isotopes, *IAEA- CN-186*, 2011, Monaco
- [19] E. Anovska-Jovcheva, K. Lisichkov, K. Anovski, T. Matsumoto, P. Aggarwal, A. Leis, E. Micevski, T. Anovski, Model of the mechanisms of water recharge of the Rasche Spring by using of tritium simulations supported by T(<sup>3</sup>He) method, *Geophys. Res. Abstr.* 15, **2013**, 3373-4.
- [20] H. Moser et al. Jahresbericht, Inst. Fur Radiohydrometrie der Gesellschaft f. Strahlen und Umweltforschung mbH, 99-103, 1972/72, **1978**, Munchen
- [21] Е. Ановска-Јовчева, Изотопско – трасерски истражувања на механизмот и динамиката на прихранување на изворот Рашче /докторска дисертација, Унив. Св. Кирил и Методиј, Технолошко – металуршки факултет-Скопје, 2018

*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

## **НОВИ ТЕХНОЛОГИИ ВО ТРЕТМАНОТ НА ОТПАДНИ ВОДИ СО ПРИМЕНА НА ГРАНУЛИРАНИ МИКРООРГАНИЗМИ**

Кунгуловски Цоко<sup>1</sup>, Наталија Атанасова-Панчевска<sup>1</sup>, Кунгуловски Иван<sup>2</sup>, Вице  
Шољан<sup>3</sup>  
[dzokok@yahoo.com](mailto:dzokok@yahoo.com)

<sup>1</sup>Катедра за микробиологија и микробна биотехнологија, Институт за биологија,  
Природно-математички факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје,  
Република Македонија

<sup>2</sup>Био Инженеринг, Истражувачки центар за применета микробиологија и  
биотехнологија, Скопје, Република Македонија

<sup>3</sup>Puratis Sàrl, CH-1350 Orbe

### **Апстракт**

Отпадните комунални и индустриски води претставуваат хетерогена мешавина на различни соединенија, меѓу кои спаѓаат и биолошки тешко разградливи соединенија, како што се амонијакот, цијанидите, тиоцианатите и многу токсични органски загадувачи, како што се фенолите, моно- и полициклични соединенија кои содржат азот и полициклички ароматски јаглеводороди (ПАН) [1]. Како резултат на тоа, овие соединенија ја ограничуваат примената на класичните биолошките процеси за третман на ваков вид ефлуенти со примена на биоактивна тиња [2]. Поради уникатните грануларни атрибути, аеробната гранулација може успешно да се користи за отстранување на споменатите соединенија.

Цел: Целта на истражувањето на овој проект е производство и практична примена на аеробни гранулирани микроорганизми.

Материјал и методи: Издвојувањето нови соеви микроорганизми од активната тиња е вршено со примена на класични микробиолошки техники. Детерминацијата и карактеризација на изолатите базирани на 16s RNA е спроведена со користење CR-технологија. Следењето на кинетиката на разградувањето на некои соединенија во влезната и во излезната отпадна вода од биолошкиот систем за третман на отпадни води е спроведено во лабораториски и во полуиндустриски биореактори.



Резултати: Успешно е спроведен процес на производство на аеробни гранули од претходно изолирани и адаптирани бактериски изолати. Со подготовка на аеробни гранули, во лабораториски и полуиндустриски услови, се успеа стабилно да се отстранат азотните и други биолошки тешко разградливи соединенија. Произведени се 10 тони бактериска биомаса од аеробни гранули и тие се аплицирани во две пречистителни станици, една за третман на индустриски отпадни води и една за третман на комунални отпадни води.

Заклучок: Со примена на стабилни аеробни гранулирани микроорганизми, претходно селектирани и адаптирани на високи содржини азотни и други токсични соединенија, може да се постигне квалитетно прочистување на отпадните води во постојните, односно во новоизградените пречистителни станици.

**Клучни зборови:** аеробни гранулирани микроорганизми, биолошки третман на индустриски и комунални отпадни води

## **Abstract**

The municipal and industrial wastewater constitute a heterogeneous mixture of different compounds, including biologically difficult degradable compounds such as ammonia, cyanides, thiocyanates and very toxic organic pollutants, such as phenols, mono- and polycyclic compounds containing nitrogen and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) (1). As a result, these compounds limit the use of classical biological processes for the treatment of this type of effluents by applying bioactive sludge (2). Because of the unique granular attributes, the aerobic granulation can be successfully used to remove the aforementioned compounds.

The purpose of the research in this project is production and practical application of aerobic granular microorganisms.

The isolation of new strains of microorganisms from active sludge was carried out using classical microbiological techniques. The determination and characterization of the isolates based on 16s RNA is carried out using PSR technology. The monitoring of the kinetics of degradation of individual compounds in the inlet and outlet wastewater from the biological wastewater treatment system is carried out in laboratory and semi-industrial bioreactors.

The process of aerobic granules production from previously isolated and adapted bacterial isolates has been successfully implemented. With the preparation of aerobic granules, in laboratory and semi-industrial conditions, it was possible to stabilize nitrogen and other biologically difficult degradable compounds. 10 tons of bacterial biomass from aerobic granules have been produced and applied in two treatment plants, one for industrial wastewater treatment and one for treatment for municipal wastewater.

With the usage of stable aerobic granular microorganisms, previously selected and adapted to high content of nitrogen and other toxic compounds, quality wastewater treatment can be achieved in existing or newly built treatment plants.

**Keywords:** aerobic granular microorganisms, biological treatment of industrial and municipal wastewater.

## **ВОВЕД**

Како што напредувале општествата од номадски култури до култури со постојани живеалишта, грижата за цврстиот отпад и отпадните води станува сè поголема. Во објекти на Вавилон и објекти од Минојскиот период (3 милениум п.н.е.) пронајдени се керамички цевки вкопани во земја кои се користеле како канализациски системи за одведување на отпадните води од населените места [1]. Разбирањето и знаењето на Грците за врската помеѓу квалитетот на водата и јавното здравје и нивните санитарни системи биле пренесени на Римјаните. Во градот Рим биле користени подземни мрежи за да се канализираат отпадните води од градот во блиската река Тибар. Сепак, испуштањето на отпадни води во реката надвор од градот предизвикувало грижи за здравјето на луѓето. Падот на Римската империја значел и загуба на знаењата за хигиенската пракса и предизвикал повеќе проблеми. Отпадните води повторно се испуштале низ улиците и во каналите. За време на Средниот век имало појава на епидемии во поголемите европски градови. Но, поврзаноста меѓу фекалните материи, загадените бунари од кои се пиела водата и болестите не била сосема јасна. Иако од 12 до 15 век се јавиле промени во третманот на водите, главно со прокламација на парламентите и религиски закони, сепак не постоеле адекватни методи за собирање и транспорт на течниот и цврстиот отпад. Користењето на каналите како канализација доведувало до загадување на водата за пиење и појава на многу епидемии, како на пример чума и колера, а исто така и

неподносливиот мирис била причина населението да ги напушти таквите места. За време на ренесансата растела свеста и загриженоста на граѓаните. На пример, во Англија, кралот Хенри VII ги забранил кланиците во градовите поради опасност од ширење на зарази. За времето на републиката во Холандија “Hoogheemraden” било забрането загадување на водите за пиење. Додатно на тоа, каналите во градовите имале често дотур на свежа вода. Светската епидемија на колера во 19-от век довела до зголемување на свеста за важноста на чистата вода за пиење, кога англискиот лекар Џон Сноу открил релација меѓу контаминирани бунари за пиење и колерата во 1854 година. По големата чума во Лондон во 1857 година, британската влада одлучила да изгради канали за транспорт на отпадните води од градовите во морето. Во декадите по формирањето на лондонскиот канализациски систем во многу западни градови се конструирале исти вакви системи [2]. Зголемената полуција на површинските води по изградбата на канализациските системи довела до намалување на квалитетот на водата во површинските води. За прв пат третманот на отпадните води е развиен во 1860 година со изградба на истечни канали во близината на Лондон. Во истиот период биле развиени и септички системи со цел да се отстранат цврстите отпадни материи од течниот дел. Ова не го решило проблемот, бидејќи патогените микроорганизми кои останувале по прочистувањето немало начин како да се отстранат од водите. Frankland во 1868 развил специфичен филтер изработен од песок и почва, со цел да се подобри вкупниот квалитет на третираната отпадна вода од септичките јами [1].

Пред Втората светска војна само неколку градови во Европа и мал број фабрики имале изградено пречистителни станици за третман на отпадни води, кои главно содржеле само системи за прелиминарен третман на водата (примарни таложници) и песочни филтри. Овие системи некаде дополнително биле надградени со анаеробни дигестори кои се користеле за стабилизација на вишокот тиња. Првата генерација на системи со активна тиња била изградена во 1920 година, по откривањето на активната тиња од страна на Arden и Lockett во 1914 [1]. Од самите почетоци на примена на биоактивната тиња биле поставени два основни процеси, континуиран процес кој содржи три фази на третман на отпадната вода со истовремено рециклирање на активната тиња и процес на парцијално полнење и празнење на системот, денес познат како sequencing batch reactor (SBR). Скоро сите

SBR системи кои биле изградени во периодот од 1914 до 1920 година биле реконструирани и пренаменети во континуирани системи.

Развојот на аеробните гранули најпрво бил објавен од страна на Chung и сор. (2002) [3] во cUASB (continuous aerobic upflow sludge blanket reactor). Исто така, во нивните биореактори биле откриени аеробни гранули со дијаметар од 2-8 mm со добри својства за таложење. Аеробната гранулација е забележана и во секвентните сериски реактори (SBR) [4]. Аеробната гранулација е искористена во третманот на силно загадени отпадни води кои содржат органски материи, азот и фосфор, како и токсични материи [5] [6].

## **ЦЕЛ**

Целта на овој труд е развој на иновативна технологија за производство и индустриска припрема на аеробни гранулирани микроорганизми, способни да отстрануваат тешко биоразградливи соединенија присутни во комунални и индустриски отпадни води.

## **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ**

За изолирање, култивирање, одржување, физиолошка и генетска карактеризација на микроорганизмите кои се користени во експериментите за третман на комунални и индустриски отпадни води, користена е отпадна вода и биоактивна тиња со потекло од пречистителна станица за третман на комунални и индустриски отпадни води, сопственост на коксарницата во Дунафер, Dunaújváros, P. Унгарија. За издвојување на бактериските изолати, како и за следење на процесот на гранулација користена е TSA (триптоза соја агар) и хемиски дефинирана синтетска подлога („вештачка отпадна вода“). За култивирање на нитрификаторни бактерии користен е селективен минерален медиум [6]. Секој изолат е култивиран како чиста култура и добиената биомаса е употребена за изолација на ДНК со методата со висока концентрација на сол. За амплифицирање на скоро целосната секвенца од SSU (16S ДНК) бактериски ген беа искористени универзални бактериски олигонуклеотидни прајмери: преден 338F (5' - ATT ACC GCG GCT GCT GG - 3') со кој се опфаќа V3 регионот [7] и реверзен 1406R (5' - ACG GCG GGT GTG TAC - 3') со кој се опфаќа V9 регионот [6]. За спроведување на лабораториските експерименти со цел отстранување на азотните соединенија од

отпадната вода од коксарницата со спроведување на процес на нитрификација и денитрификација користена е лабораториска опрема: лабораториски биореактор опремен со зона за нитрификација и зона на денитрификација, компресор, рН метар, оксиметар и сонда за мерење на работната температура и др. Трансферот на лабораториски добиената гранулираната микробна култура беше спроведен во полуиндустриски пропагатор од 1 m<sup>3</sup> и преадаптиран биолошки базен од 600 m<sup>3</sup> (пропагатор М6) опремен со миксери, компресор, рН метар, оксиметар и сонди за мерење на работната температура.

## **РЕЗУЛТАТИ**

Коксарницата Дунафер просечно произведува 0,3-4 m<sup>3</sup> отпадна вода на еден тон произведен кокс. Најголемиот дел од отпадната вода се создава во процесот на ладењето на коксниот гас и обработката на амонијакот, катранот, нафталиноот, фенолот и лесното масло. Отпадните води од овој процес содржат значителни концентрации на полихлорирани бифенили до 30 mg L<sup>-1</sup>, амонијачен азот од 0,1-2 kg на еден тон произведен кокс и цијаниди од 0,1-0,6 kg тон<sup>-1</sup> произведен кокс. За издвојување на чисти култури микроорганизми користена е гранулирана микробна култура претходно умножена и адаптирана на отпадна вода од коксарата Дунафер. Издвојувањето на чистите култури микроорганизми е спроведено согласно претходно припремен протокол. По инкубација на 25°C во тек на 20 денови на селективен минерален медиум за нитрификаторни и денитрификаторни бактерии, сите видливи колонии беа презасејани на автоклавиран ТСА медиум [6]. Со повторување на методата на презасејување се добија 32 изолати од кои 18 беа добиени со презасејување од селективниот медиум за раст на нитрификаторни бактерии и беа именувани како И.1-18, а 14 со презасејување од селективниот медиум за раст на денитрификаторни бактерии и беа именувани како И. 19-32. По спроведената проверка за способноста на присутните микроорганизми да ги разградуваат азотните соединенија присутни во тестираната отпадна вода, издвоените бактериски изолати беа подетално идентификувани. Со користење на класични микробиолошки техники, 16S рДНК техники од молекуларната биологија и сквенционирање на изолираната РНК, поблиску беа детерминирани 32 соеви бактерии, од кои 23 се грам негативни и 9 грам позитивни бактерии.

Лабораториските експерименти за испитување на способноста за

отстранување на азотни соединенија со помош на ГМК беше спроведено во 2L лабораториски биореактор и отпадни води од коксарницата Дунафер.

Хемискиот состав на отпадните води се дадени во Табела 1. Присутните органски соединенија во отпадните води укажуваат на присуството на токсични соединенија во отпадните води, на што укажуваат и други автори [8]. Концентрациите на соединенијата во испитуваните води (Табела 1) многу се слични со концентрациите кои ги наведуваат другите автори за отпадни води со потекло од коксарници [9]. Тоа покажува дека отпадните води на избраната индустрија кои се користени во испитувањето, поседуваат високи концентрации на различни токсични и органски загадувачи, потврдени инхибиторни на растењето за голем број микроорганизми. Исто така, од спроведените анализи се заклучи дека отпадните води од избраната коксарница се богати со различни изолати нативни култури микроорганизми. Застапеноста и разновидноста на соевите микроорганизми од нативна култура во отпадната вода од коксарниците зависи од технолошкиот процес [8].

*Затадување на траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

**Табела 1.** Хемиски состав на 24 часовни репрезентативни примероци влезна отпадна вода од пречистителна станица за третман на комунални и индустриски отпадни води, косарницата Дунафер, Dunaújváros, Р. Унгарија

Број на проба	Дата на земање проби	ПАРАМЕТРИ										
		pH	Phenol	COD	N-NH <sub>4</sub>	N <sub>KJELD</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Сусп. мат.	N <sub>ТОТ</sub>	SCN	CN	H <sub>2</sub> S
		-	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
Инфлуен Т 1	12.3.12	8,6	453,3	2900	268	375	325	200	700	494,4		73,1
Инфлуен Т 2	14.3.13	8,3	434,9	3200	328,0	443,0	340,0	260	783,0	577,0	4,0	76,5
Инфлуен Т 3	18.3.14	8,3	539,4	3100	270,0	398,0	316,0	210	714,0	512,9	0,6	56,1

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Експериментите за нитрификација и денитрификацијата на азотни соединенија на отпадната вода од коксарницата се спроведени во лабораториски биореактор со работен волумен од 2 L. Во изведувањето на експериментот за отстранување на азотни соединенија од отпадни води од избраната коксарница употребена е гранулирана микробна култура (ГМК). Сите бактерии кои ја сочинуваат гранулирана микробна култура се издвоени од секундарниот таложник на пречистителната станица за третман на индустриските отпадни води, а во кои се присутни големи концентрации азотни соединенија.

Компаративни испитувања за активноста на гранулираната мешана микробна култура и нативната биоактивна тиња за нитрификација се спроведени со употреба на 24 часовна влезна отпадна вода (Табела 3). Биолошките тестови беа следени со спроведување на последователни експерименти со концентрација на растворен кислород 3-6 mg O<sub>2</sub>L<sup>-1</sup>, температура 20-25°C и одржување на рН-вредноста на 8,5. Добиените резултати од спроведените тестови се прикажани табеларно и графички (Табела 2 и Слика 1).

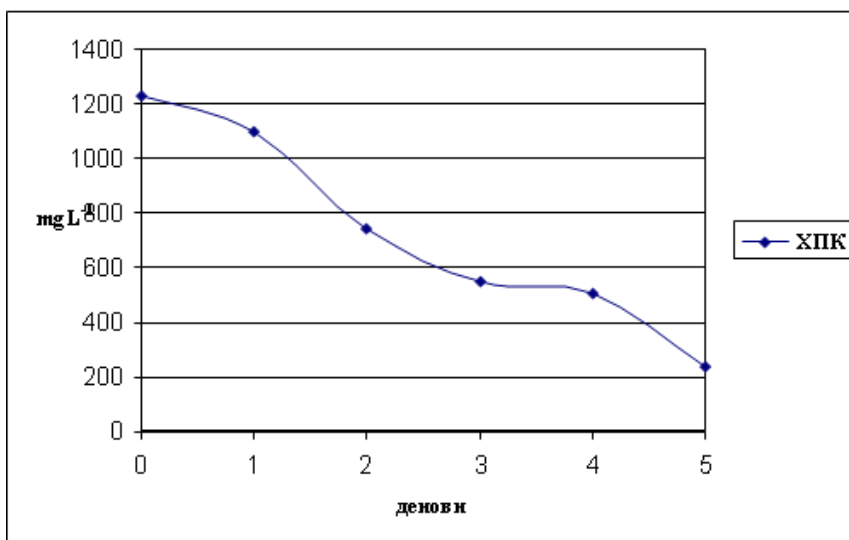
**Табела 2.** Промени во концентрациите на ХПК, амонијак, нитрати, нитрити и рН-вредност во текот на спроведениот процес на нитрификација на отпадна вода од коксарница со примена на ГМК и оптимални процесни параметри: концентрација на кислород од 3-6 mg O<sub>2</sub>L<sup>-1</sup> и температура од 22,8-27,5°C.

Денови	ХПК mg L <sup>-1</sup>	NH <sub>4</sub> -N mg L <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> -N mg L <sup>-1</sup>	NO <sub>2</sub> -N mg L <sup>-1</sup>	pH
0	1234	1,3	23,1	0,26	8,73
1	1097	3,8	24,5	0,26	8,57
2	744	19,3	20,7	0,29	8,32
3	548	33,8	21,3	0,25	8,66
4	509	33,6	26	0,22	8,64
5	235	26,5	37,9	0,17	7,98

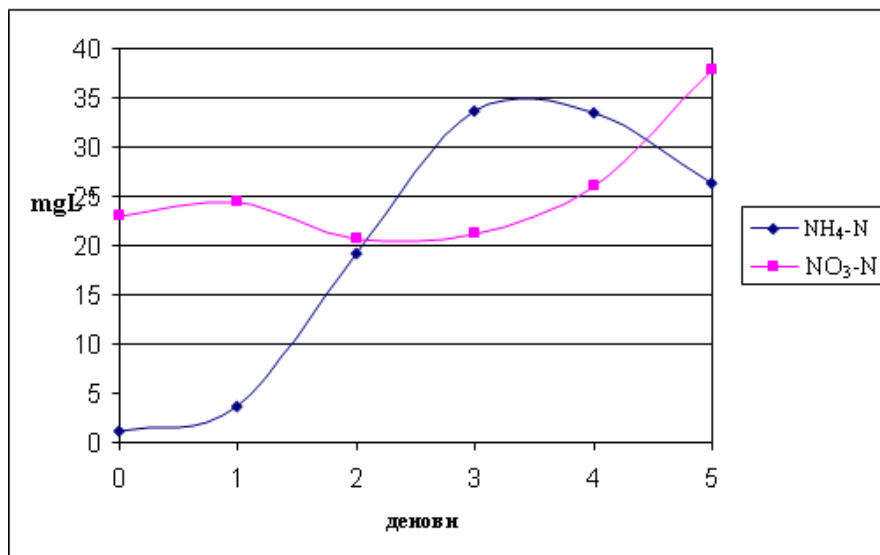


**Табела 3.** Компаративни испитувања за биопродукција на микробна биомаса на гранулираната мешана микробна култура и нативната биоактивна тиња за нитрификација се спроведени со употреба на 24 часовна влезна отпадна вода

Биотест	ПАРАМЕТАР		
	Биомаса	pH	t
	g L <sup>-1</sup>	-	°C
ГМК	2,0-2,46	6,17-9,45	22,8-27,5
Активна тиња	3,1-19,0	5,54-7,62	22,4-25,8



**Слика 1.** Промени во концентрациите на XPK вредноста во текот на петдневна нитрификација на отпадна вода од коксарница со примена на ГМК и оптимални процесни параметри: концентрација на кислород од 3-6 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> и температура од 20-25°C.



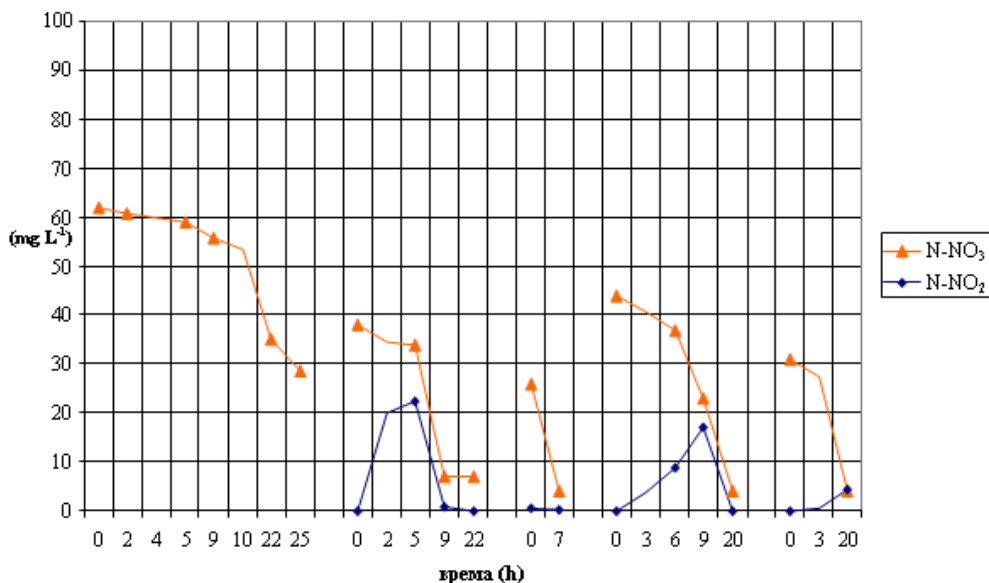
**Слика 2.** Промени во концентрациите на нитрати и амонијак во текот на петдневна нитрификација на отпадна вода од коксарница со примена на ГМК и оптимални процесни параметри: концентрација на кислород од 3-6  $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  и температура од 20-25°C.

Резултатите од испитувањето за активноста на гранулираната мешана НИ/ДНИ култура во процесот на биооксидација со нитрификација на отпадна вода од коксарница покажуваат способност за хидролиза на азотните соединенија до амонијак изразен како амонијачен азот. Процесот на нитрификација се одвиваше со почетна концентрација на ГМК од 2,0-2,46  $\text{g L}^{-1}$  и без корекција на рН-вредноста.

Брзината со која ГМК ги редуцира органските соединенија, изразени како ХПК вредност, и го оксидира амонијакот во нитрат во отпадната вода од коксарницата (Табела 2, Слика 1 и Слика 2) значително е ефикасна, на што го укажуваат и поголем број на автори [10].

Со спроведувањето на експериментот за денитрификација на нитрифицираната отпадна вода во која концентрацијата на нитратите изразен како нитратен азот изнесуваше 62  $\text{mg L}^{-1}$  ГМК во текот на 7-25 часа на одвивањето на процесот покажа висока активност за процесот на денитрификација и тоа 95 % редукција на нитратите во гасовитиот азот (Слика 3).

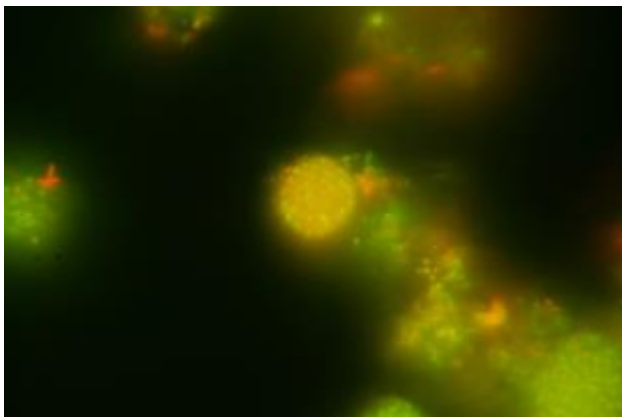
Концентрација на ГМК =  $1,54-2,46 \text{ g L}^{-1}$



Слика 3. Кинетика на процес на денитрификација на отпадна вода од коксарница со примена на ГМК.

Од спроведените експерименти, со цел да се испита активноста на ГМК во процесот на денитрификација на нитрифицираната отпадна вода од коксара употребен е натриум ацетат како извор на јаглерод (донор на електрони), заради неговата непосредна употреба во синтезата на биомасата. Во литературата се наведуваат и други соединенија како извори на јаглерод употребени во процесот на денитрификација, на пример метанол, етанол, различни органски киселини и други [11]. Исто така, во литературата се наведува повисок сооднос C:N потребен за постигнување на ефективна денитрификација [12], на пример сооднос C:N = 4-10:1, наместо сооднос C:N = 0,7:1 кој е употребен во експериментот при кој се постигнува ефективна денитрификација.

ГМК се одржа во вид на гранули во текот на испитувањето на нејзината активност при процесот на нитрификација и при процесот на денитрификација (Слика 4).



**Слика 4.** Микроскопски изглед на гранула во ГМК при процес на нитрификација (400x).

Гранулираната микробна биомаса која претходно беше користена во експериментите и помина сложен процес на адаптација, беше умножена во лабораториски биореактор од 2 L. Умножувањето се спроведе на хемиски дефинирана подлога (Табела 1) при оптимални еколошки услови: почетна концентрација на биомаса  $1,2 \text{ g L}^{-1}$ , концентрација на растворениот кислород 3-6  $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ , рН-вредност 7,4-8,8 и температура 20-25°C, за период од 30 денови (Табела 4.).

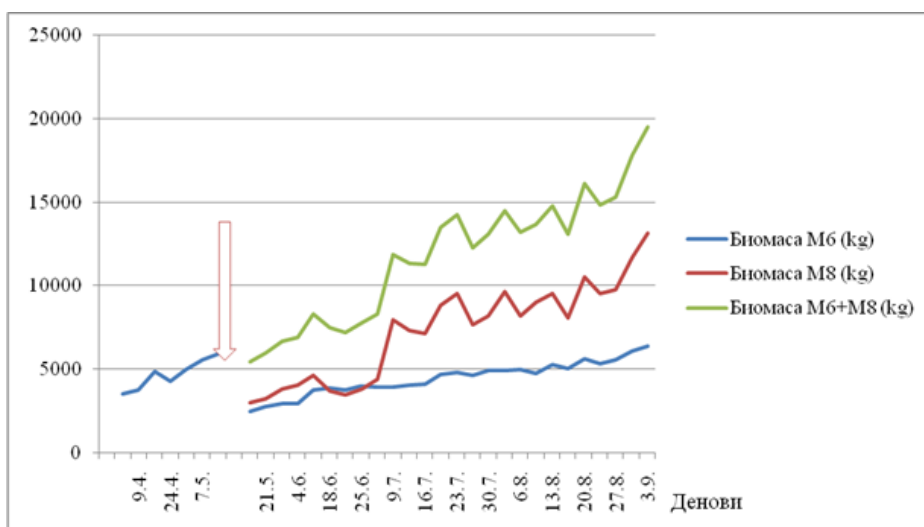
**Табела 4.** Биопродукција на ГМБ во лабораториски биореактор од 2 L во текот на 30 дена

Денови	Биомаса ( $\text{g L}^{-1}$ )	рН
0	1,2	8,45
5	2,6	8,53
10	4,9	8,5
15	5,8	8,64
20	6,6	8,6
25	7,6	8,5
30	9,2	8,47

Густата гранулирана микробна биомаса ( $9,2 \text{ gL}^{-1}$ ) умножена во лабораториски биореактор од 2 L, се пренесе во биореактор од 1  $\text{m}^3$ . Умножувањето се спроведе при оптимални еколошки услови: почетна концентрација на биомаса  $0,3 \text{ g L}^{-1}$ , концентрација на растворениот кислород 3-6  $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ , рН-вредноста 7,4-

8,8 и температура 20-25°C, за период од 30 денови. Прихранувањето се спроведуваше на секои 24 часови со додавање на диамониум сулфат и натриум ацетат, со користење на соодветна софтверска програма.

Гранулираната биомаса од биореакторот со волумен од 1 m<sup>3</sup> се згуснува и густата биомаса се пренесува во биореактор М6 со вкупен волумен од 600 m<sup>3</sup>. Умножувањето се спроведе при истите оптимални еколошки услови како претходните тестови: почетна концентрација на биомаса 0,3 gL<sup>-1</sup>, концентрација на растворениот кислород 3-6 mg O<sub>2</sub>L<sup>-1</sup>, рН-вреднос 7,4-8,8 и температура 20 -25°C, за период од 1 година. Во периодот од 1 година со умножување беа добиени 5900 kg микробна биомаса, со концентрација на биомасата од 8,8 g L<sup>-1</sup> во работен волумен од 675 m<sup>3</sup> (Слика 5).



Слика 5. Трансфер на гранулирана микробна култура од биобазенот М6 во М8

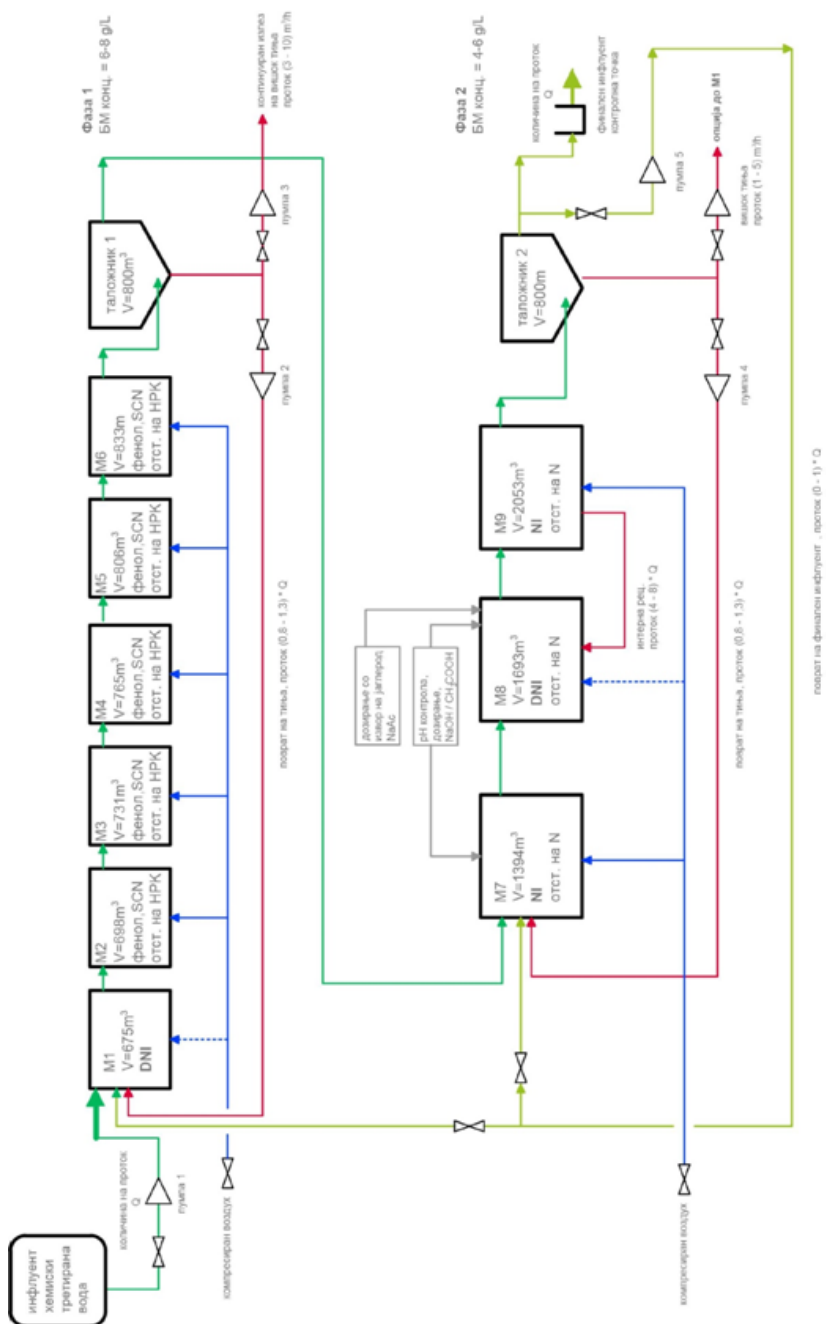
Со цел да се подобри биолошкиот процес за третман на отпадните води од коксарницата дополнително беа изградени три бетонски базени, означени како М7, М8 и М9, со вкупен капацитет од 5100 m<sup>3</sup>, опремени со неопходната опрема за спроведување на процеси на нитрификација и денитрификација. Умножената биомаса од реконструираниот М6 биобазен е пренесен во биобазените М7-М9. Отпадната вода која делумно се прочистува во стариот дел од пречистителната станица (М1-М6) гравитационо се насочува кон новоизградените М7-М9 биобазени. Во биобазенот М7 се спроведува процес на нитрификација, во

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

биобазенот М8 се спроведува процес на денитрификација и во биобазенот М9 се спроведува процес на финално полирање на водата. Вишокот на микробна биомаса од биобазенот М9 се рециклира во биобазенот М7. Биолошкиот процес во биобазените М7-М9 беше спроведен при следните оптимални параметри:

- за процес на нитрификација: концентрација на растворен кислород од  $2,5-6 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ , температура  $20-26^\circ\text{C}$  и рН-вредност  $7,0-8,5$ .

- за процесот на денитрификација: концентрација на растворен кислород  $0,2-0,4 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ , температура  $20-23^\circ\text{C}$  и почетна концентрација на гранулирана микробна биомаса од  $3 \text{ g L}^{-1}$ . Денитрификацијата беше подржувана со додавање на натриум ацетат во водата.



Слика 6. Шематски приказ на реконструирана пречистителна станица за третман на комунални и индустриски отпадни води од коксарницата Дунафер со примена на гранулирана микробна биомаса

**Табела 5.** Повеќемесечен двостепен континуиран процес на нитрификација со денитрификација на отпадната вода од коксарницата Дунафер со примена на гранулирана микробна култура

	<b>N-NH<sub>4</sub></b>	<b>XПК</b>	<b>ФЕНОЛИ</b>	<b>S-CN</b>
Влезни параметри (mg L <sup>-1</sup> )	349	5000	928	1044
Излезни параметри (mg L <sup>-1</sup> )	12	430	0,1	2,9
<b>Редукција (%)</b>	<b>96,6</b>	<b>91,4</b>	<b>99,99</b>	<b>99,7</b>

Резултатите од повеќемесечниот двостепен континуиран процес на нитрификација со денитрификација на отпадната вода од коксарницата Дунафер со примена на гранулирана микробна култура, прикажани се на Табела 5. Намалувањето на концентрацијата на органските соединенија изразени како ХПК-вредност ја достигна вредноста од 91,4 %, концентрацијата на амонијачниот азот е намалена за 96,6 %, намалување на концентрацијата на фенолите е за 99,99% а на тиоцијанидите за 99,7%.

## **ЗАКЛУЧОК**

Врз основа на добиените резултати од спроведените експерименти во овој труд, може да се донесат следниве заклучоци:

- Отпадните комунални и индустриски води користени во експериментите, содржат високи концентрации на токсични и тешко биоразградливи соединенија, како што се амонијак, цијаниди, сулфо-цијаниди, хетероциклични соединенија и полициклични ароматични соединенија, како што се феноли, масла, нафталин, пиридин, квинолин и антрацити.
- Со користење на биоактивна тиња од прочистителната станица за третман на индустриски отпадни води од коксарница, во лабораториски услови, успешно е произведена гранулирана бактериска култура.
- Од гранулираната бактериска култура, со користење на стандардни микробиолошки техники, издвоени се 32 изолати нитрификаторни и



денитрификаторни бактерии, кои со примена на современи методи на молекуларната микробиологија се детерминирани до вид, односно сој.

- Гранулираната бактериска култура успешно спроведува процес на нитрификација на амонијакот присутен во индустриските отпадни води од коксарницата при следните оптимални еколошки услови: концентрација на кислород  $3-6 \text{ mg L}^{-1}$ , температура  $20-28 \text{ }^\circ\text{C}$ , и pH вредност од 6,9 до 8,8.
- Гранулираната бактериска култура успешно спроведува процес на денитрификација на произведениот нитрат во процесот на нитрификација на индустриските отпадни води од коксарницата при следните оптимални еколошки услови: концентрација на кислород  $0,2-0,4 \text{ mg L}^{-1}$ , температура  $20-28 \text{ }^\circ\text{C}$  и pH вредност од 6,9-8,8, со континуирано додавање на натриум ацетат како извор на јаглерод во сооднос C:N = 0,7:1.
- Во периодот од 1 година со умножување беа добиени 5900 kg аеробна гранулирана микробна биомаса, со концентрација од  $8,8 \text{ g L}^{-1}$  во работен волумен на индустриски пропагатор од  $675 \text{ m}^3$  при оптимални еколошки услови: почетна концентрација на биомаса  $0,3 \text{ g L}^{-1}$ , концентрација на растворениот кислород  $3-6 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ , pH-вредност 7,4-8,8 и температура  $20-25 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Добиените резултати од овој труд се искористени како основи за развивање на нов поефикасен биолошки процес за третман на отпадните води од коксарницата Дунафер. Постоечката прочистителна станица е реконструирана со изградба на дополнителни три бетонски биолошки базени (M7, M8 и M9) со вкупен волумен од  $5100 \text{ m}^3$ . Во сите базени инјектирана е аеробна гранулирана бактериска биомаса во концентрација  $2,6 \text{ g L}^{-1}$  и спроведен е биолошки процес при следните оптимални еколошки услови:
  - ❖ за процес на нитрификација: концентрација на растворен кислород од  $2,5-6 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ , температура  $20-26^\circ\text{C}$  и pH-вредност 7,0-8,5.
  - ❖ за процес на денитрификација: концентрација на растворен кислород  $0,2-0,4 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ , температура  $20-23^\circ\text{C}$  и почетна концентрација на гранулирана микробна биомаса од  $3 \text{ g L}^{-1}$ .

Денитрификацијата беше подржувана со додавање на натриум ацетат во водата.

- Во континуираниот процес на нитрификација и денитрификација на азотните соединенија присутни во отпадната вода од коксарницата со примена на аеробна гранулирана биомаса, при оптимални процесни параметри кои се одржувани во технолошкиот процес кој се спроведуваше во биобазените М7, М8 и М9 на пречистителната станица: температура 19,8–27,5°C, проток на воздух од 1,3-1,7 L min<sup>-1</sup>, рН = 6,9 – 7,8 постигнати се следните резултати:
  - Вредноста на ХПК е намалена од 5000 mg L<sup>-1</sup> на 430 mg L<sup>-1</sup> (намалување за 91,4%),
  - концентрацијата на S-CN вредноста е намалена од 1044 mg L<sup>-1</sup> на 2,9 mg L<sup>-1</sup> (намалување за 99,7%),
  - концентрацијата на фенолите е намалена од 928 mg L<sup>-1</sup> на 0,1 mg L<sup>-1</sup> (намалување за 99,99%),
  - концентрацијата на N-NH<sub>4</sub> вредноста е намалена од 349 mg L<sup>-1</sup> на 12 mg L<sup>-1</sup> (намалување за 96,6%).

## **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] A.N. Angelakis, D. Koutsoyiannis, G. Tchobanoglous, *Water Res.*, 39, **2005**, 210-220.
- [2] S.R. Weijers, *PhD. Thesis*, Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, **2000**, 257.
- [3] J. Chung, W. Bae, *Biodegradation*, 13, **2002**, 163.
- [4] G. Tchobanoglous, F.L. Burton, H.D. Stensel, Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. (4th ed.). New York: McGRAW-HILL:ISBN, **2004**, 007-124140-X.
- [5] H.L. Jiang, A.M. Maszenan, J.H. Tay, *Appl Microbiol Biotechnol*, 75, **2007**, 1191–200.
- [6] И. Кунгуловски, *Докторска дисертација*, Природно-математички факултет. **2016**, Скопје.
- [7] Li J, Garny, T. Neu, He M, Lindenblatt, H. Horn, *Water Sci. Technol.*, 55(8–9), **2007a**, 403–11.
- [8] P. Blumenroth, K. Bosecker, *Mikrobieller Abbau von Cyanid in Prozeß wässern der Goldgewinnung*. In: Wippennann, Th. (Hrsg.). *Bergbau und Umwelt*, Springer Verlag Berlin, **2000**, 183-197.
- [9] W. Bae, S. Baek, J. Chung, Y. Lee, *Biodegradation*, 10, **2002**, 315-322.
- [10] S. Wuertz, S. Okabe, M. Hausner. *Water Sci. Technol.*, 49, **2004**, 327–36.
- [11] J. J. Beun, F. Paletta, M. C. M. Van Loosdrecht, J. J. Heijnen, *Biotechnol. Bioeng*, 67, **2000a**, 379-389.
- [12] S.F. Yang, J. H. Tay, Y. Liu. *Curr. Microbiol*, 49, **2004c**, 42–6.

*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

## **ПРИМЕНА НА МЕМБРАНСКО СЕПАРАЦИОНИ ПРОЦЕСИ ЗА ТРЕТМАН НА ОТПАДНИ ВОДИ ОД АЕРОДРОМСКИ ТЕРМИНАЛИ**

Кирил Лисичков<sup>1</sup>, Ерхан Мустафа<sup>1</sup>, Тодор Ановски<sup>1</sup>, Зоран Божиновски<sup>2</sup>, Стефан Кувенциев<sup>1</sup>, Мирко Маринковски<sup>1</sup>, Дејан Димитровски<sup>1</sup>, Катерина Атковска<sup>1</sup>  
e-mail:klisickov@yahoo.com

<sup>1</sup>Технолошко-металуршки факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје,  
Република Македонија

<sup>2</sup>Јавно претпријатие „Водовод и Канализација“, Центар за санитарна контрола,  
Скопје, Република Македонија

### **Апстракт**

Примената на мембранско - сепарационите процеси во третманот на водните ресурси (пречистување на површински и отпадни води) во последниве години е во значителен подем. Производството на нови типови на мембрани со различни пермеабилни карактеристики и перформанси овозможува истите лесно да се вклопат во мембрански модули кои сè повеќе се користат во процесите на мембранска филтрација.

Современата мембранска технологија, која е дел од биолошкиот третман, овозможува добивање на третирана вода со висок квалитет, што е во согласност со сè построгите стандарди и регулативи за влијанието на отпадните води врз животната средина. Применетите мембрански модули ја сепарираат третираната вода од активната мил, со што се овозможува процесот во мембранскиот биореактор да се одвива со оптимална концентрација на активна мил и ниска концентрација на суспендирани материи во процесираната вода. Во принцип постојат шест видови на мембрански конфигурации кои можат да се користат во процесот на мембранска филтрација и тоа: мембранска конфигурација со рамни плочи, мембранска конфигурација со шупливи влакна, повеќецевна мембранска конфигурација, конфигурација на капиларни цевки, филтер-касета и спирален диск. Претходно споменатите мембрански конфигурации, најчесто се произведуваат одделно, со цел да бидат имплементирани во соодветни мембрански модули.

Во мембранско сепарационите процеси за третман на отпадни води се

користат следните конфигурации: конфигурација со рамни плочи, конфигурација со шупливи влакна и повеќецевна конфигурација.

Целта на овој труд е дизајн на мембрански биореактор (МБР) за третман на отпадните води од терминалите на аеродромот во Скопје. Дизајнираната МБР постројка за пречистување на отпадните води е со следниве карактеристики: сет од асиметрични PVDF мембрани со димензии на пори од 0,08  $\mu\text{m}$  спакувани во два мембрански модула од 100 составни единици, со вкупна активна мембранска површина од 180  $\text{m}^2$ , работен мембрански флуks од 15-21  $\text{l/m}^2\cdot\text{h}$  при трансмембрански притисок до максимални 200 mbar и гравитационен режим на мембранска филтрација. Работниот капацитет на студираниот систем изнесува 85  $\text{m}^3$  отпадна вода на ден и вкупен работен волумен на системот за третман на отпадни води од 81  $\text{m}^3$ .

**Клучни зборови:** отпадни води, мембрански биореактор, активна мил

## **Abstract**

The application of membrane separation processes in water treatment (purification of surface and waste water) in the last few years is rapidly increasing. The production of new membrane types with different permeable characteristics and performances allows them to be fitted in membrane modules that are already been used in the membrane filtration.

The quality of the effluent from the wastewater plant is very important since the local regulations of the outgoing parameters are getting tighter. The contemporary membrane technology which is part of the biological treatment allows high quality effluent. It is a separation of biological active sludge generated during the wastewater treatment process, as it is allowing high operating sludge concentrations and low suspended solids in the filtered water. There are six types of membrane configurations which can be used in the membrane filtration process: flat sheet, hollow fiber, multi-tubular, capillary tube, pleated filter cartridge, spiral wound. All membranes are produced in a way that allows embedding in appropriate module. From the listed six types of available membrane configuration only three are suitable for membrane bioreactor technology: flat sheet, hollow fiber, multi-tubular.

In the frame of this article, the design of membrane bioreactor (MBR) for airport

terminals wastewater treatment in Skopje was performed. The investigated wastewater treatment plant by MBR system has the following properties: the asymmetric membranes have nominal pore size of 0.08 $\mu$ m. The membrane configuration is composed of flat sheet type PVDF membrane panels mounted in two modules, each holding up to 100 pieces. The operating filtration flow is 15 to 21 l/m<sup>2</sup>·h with maximum transmembrane pressure (TMP) 200 mbar and works with gravitation filtration. The operating capacity of the studied MBR system is 85 m<sup>3</sup>/day and the plant effective volume is 81 m<sup>3</sup>.

**Keywords:** wastewater, membrane bioreactor, active, sludge

## **ВОВЕД**

Во современиот свет чистата вода претставува единствен и непроценлив природен ресурс и истата има важен стратешки и економски потенцијал. Намалувањето на резервите на вода за пиење се должи на зголемување на потрошувачката на вода, а со тоа и зголемување на загаденоста на водата. Во некои региони во светот поради природни и климатски промени, преголема густина на население и недоволна заштита на изворите на вода, постои недостаток на здравствено - исправна вода. Најголеми потрошувачи на вода се земјоделството, индустријата и домаќинствата. Комуналните отпадни води кои потекнуваат од домаќинствата и индустријата содржат нерастворливи материи (67% органски), растворливи материи (50% органски) и биолошки загадувачи (патогени вируси, бактерии, паразити). За пречистување на комуналната отпадна вода од горенаведените полутанти се применуваат различни физички, хемиски и биохемиски методи. Кои од методите ќе се применат во пречистувањето на отпадните води, зависи од степенот на загаденоста, видот на загадувањето (органско, неорганско, токсично) и намената на пречистената вода. Технолошкиот процес на пречистување на отпадната вода се состои од примарен, секундарен и терцијален третман.

Примарното пречистување на отпадните води опфаќа отстранување на цврсти материјали од минерално или органско потекло кои, во зависност од нивната густина, пливаат на површината на отпадната вода или се таложат на дното. Со примарното пречистување не може да се отстранат сите органски материи, особено оние кои се наоѓаат во колоидна дисперзирана форма. Поради тоа

### *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

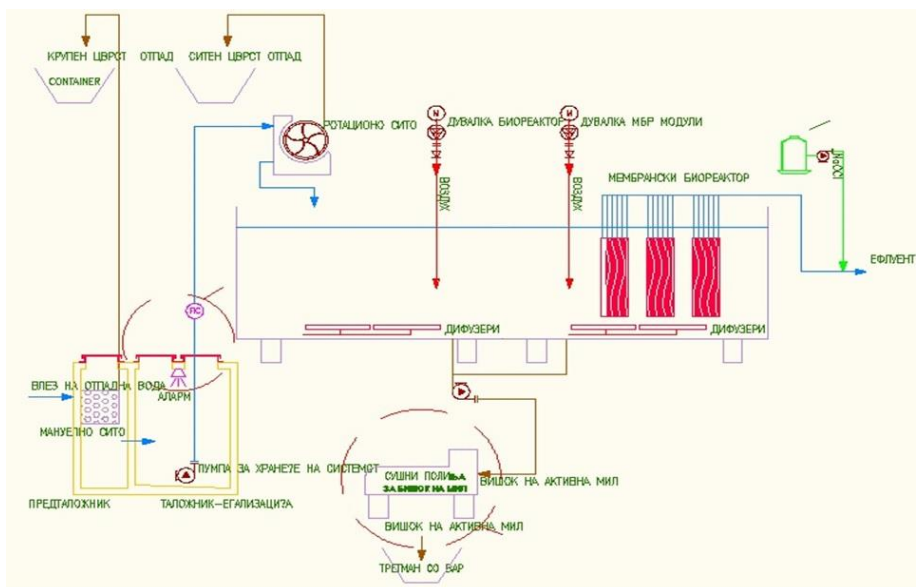
се преминува кон секундарно пречистување на отпадната вода, кое, во суштина, претставува биохемиски процес. Секундарното пречистување се одвива со помош на микроорганизми кои ги разградуваат органските материи на ист начин како и во процесите на самопречистување на водите во природата. Одржливиот развој на сепарационите процеси во последно време се повеќе ја наметнуваат потребата од развој на современи сепарациони постапки за елиминација на непосакуваните компоненти во водата. Мембранските процеси се едни од најпопуларните процеси за сепарација и имплементирањето на истите за процесирањето на отпадните води е од особен интерес. Семи пермеабилната мембрана која се користи во процесот на мембранска филтрација е главен интегрален дел од мембранскиот модул. Врз база на примена на мембранско сепарационите процеси во третманот на отпадните води во последните години развиена е посебна технологија со мембрански биореактори која најчесто во литература се среќава како МБР технологија.

Комерцијалните објекти, како што се аеродромите, генерираат отпадна вода која исто така треба да биде третирана пред да се испушти во соодветен реципиент. Во зависност од функцијата на комерцијалните објекти и активноста на луѓето, се генерира вода со различни карактеристики и количество. Поради големите флукуации во протокот на отпадната вода за компаративна анализа на истиот, се земаат вредности од соодветни урбани комерцијални објекти. Доколку не постојат вредности кои можат да се земат за споредба, истите се споредуваат со комерцијални објекти од слична намена, каде што вкупниот проток на отпадната вода се пресметува по број на потрошувачи на вода изразено како литри на човек на ден. Карактеристичните вредности за потрошувачка на вода најчесто се движат од 7.5 до 14 m<sup>3</sup> на ден на еден хектар површина [1-12].

Според дадени вредности во литература патниците на аеродромите генерираат од 11 до 19 литри отпадна вода по патник на ден, со просечна вредност од 15 литри, додека за вработените се зема средна вредност од 75 литри на ден по вработен. Максималната вредност на генерираната отпадна вода по вработен во урбан комерцијален објект изнесува 135 литри на ден, додека минималната вредност изнесува 57 литри на ден. Рестораните кои имаат услужна дејност, во просек, генерираат 35 литри отпадна вода од гостин на ден, додека вработените во канцеларија, во просек, генерираат 50 литри отпадна вода од вработен на ден [12-22].

## МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

Согласно со поставената цел, во рамките на овој труд дизајниран е мембрански биореактор за пречистување на отпадните води од аеродромските терминали на аеродромот во Скопје, слика 1.



Слика 1. Шематски приказ на системот за третман на отпадни води од терминалите на аеродром Скопје

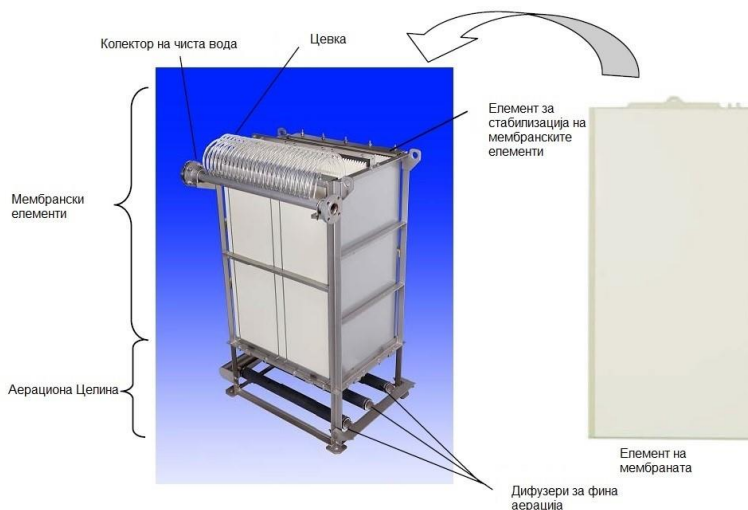
Мембранските модули се произведени од страна на TORAY и истите се од серијата TMR090. Субмерзниот мембрански модул се состои од две целини, дел каде што се поставени мембранските елементи и дел во кој е поставен системот за аерација на модулот. Мембранскиот елемент од тип на рамни плочи, ги има следните карактеристики:

- Мембрански материјал – Поливинилидин флуорид (PVDF) мембрана со висока механичка и хемиска отпорност
- Номинална големина на пори –  $0,08 \mu\text{m}$
- Флукс –  $0,2 - 1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{ден} = 8 - 41 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$
- Површина на модул –  $90 \text{ m}^2$
- Количина – 2 модула TMR090 – 100S



- Волумен на реакторот – 81 m<sup>3</sup>
- Максимален капацитет на еден реактор – 85 m<sup>3</sup>/ден
- Број на реактори – 2

На слика 2 прикажан е користениот мембрански модул.



**Слика 2.** Субмерзен мембрански модул со рамни плочи

За следење на динамиката на процесот на третман на отпадната вода со мембрански биореактор, земени се реални примероци од отпадната вода од аеродромот во Скопје. Воедно, количеството на отпадна вода која е генерирана соодветствува на бројот и времетраењето на работа на потопната пумпа поставена во пумпната станица. Отпадната вода е собирана во временски интервали од 15 min и истата е собрана во три контејнера со работен волумен од 5 l и истите се користат за анализа на составот на отпадната вода.

## **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

Добиените резултати за следење на динамиката на дизајнираниот систем за третман на отпадните води со мембрански биореактор, претставени се графички и табеларно. По извршените мерења на пумпната станица на Скопскиот аеродром, во просек за 3 h пумпата транспортира 9 m<sup>3</sup> отпадна вода. Секое поединечно активирање и работа на пумпата е во времетраење од 5 min. Пумпата за отпадна

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

вода е со работен капацитет од 10 l/s . При секое поединечно активирање на пумпата, за работно време од 5 min пумпата транспортира 3 m<sup>3</sup> комунална отпадна вода. Во табела 1 даден е преглед на бројот и времето на активирање на пумпата во пумпната станица.

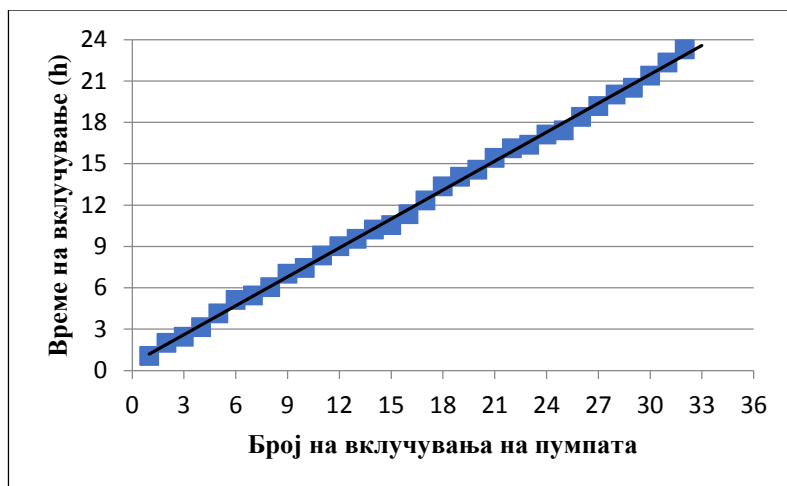
За дефинирање на квантитативните карактеристики на дизајнираната мембранска постројка од посебно значење е анализа на работата на транспортните уреди и нивната енергетска ефикасност. За таа цел направен е детален преглед на динамиката на полетувањата и слетувањата на авионите во период кога оптоварувањето на терминалот со патници е најголемо што резултира со генерирање на максимални количини на отпадна вода на ден.

**Табела 1.** Време и број на активирања на пумпата во пумпната станица

Број	Време [h]	Број	Време [h]	Број	Време [h]	Број	Време [h]	Број	Време [h]
1	1,05	9	7,02	17	12,33	25	17,42	33	24,03
2	2,02	10	7,45	18	13,36	26	18,39		
3	2,45	11	8,35	19	14,06	27	19,19		
4	3,15	12	9,02	20	14,56	28	20,01		
5	4,15	13	9,55	21	15,43	29	20,51		
6	5,12	14	10,23	22	16,12	30	21,39		
7	5,45	15	10,55	23	16,37	31	22,34		
8	6,05	16	11,33	24	17,11	32	23,29		

На слика 3 е претставена динамиката на работа на транспортниот уред (центрифугална пумпа) во текот на 24 h. За време од 24 h, работната пумпа е активирана 33 пати при што транспортирани се 99 m<sup>3</sup> отпадна вода до базенот за егализација. Количеството на отпадна вода е во корелација со бројот на вработени и фреквенцијата на патниците.

Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?



Слика 3. Активирање на транспортниот уред во тек на 24 h

Во табела 2 се дадени бројот и ознаките на авионите во 24 часовен период каде вкупно има 43 полетувања и слетувања на авиони и бројот на патници за истиот ден изнесува 4558.

Табела 2. Број и ознака на авиони во 24 часовен период.

Број	Ознака	Време [h]	Број	Ознака	Време [h]
1	W6	00:15	23	W6	13:05
2	OS	00:20	24	JP	13:20
3	W6	00:45	25	W6	13:40
4	OS	4:25	26	JU	14:35
5	OU	5:50	27	JP	14:30
6	W6	6:00	128	W6	14:55
7	W6	6:10	29	JU	15:05
8	W6	6:20	30	W6	15:40
9	TK	8:00	31	GM	16:10
10	W6	8:25	32	W6	17:50
11	MTL	9:05	33	GM	17:05
12	WK	8:55	34	W6	17:25
13	TK	8:55	35	W6	18:25
14	WK	9:45	36	MTL	18:40
15	QR	10:40	37	W6	18:00
16	QR	11:40	38	TK	19:45
17	OS	11:40	39	TK	20:45
18	W6	11:55	40	OU	22:25

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

19	W6	12:05	41	W6	23:30
20	OS	12:40	42	W6	23:55
21	W6	12:35	43	W6	23:55
22	W6	12:45			

Доколку се земе во предвид дека за време на извршените мерења, количеството генерирана отпадна вода изнесува 99 m<sup>3</sup> за 24 h, може да се пресмета количината на генерирана отпадна вода по број на патник, односно:

$$\text{Количина на отпадна вода по патник} = \frac{99000 \text{ l}}{4558 \text{ патник}} = 16.48 \text{ l}$$

Поради тоа што бројката на вработени е променлива и бројот на посетители не може да се определи, можеме да кажеме дека на аеродромот во Скопје, во просек се генерираат 16,48 l отпадна вода по патник.

За дефинирање на составот на генерираната отпадна вода континуирано во текот на 24 h собирани се композитни примероци од реалниот систем. Испитуваните композитни примероци од отпадната вода земени на влез во дизајнираниот мембрански реактор од аеродромот во Скопје, покажуваат карактеристика на силно оптоварена комунална отпадна вода и во истата постојат варијации на вредностите на испитуваните параметри. Резултатите се прикажани во табела 3 споредбено со референтни вредности за силно оптоварена отпадна вода.

**Табела 3.** Анализа на добиените композитни примероци

Испитувани параметри	Метода	Примерок број-1	Примерок број-2	Примерок број-3	Референтни вредности
ХПК(Бихромат) [mg/l]	МКС EN ISO 6060	680	600	550	430 - 800
БПК <sub>5</sub> [mg/l]	US EPA 405.1	400	380	300	190 - 350
Таложни материји за 30' [ml/l]	ASTM F 208	35	28	25	100 - 200
Суспендиран материјал [mg/l]	US EPA-160.2	248	250	191	210 - 400
Фосфор [mg/l]	ISO 6878-1	25	33	19	2 - 4
Вкупен азот [mg/l]	US EPA-351.5	255	255	220	40 - 70
Хлориди [mg/l]	ASTM D512-99	287,3	316,5	277,9	50 - 90

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Сулфати [mg/l]	ASTM D516-02	88	150	163	30 - 50
Масти и масла [mg/l]	ASTM 5520-B	7	9	8	90 - 100
Феноли [mg/l]	US EPA 420.1	0.94	1.22	0.65	/
Суспендиран жарен остаток [mg/l]	US EPA-1684	33	18,6	16	160 - 315
pH	MKS EN ISO 10523 2007	7,82	7,84	7,95	6,9 - 8,0
Спроводливост [ $\mu$ S]	MKS EN ISO 2788 2007	2430	2250	2250	/

\*Референтни вредности [2]

Врз база на добиените резултати може да се заклучи дека водата припаѓа во групата на фекални отпадни води со комунален карактер. Соодносот помеѓу ХПК и БПК<sub>5</sub> во 24 часовен период изнесува  $\text{ХПК/БПК}_5 = 1,69$  и истиот е помал од 2,2 што укажува на економска исплатливост на примена на биолошка постројка за третман на отпадни води [2].

Со третирање на отпадната вода и одделување на микроорганизмите од третираната вода, добиени се следните вредности на параметрите на ефлуентот, прикажани во табела 4.

**Табела 4.** Параметри на ефлуентот

БПК <sub>5</sub> [mg/l]	ХПК [mg/l]	Суспендирани материји [mg/l]	pH
3,8	29,0	10	7,2
8,0	30,0	6	6,8
3,0	30,0	10	6,6
10,0	29,0	10	7,1
12,0	34,5	10	7,2

Доколку се направи споредба на излезните параметри за квалитетот на водата третирана конвенционално во постројки со активна мил (CAS) и МБР системи, може да се заклучи дека ефлуентот од МБР системите има подобри излезни карактеристики и истото е прикажано во табела 5. При пречистувањето на отпадна вода од комерцијални објекти како што се аеродромските терминали со голема фреквенција на патници, од особена важност е при третманот на ваквите, сложени по состав отпадни води, ефикасното отстранување на различните видови на полутанти. Поради малите димензии на порите од 0,08  $\mu\text{m}$ , МБР системите ефективно ги отстрануваат и микроорганизмите од типот на *Escherichia Coli* и *Cryptosporidium*.

**Табела 5.** Компаративна анализа на CAS и МБР системот

Параметар	CAS	МБР
Вкупни суспендирани материи [mg/l]	10 - 15	3,0
ХПК [mg/l]	40 - 50	< 30
Вкупен азот [mg/l]	< 13	< 13
Вкупен фосфор [mg/l]	0,8 - 1,0	< 0,3
Микробиолошки квалитет	Санитарно нестабилна	Санитарно стабилна

МБР системите, покрај тоа што даваат ефлуент со подобар квалитет во однос на класичните системи (CAS), истите зафаќаат многу помала површина што ги прави погодни за примена како пакет единици на места со ограничен простор.

## **ЗАКЛУЧОК**

Врз база на добиените резултати од примената на дизајнираниот МБР систем за пречистување на отпадни води од терминалите на аеродромот во Скопје, може да се донесат следниве заклучни согледувања:

- Отпадната вода од аеродромот во Скопје одговара на високо оптоварена комунална вода од урбани комерцијални објекти. Количеството на генерирана отпадна вода е определено дека изнесува 16,68 l/патник и истата е во рамките на пропишаните литературни вредности за ваков тип на објекти, кои се движат од 11

до 19 литри по патник. Вредностите на ХПК и БПК<sub>5</sub> во влезниот напој се во соодветен сооднос кој одговара на препораките за ефикасен биолошки третман за реални системи.

Мембранските биореактори покажуваат одлични резултати за третман на отпадни води од комерцијални објекти. Со зголемувањето на употребата на мембранските биореактори цената на мембраните се намалува и стануваат комерцијално се достапни. При дизајнот на мембрански постројки за третман на отпадни води, примената на ваквиот концепт обезбедува да биде искористена помала работна површина за разлика од конвенционалните постројки со активна мил, што е од особено значење за животната средина и просторното планирање.

Врз база на добиените резултати и сознанија за примена на мембранските процеси во третман на отпадните води од аеродромски терминали, можат да се донесат следните предлог мерки:

1. Да се зголеми употребата на мембранските биореактори во места каде ефлуентот треба да е со висок квалитет и каде има ограничување во однос на просторот. Да се разграничат системите за пречистување на комунална отпадна вода со системите за отпадна вода од комерцијални објекти каде што карактеристиките на некои од конституентите се различни и каде што мембранскиот биореактор покажува многу поголема ефикасност во пречистувањето на отпадната вода.
2. Да се зголеми соработката помеѓу институциите и научно - истражувачката зедница (факултетите) за правилно и ефикасно решавање на проблемите со отпадните води. Притоа неопходно е да се креира мрежа во која ќе бидат вклучени експерти и истражувачи од научно - истражувачките и апликативните институции кои интензивно се занимаваат со проблемите поврзани со технологија на отпадни води и еколошки мониторинг, со цел успешно управување со водните ресурси и одржливост на современото инженерство на животната средина.
3. Да се дефинираат реалните проблеми на нефункционалните и функционалните постоечки системи за третман на отпадни води, притоа водејќи се од интегралниот пристап за максимална профитабилност со

еколошки прифатливо влијание врз животната средина во Република Македонија.

#### **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] N.F.Grey, Water technology, 4<sup>th</sup> edn., IWA Publishing, 2010.
- [2] Metcalf&Eddy, Wastewater engineering treatment and reuse, 4<sup>th</sup> edn. The McGraw-Hill Companies inc, 2003.
- [3] S. Judd, The MBR Book Principles and Applications of membrane bioreactors for water and wastewater treatment, 2<sup>nd</sup> edn, Butterworth-Heinemann pub 2011.
- [4] S. Judd, *The MBR Book* ,Second Edition, ELSEVIER 2011.
- [5] E.R. Alley, Water quality control handbook, 2<sup>nd</sup> edn, McGRAW-HILL, 2007.
- [6] D. Stephenson, Water and wastewater systems analysis, Elsevier 1988.
- [7] R. F. Weiner, R. Matthews, Environmental engineering, 4<sup>th</sup> edn., BH, 2003.
- [8] G. Bitton, Wastewater microbiology, 3<sup>rd</sup> edn, Wiley, 2003.
- [9] S. D. Lin, Ebrahimi, Water and wastewater calculations manual, 2<sup>nd</sup> edn, McGraw-Hill, 2007
- [10] U. Aswathanarayana, Water Resources Management and the Environment, Balkema Publishers ,New York, 2001.
- [11] D.P. Lettenmiar, G. McCabe, E.Z. Stakhiv, Water Resources Handbook, L. W. Mays, Ed, McGraw-Hill, New York, 1996.
- [12] “Methods for Chemical Analysis for Water and Wastes,” latest revision, EPA Report no. 600/4-79-020.
- [13] D.W. Green, (ed.), Perry’s Chemical Engineers Handbook, 7th ed, McGraw-Hill, Inc., New York, 1997.
- [14] R.A. Corbit, Standard Handbook of Environmental Engineering, McGraw-Hill, Inc., New York, 1990.
- [15] R.W. James, Park Ridge, Sewage Sludge Treatment and Disposal, NJ: Noyes Data Corporation, 1976.
- [16] M.V. Sperling, Wastewater characteristics, treatment and disposal, IWA publishing, 2007.
- [17] Doring, M.J. Green, H.J. GHartong, G. Jacquet, Y. Kido, S.O. Petersen, W. Schiling, Real time control of urban drainage, IAWPRC, 1989.
- [18] H. Melcer, Methods for wastewater characterization in activated sludge modeling, IWA publishing, 2004.
- [19] A.A. Kazmi, Wastewater characterization Wiley, 2005.
- [20] A.P. Sincero, G.A. Sincero, Physical-chemical treatment of water and wastewater, IWA publishing, 2003.
- [21] J.E. Drinan, Water & wastewater treatment, CRC press, 2000.
- [22] A.G. Kaul, S.N. Kaul, Water and wastewater analysis, Daya publishing house, 2002.



*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

## УРБАНИТЕ ОТВОРЕНИ ЗЕЛЕНИ ПРОСТОРИ ВО КРЕИРАЊЕ НА ОДРЖЛИВ РАЗВОЈ И КВАЛИТЕТ НА ЖИВОТОТ

Стефанка Хаџи Пецова<sup>1</sup>, Михаил Кочубовски<sup>2</sup>, Славчо Христовски<sup>3</sup>, Пеце Ристовски<sup>4</sup>, Јане Ацевски<sup>5</sup>, Менка Спиrowsка<sup>6</sup>, Борис Стипцаров<sup>7</sup>, Цветанка Маркушовска<sup>8</sup>, Слободанка Стефановска<sup>9</sup>, Софија Трајковска<sup>10</sup>

<sup>1</sup>Факултет за земјоделски науки и храна, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република Македонија

<sup>2</sup>Завод за здравствена заштита на Република Македонија

<sup>3</sup>Природно-математички факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република Македонија

<sup>4</sup>Хидрометеоролошки завод, Скопје, Република Македонија

<sup>5</sup>Шумарски факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република Македонија

<sup>6</sup>ДЕКОНС, Скопје, Република Македонија

<sup>7</sup>БИОС ПРО ДООЕЛ, Скопје, Република Македонија

<sup>8</sup>Агенција за планирање на просторот, Скопје, Република Македонија

<sup>9</sup>Ј.П. Паркови и зеленило, Скопје, Република Македонија

<sup>10</sup>ДЕКОНС, Скопје, Република Македонија

### Апстракт

Отворените зелени простори во Скопје не се во фокусот на политиката за развој на градот и покрај сознанијата за нивната функција за подобрување на квалитетот на животната средина и зајакнувањето на граѓанските иницијативи за заштита на постојните. Оценувајќи дека е неопходен соодветен приод за да се сообразат состојбите на отворените зелени простори со општите вредности и со потребите на општеството, Градот Скопје пристапи кон изработка на Студија за озеленување на Скопје (2015). Во истражувањето е направен обид отворените зелени простори да се согледаат на интегрален и сеопфатен начин. Главните цели се однесуваат на идентификување на ограничувањата и потенцијалите во градот и дефинирање насоки за остварување на предвидените цели - унапредување на политиката за обезбедување земјиште наменето за отворени зелени простори,

подобрување на нивните квалитативни, еколошки и социјални функции, заштита на биолошката разновидност во градот и Скопската котлина, постигнување идентитет на урбаната структура и урбаниот амбиент, обезбедување нов квалитетен зелен фонд и друго.

Методолошката рамка е интердисциплинарна и се засновува на европските насоки (URGE, 2008, INTERG III) кои ги сублимираат интернационалните сознанија и заложби за подобрување на квалитетот на животната средина преку соодветна застапеност и обезбедување функционалност на урбаните отворени зелени површини. Студијата е структурирана во три дела: анализа на состојбите, оценка на проблемите и потенцијалите и формулирање препораки за остварување на поставените цели. Подготвени се експертски сепаратни истражувања за следните области (климата и метеоролошките влијанија на удобноста на човекот, биолошката разновидност во Скопје и Скопската котлина, зелените површини во планираниот урбан развој на градот, начинот на користење и управувањето со отворените зелени површини). Анализите на состојбите и проценките на можностите се извршени со оглед на квалитетот, квантитетот, користењето и планирањето и управувањето со урбаните отворени зелени подрачја.

**Клучни зборови:** урбани отворени простори, квалитет на животна средина

### **Abstract**

Open green areas in Skopje are not in the focus of the development policy of the city despite knowing about their unsigned function in improvement of the environmental quality and the reinforcement of the civil initiatives for their protection. Estimating that there is need of an appropriate approach to fit the conditions of the open green areas with the common values, the needs of society, the City of Skopje accessed to develop a study of greening the City of Skopje (2015). In the research an attempt is made to foresee the urban green areas in an integral and comprehensive way. The main aims refer to identify the constraints and possibilities in the City and to develop and suggest the recommendations for realization of the predicted goals – improvement of the policy to secure the land for urban open and green areas, improvement their quality, ecological and social functions, protect the biodiversity in the City and Valley of Skopje, achieve the identity of the urban structure and ambient, secure new qualitative green fund etc.

The methodological framework is interdisciplinary and based on the European directives from the research projects (URGE, 2008, INEREG III) where the international knowledge and the commitments for improvement of the quality of the environment and the occurrence and functions of the urban open green areas are sublimated. The Study is structured in three parts: analysis of the existing situation, evaluation of the problems and potentials and development of the directives to achieve the set of the goals. The background are several separate researches prepared by experts in different areas (climate impacts on the comfort, biodiversity in the city and its surrounding, urban open and green areas in the urban planning, the way they are used and the managed). Analysis of the existing situation and evaluations of the possibilities are developed according to quality, quantity, utilization and planning and management of the urban open and green areas.

**Keywords:** urban open spaces, quality of living environment

## **ВОВЕД**

Урбаните зелени површини (паркови, разни типови на зеленило, градини, плоштади, пешачки улици, рекреативни простори, игралишта, неизградено земјиште и друго) се основни витални елементи на секој град, тие влијаат на изгледот на градот, обезбедуваат разновидност и имаат клучна улога во подобрување на условите за живот и обезбедување на квалитетна животна средина. Но, развојот и управувањето на урбаните зелени површини е комплексна задача и се соочува со големи предизвици. Од една страна, урбаните зелени површини не се во фокусот на политиката за развој на градовите и затоа постојано има недостаток од финансиски средства за нивен развој и соодветно управување. Од друга страна, се зајакнуваат сознанијата дека системот на зелените простори треба да оствари бројни еколошки и социјални функции и да придонесе кон создавање на одржливи градови, подобни за квалитетно живеење. За да се надминат разновидните препреки неопходен е соодветен природ кој треба да ги сообрази состојбите со општите вредности, со потребите на општеството и со неговите економски можности.

Современиот природ во планирањето и управувањето со урбаните отворени зелени површини се заснова на согледувањата дека е потребно да се обезбеди квалитет на живеење во урбаните подрачја, што е утврдено и со Уставот на

државата (1991) како „едно од елементарните права на човекот за живот и работа во здрава и хуманизирана животна средина“, а со зголемување на зелените површини во населбите да се унапредат условите за живот и вкупно да се развива културата на домувањето.

Зелените урбани површини на градот Скопје досега не се сеопфатно согледувани и анализирани, освен за потребите на генералните урбанистички планови. Затоа ова е прв документ чија цел е на интегрален и посеопфатен начин да ги согледа состојбите со урбаните зелени површини, да ги идентификува ограничувањата и потенцијалите и врз основа на таквата постапка да предложи насоки за остварување на предвидените цели.

## **ЦЕЛИ НА СТУДИЈАТА**

Согледувајќи ја потребата од подетално дијагностицирање на проблемите и дефинирање на чекорите кои ќе овозможат правилно димензионирање, одржување и поврзување на зелените површини во еден систем, градот Скопје пристапи кон изготвување Студија за озеленување чии основни цели се:

- подобрување на квалитетот на животната средина преку унапредување на политиката за обезбедување на земјиште наменето за јавно зеленило/отворен простор и утврдување насоки за понатамошни активности,
- подобрување на квалитативните, еколошките, социјалните, здравствените и други функции на јавните зелени површини,
- заштита на биолошката разновидност ,
- постигнување идентитет на урбаната структура и урбаниот амбиент,
- обезбедување стручна и научна основа за подигање нови и реконструкција на постојните зелени површини и,
- обезбедување нов квалитетен зелен фонд.

## **МЕТОД НА РАБОТА**

Градот Скопје е во постојани и интензивни промени. Два фактора имаат особено влијание, а тоа се постојаното зголемување на бројот на жителите на Скопје и интензивната градежна активност. Со најголем интензитет овие активности се одвиваат во градот, но и во неговата поблиска околина и пошироко,

во Скопското Поле. Ако се земе предвид дека, од една страна, насоките на урбанистичката документација (основните урбанистички планови изготвувани од втората половина на дваесеттиот век до денес) за создавање систем на зелени површини не се реализирани во целост, и од друга страна дека, во актуелната правна рамка на категоријата „зелени површини/простори“ не се посветува соодветно внимание, станува јасно дека и покрај општествените определби за обезбедување квалитет на животот и покрај низата активности за разубавување на зелените простори, прашањата поврзани со зелените површини се маргинализирани. Се проценува дека, ако навреме не се преземат активности за утврдување и прифаќање на концепти и стратегии за чување и развој на зелените површини, земјиштето предвидено за зелени површини нема да биде обезбедено а со тоа ќе се намалуваат условите за обезбедување квалитетен и здрав живот. Појдовна основа за подготовка на оваа Студија за озеленување на Скопје претставува рамката, презентирани во проектот „Развој на урбаните зелени површини за подобрување на квалитетот на животот во градовите и урбаните региони”, (URGE – “Development of Urban Green Spaces to Improve the Quality of Life in Cities and Urban Regions”, 2008, подготвена од тим стручни лица од повеќе универзитети и претставници на повеќе градови во Европа во рамките на европската иницијативи на Интеррег III, ), каде се сублимирани интернационалните сознанија и заложби за подобрување на квалитетот на животната средина и застапеноста и функционирањето на урбаните зелени површини.

Студијата за озеленување на градот Скопје е структурирана во три дела: анализа на состојбите, оценка на проблемите и потенцијалите и формулирање препораки за остварување на поставените цели. За потребите на Студијата подготвени се неколку сепаратни истражувања: климата и метеоролошките влијанија на удобноста на човекот, биолошката разновидност во Скопје и Скопската котлина, зелените површини во урбаната структура, начинот на користење и општествените аспекти на зелените површини и управувањето со зелените површини во Скопје. Сепаратите се подготвени од експерти од различни специјалности. Анализите на сепаратните истражувања се направени за урбаното подрачје на градот, за територијата опфатена со Генералниот урбанистички план. За анализите на социолошките функции на зелените површини спроведени се посебни истражувања во текот на 2014 година. Анализите за вредностите на

биолошката разновидност, на вегетациските карактеристики, флората и фауната, се направени за Скопската Котлина (како основна природна функционална целина, единствен биогеографски регион и предел од повисок ред), со преглед на постојните истражувања за флората и фауната и во урбаната средина – градот Скопје. Целта беше да се согледаат можностите за поврзување на урбаните зелени површини со оние во опкружувањето, за да се укаже на можностите за воспоставување мрежа на зелени површини, која може да функционира во поширокиот простор и, за да се намали бариерата која ја создава урбаното и изградено градско подрачје, а со тоа да се обезбеди заштита на биолошката разновидност.

Од приказот за климатските услови во Скопје, извлечени се проценките зошто и каде е потребно да се озеленува. Поаѓајќи од проучувањата за влијанијата на растенијата врз подобрување на условите на животната средина, подготвен е преглед на состојбите на животната средина во Скопје, со посебен акцент на квалитетот на воздухот. Прегледот на здравствените состојби укажува на последици кои може да се предизвикани од загадениот воздух и на кои треба да се влијае со подобра политика за озеленување. Предвид се земени и истражувањата за алергогените реакции на растенијата, направени за Скопје, а со намера да се укаже на изборот на растенијата за озеленување.

## **СОСТОЈБИ СО ЗЕЛЕНИТЕ ПОВРШНИ ВО СКОПЈЕ**

Состојбата со зелените површини во Скопје е директно зависна од актуелните трендови на зголемување на бројот на жителите и потребите од земјиште за градба. Земјиштето кое се користи како јавен зелен простор, освен за потребите на урбанистичкото планирање, не е предмет на интегрално и интретдисциплинарно согледување и планирање. Оттука, на значењето на зелените површини, како главни индикатори за квалитетот на животната средина и како простор за социјални интеграции, не му се посветува посериозно внимание. Граѓанските иницијативи за заштита на зелените површини се скромни и не дадоа соодветни резултати.

Во оваа Студија се разгледувани следниве аспекти кои укажуваат на состојбите и потенцијалите на зелените површини: квантитетот, квалитетот, користењето на зелените површини и планирањето и управувањето со нив.

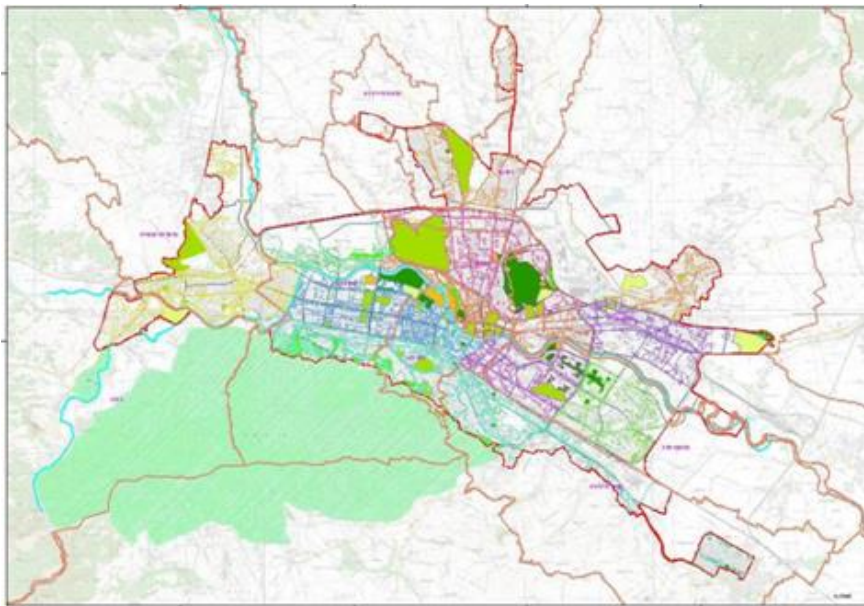
### *Затадување на Градовите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Зелените површини во град Скопје заземаат вкупно 529 ha, според Генералниот урбанистички план од 2012 година. Од вкупната површина на Градот зелените површини зафаќаат 6 %. Според оваа структура, градските паркови зафаќаат 39.8 ha, зеленилото во станбените заедници со локалните паркови зафаќа 248 ha, зеленилото на ридовите со рекреативниот центар Сарај зафаќа 141 ha и зеленилото долж булеварите зафаќа 99 ha. Но, и покрај настојувањата да се подигнат паркови на напуштените земјишта, или да се ревитализираат постојните паркови, забележлива е тенденцијата зелените површини постојано да се намалуваат па стандардот за застапеноста на јавното зеленило опаѓа. Заради тоа треба да се има во вид дека ресурсите на земјиште наменето за јавно зеленило се ограничени и дека кон ова прашање треба да се постапува низ интегрален процес за утврдување на вкупната политика за урбан развој. Ова е особено важно ако се има предвид определбата за одржлив урбан развој на градот.

Поголемите зелени површини се фрагментирани. Исто така, постои фрагментација меѓу приградското зеленило на Водно и на Скопска Црна Гора кои лежат на главните правци на дневните струења на воздухот. Ова е особено значајно за постигнување подобри еколошки услови, како во однос на условите за подобрување на квалитетот на воздухот, така и за обезбедување опстанок на биолошката разновидност во градските зелени површини и котлината. Функцијата на поврзување на наведените простори всушност ја прифаќа крајречниот појас на Вардар. За жал овој појас, последните години во централното подрачје, се пренаменува во градежно земјиште. Најважно е тоа што ридестите зелени простори: Зајчев Рид и Гази Баба и меѓу нив историскиот комплекс Кале, имаат добра позиција, се надоврзуваат еден на друг, но не се соодветно поврзани.

Кон овој појас на зелени површини треба да се вклучи и комплексот на Аквадуктот, кој е веќе согледан како потенцијален зелен и рекреативен простор, со значење на културен предел. Заради расцепканоста (фрагментацијата) на зелените површини истите не може да функционираат како зелени еколошки коридори и да се оформи зелена инфраструктура.





**Слика 1.** ГУП на Скопје 2012 – 2020 година

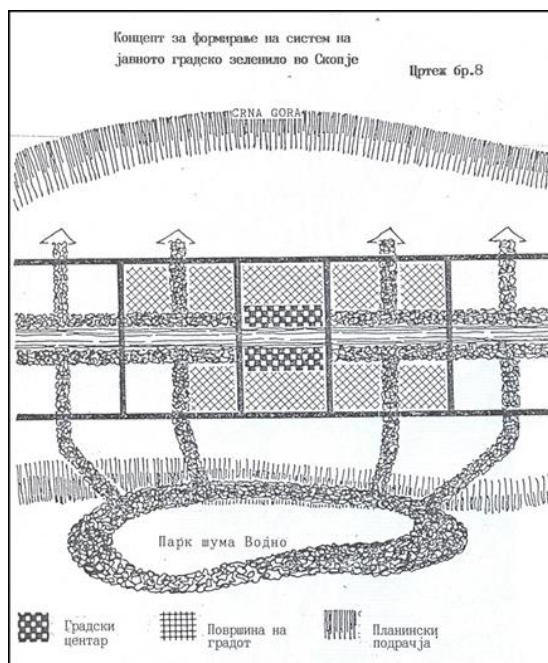
Градски и приградски зелени површини

Во станбените зони (Карпош и делумно во стариот дел на Аеродром) има постојано намалување на зелените површини и формирање на бариери со изградба на нови станбени блокови, катни гаражи и трговски центри. Најлоша е состојбата во централниот дел на градот - Дебар Маало, Буњаковец и во Центарот, каде јавни зелени површини скоро и да нема, а тоа што преостанало брзо исчезнува. Во овие делови дури и зелените коридори кои би требало да постојат на улиците (дрворедите), тешко се воспоставуваат заради тесните тротоари и близината на објектите и проблематичната подземна инфраструктура. И постојните планови за унапредување на автомобилскиот сообраќај и решавање на сообраќајните проблеми во центарот на градот се на штета на постојното зеленило, со што уште повеќе се деградира можноста за воспоставување еколошки коридори во центарот. Трендот на нереализирани или пренаменети зелени површини продолжува и се зголемува. Ваквата состојба говори за недостиг од инструменти со кои би се обезбедило долгорочно чување на земјиштето предвидено за зеленило. Праксата на постојано менување на одредбите за изработка и донесување на урбанистички планови и урбанистички проекти е причина за менување на намената на земјиштето

## Затадување на Градовите во Република Македонија: кои се решенијата?

за сметка на зелените простори. Граѓанските иницијативи за заштита на некои зелени површини не се доволно поддржани.

Концепцијата на просторна организација на Град Скопје од 1965-та предвидува формирање зелени коридори како важни структури со кои ќе се поврзат поголемите зелени простори. Подоцнежните планови овие концепти ги прифаќаат, но во пракса зелените коридори тешко се обезбедуваат. Повеќе клучни зелени коридори коишто требаше да го поврзат Водно со Скопска Црна Гора не се реализирани, а земјиштето предвидено за овие коридори се пренаменува. Сината инфраструктура – крајбрежјата на реките Вардар, Лепенец и Серава, не се искористени како оски за зелено поврзување. На некои крајбрежја се формираат сервисни зони, има и станбена градба, а неретко служат како депонии.



Слика 2. ОУП Скопје од 1965 година

Приградските зелени површини (излетничките и рекреативните места, крајбрежјата на реките и подрачјата на природното наследство, локалитетите на културно-историските споменици) се исто така фрагментирани. Ако се има предвид интензитетот на проширувањето на населбите во приградската зона на Скопје, па и

во Скопското Поле, може да се очекува дека и покрај тоа што развојот на населбите се одвива според урбанистички планови, тие можат да влијаат на фрагментирање на природните предели кои имаат функција на приградски зелени површини. Не постојат покрупни зелени патеки (пешачки или велосипедски) на територијата на Град Скопје, освен делумно реката Вардар и линиското зеленило – дрворедите (кои исто така се фрагментирани). Нема рамномерна достапност кон поголемите зелени урбани простори. Тие најмногу се користат од жителите кои доаѓаат пешки. Граѓаните кои се пооддалечени од наведените простори ги користат приградските зони на Водно, или падините на Скопска Црна Гора. Проблемот за недоволно и несоодветно користење не е само во оддалеченоста, туку и во нееднаквата уреденост и опременост на поголемите зелени комплекси кои се категоризираат како градски зелени простори. За секојдневно користење достапни се локалните паркови и таканареченото блоковско зеленило. И овие категории, меѓутоа, не се застапени подеднакво во сите градски делови.

## **ЗНАЧЕЊЕ НА ЗЕЛЕНИТЕ УРБАНИ ПОВРШИНИ**

Квалитетот на животна средина во градот во голема мерка е определен и од квалитетот на зелените простори. Зелените површини во градот обезбедуваат заклон, прибежиште на флората и фауната и создаваат разновидност на биолошка разновидност, односно разновидност на видовите и на живеалиштата. Заштитата на природните и на создадените зелени простори и нивниот сооднос со културното и историско наследство во градот се клучни вредности кои помагаат да се заштити разновидноста на природата и идентитетот на градот. Уште повеќе, заштитата на зелените урбани површини помага граѓаните да почувствуваат дека припаѓаат на добро дефинирана урбана и животна средина и на култура, во која вредностите на зелените површини се добро разбрани и одржувани.

Анализите покажаа многу голема биогеографска разновидност, како и разновидност на видовите и живеалиштата во Скопската Котлина што е потврдено со големи пространства ставени под заштита или евидентирани како природно наследство. Овие простори се основата за утврдување на јадрата на еколошката мрежа. И во урбаното подрачје има интересна фауна, богата и разновидна флора во создадените зелени простори. Урбаната вегетација во градот Скопје е претставена со неколку типови заедници: рудерални заедници (вклучувајќи и заедници на

газени места), тревници, паркови и култивирани заедници (особено богата со разновидна флора – во парковите има околу 200 вида и 500 видови и сорти дрвја и грмушки). Од фауната во градот се истражувани само птиците (во градскиот парк во Скопје има над 100 видови птици) и некои без’рбетници. Разновидните урбани живеалишта на парковите и другите типови урбани зелени простори, пошумуваните предели на ридестите падини на Водно, Гази Баба, Кале, Зајчев Рид, крајречните заедници на врби, тополи и евли и рудералните заедници укажуваат на можноста во урбаниот простор биолошката разновидност да се заштити преку заштита на овие подрачја како јадра и/или коридори на еколошката мрежа во урбаниот простор и таа да се поврзе со зелената мрежа во котлината. За формирање на еколошка мрежа и зелена инфраструктура, особено значење имаат речните текови и заедниците кои се развиваат на нивните брегови, покрај Вардар, Треска, Лепенец, Серава и Маркова Река. како важни еколошки коридори и сите поголеми зелени комплекси.

## **КВАЛИТЕТ НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА**

Квалитетот на животната средина во градот Скопје и неговата околина е во многу чувствителна позиција. Ова е така поради тоа што градот е лоциран во котлинското дно, опколен со планински вериги и на територија со силни сеизмички активности. Сезонските варијации во климата и појавата на температурни инверзии го засилуваат загадувањето генерирано од индустриските емисии кои неретко се над дозволените нивоа, за што, во голема мера придонесува и сè поголемиот волумен на сообраќајот. Урбаната средина има влијание на термичкиот режим (просечните вредности на температурите на воздухот во сите месеци во годината се повисоки во потесното градско подрачје споредено со податоците од мерните места надвор од градот). Одредени климатски услови, како што се појавите на високи летни температури, јаката инсолација, појавите на топли острови во летниот период и појавата на магли во зимскиот период создаваат неблагоприятни услови за живот и движење на отворено. Исто така, наведените климатски појави условуваат зголемување на трошоците за ладење на објектите. И во лето и во зима, при мирни временски услови, доаѓа до појави на зголемено загадување на воздухот (особено неповолни се појавите на таканаречени „езера на студен воздух“, кои се формираат во најниските делови од котлината во зимскиот период; во летниот

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

период има појава на таканаречен „термичко топлинско острово“). Иако овие појави се познати, не се ублажуваат со примена на зелени површини и правилен избор и распоред на вегетацијата. Имено, сè почесто се случува со деталните урбанистички планови да не се обезбедува доволно простор и земјиште за засадување на растенијата. Објектите се изложуваат на јужните и западните експозиции без можност за заштита со растенија, а на тротоарите не останува место за дрвореди и за дрвја со соодветни круни. Во Скопје е потребно да се обезбеди сенка преку лето и сонце и светлина во зимскиот период. За ублажување на овие појави не се користи зеленилото, соодветни зелени површини покрај улиците (покрај коловозите, на пешачките и велосипедските патеки) и на раскрсниците (овие простори се особено ризични заради зголемено ниво опасни материји), а соодветни растенија со поголем капацитет за пречистување на воздухот не се користат.

На влијанието на ветровите во градот при изградбата на Скопје по земјотресот е посветено особено внимание. Имено, главните сообраќајници и вегетациските појаси долж нив, се совпаѓаат со струењето на воздухот и се поставени со цел да се аерира градската средина. Главните правци на ориентацијата на улицата Партизанска, како и другите улици, паралелни со неа, се поставени согласно со овие потреби. Зелените појаси кои треба да обезбедат движење на дневните струења кон Водно и Скопска Црна Гора не се обезбедени. Не се оформени ни ветрозаштитните појаси кои треба да ги заштитат населбите (од ударни ветрови од запад и северозапад) и заобиколницата (од север и североисток).

Од климатски и еколошки аспект централното подрачје е посебен проблем заради влијанието на компактната маса на изградени структури (згради, објекти, асфалтни улици) и нивното негативно влијание врз топлотниот режим на приземниот воздух и врз енергетскиот биланс на сончевото зрачење. Ова прашање е сè поизразено заради постојаното намалување на зелените површини. Имено, поради интензивната градба во строгиот центар на Скопје зелените површини се намалени за 60% во последната деценија (во 2002 година имало 75.640 квадратни метри зелени површини, а во 2013 година тие се намалени и заземаат 34.994 квадрати). Кон оваа појава се надоврзува и континуирано сечење на дрвја стари по 50-60 години поради што површината на крошните на дрвјата од 2002 до 2013 година се намалила за 20%.

Растенијата не се користат ниту за заштита од бучавата, за заштита на извориштата, за заштита на земјиштето, почвите и подземните води од загадувачки материји, ниту како визуелни заштитни бариери. Капацитетот на урбаното зеленило за подобрување на квалитетот на животната средина не е предмет на истражувања, ниту на соодветна апликација.

Во оваа смисла треба да се истакне дека утврдувањето на приоритетот на современата политика за урбан развој (наголемување на густините) не е следено со поопсежни анализи за квалитетот на животната средина и многустраното значење кое може да го имаат јавните и отворени зелени простори.

## **КОРИСТЕЊЕ НА ЗЕЛЕНИТЕ ПОВРШНИ**

Кај населението во Скопје изразена е свесноста за бенефитите од урбаните зелени површини. Но, иницијативи кои ги согледуваат релациите меѓу здравјето и зелените површини не постојат. Меѓу населението и кај невладиниот сектор има заложби со кои се промовира потребата и значењето на зеленилото. Но, при донесувањето на урбанистичката документација не постојат реакции заради намалување и недостиг на зелените површини и нивна афирмација како важни индикатори за превенција и подобрување на здравјето. Многу е значајно што ниту здравствените, ниту образовните и истражувачките институции, не му даваат приоритет на ова прашање при разгледувањето на урбанистичките проекти, ниту пак работат на едукација на населението.

Ретко и малку се вклучуваат граѓаните во донесувањето одлуки за начинот на користење на зелените простори. За потребите на оваа студија направено е иницијално социолошко истражување со кое се проценуваат основните ставови на граѓаните за зелените површини и начинот на нивното користење. Овие иницијални истражувања (спроведени по пат на набљудување, интервјуа и анкети) покажаа и укажаа на неколку одлики и оцени на граѓаните за зелените површини. Најзначајна е оценката дека Градскиот парк го користат различни етнички групи, со што се исполнува и остварува неговата најзначајна функција – социјализација на различните етнички групи, различните возрасти и културни мислеа. Но, Градскиот парк, кој се смета за централна и најважна урбана зелена површина, со најразновидни можности за активности, за голем број на граѓани е премногу оддалечен и тешко достапен со јавен превоз. Најретко посетувани се Калето и СРЦ

Сарај. За поголем број на испитаници неколку локалитети, како што се СРЦ Хиподром, Езеро Треска и парк - шумата Гази Баба не се идентификуваат како добра од јавен интерес. Интересно е, исто така, дека само паркот Гази Баба испитаниците го оцениле како небезбеден заради малиот број посетители. Најпосетувани зелени простори, за време на викенди, освен градскиот парк се парк - шумата Водно и Езерото Матка, обата локалитети во приградската зона на Скопје. Оценка на жителите е дека Водно е премногу посетено, со премногу интензивен сообраќај и небезбедно за движење поради велосипедистите кои се движат по земјените патеки. Секојдневно, најмногу се користат локалните паркови и улиците по кои може да се шета. Поради климата и работното време, зелените простори најмногу се користат приквечер и имаат силна социјална димензија, затоа што се сметаат за важни места за секојдневно дружење. Оценка на корисниците е дека се потребни повеќе простори за игра на децата, за рекреација и игралишта за спорт, дека недостасуваат дрвја по улиците, зелени површини околу зградите и тревни површини покрај булеварите. Важна оценка е недостигот од пешачки и безбедни велосипедски патеки со кои зелените простори би биле поврзани и достапни. Исто така, важна е оценката дека граѓаните повеќе бараат и ценат зелени и тревни површини, отколку поплочени простори и плоштади, особено што оваа оценка ја поврзуваат со можноста за унапредување на квалитетот на животната средина.

Традиционално, парковите во Скопје се користат за мирен одмор, релаксација и рекреација. Не постојат планови за остварување профит, ниту пак за континуирано користење на зелените површини. Од понов датум се активностите за користење на парковите за разни културни настани (активностите главно не се во колизија со функциите на парковите, освен бучавата што ја создаваат диско клубовите во ноќните часови во градскиот парк, заради атак врз живиот свет и рамнотежата на биодиверзитетот, што ја доведува во прашање неговата еколошка функција).

За едукација се користи Ботаничката градина на Природно математичкиот факултет и Дендропаркот на Шумарскиот и Факултетот за земјоделски науки и храна, кои всушност не се категоризирани како јавни зелени површини иако имаат посебно значење за градот. Ретко се користи и градскиот парк, парк - шумата Водно и просторите на Гази Баба. Други видови или специфични иницијативи за едукација што се одвиваат во зелените простори нема или се многу ретки.



Обиди да се користат некои природни ресурси (како што се искосената трева и другиот вегетативен отпад) прави само ЈП Паркови и зеленило и тоа главно од градскиот парк.

## **УПРАВУВАЊЕ И ПЛАНИРАЊЕ НА УРБАНИТЕ ЗЕЛЕНИ ПОВРШИНИ**

Одржувањето на постојните зелени површини е во надлежност на градот и општините. Постојано има недостиг од потребен број непосредно вработени и финансии за одржување на јавното зеленило. На пример, за одржување на зелените површини за кои е задолжено ЈП „Паркови и зеленило“ (преку 5000 ha), во 2012 година биле ангажирани 305 непосредни извршители, што е недоволно (минималниот стандард за одржување на зелените површини изнесува еден извршител на хектар зелена површина).

Урбаните зелени површини се планираат согласно со Законот за урбанистичко и просторно планирање. Во Правилникот за нормативи и стандарди, кој произлегува од овој закон, не се утврдени стандарди. Утврдени се само категориите на зелени површини. Стандардите за вкупниот простор за зеленило по жител од 25 m<sup>2</sup> жител поставени со Урбанистичкиот план од 1965 година не се остварени. Со порастот на градот и зголемувањето на бројот на жителите, расположливиот простор за зеленило постојано се намалува, а со тоа и постигнатите стандарди се намалуваат. Исто така и во планските документи стандардите за обезбедување зелени простори се намалуваат (од 25 m<sup>2</sup> по жител во 1965 година, на 21 m<sup>2</sup> во 1985 година, а во документот од 2012 година на 18,5 m<sup>2</sup> по жител). Планирањето на зелените простори се сведува на обезбедување минимум простор за зеленило кое подоцна, со изработка на урбанистичката документација од пониско ниво не секогаш се вградува во концептите за обликување/дизајн на урбаната структура. Вклучувањето на граѓаните во планирањето на зелените површини е при донесување на основните и деталните урбанистички планови, што е утврдено со Законот за просторно и урбанистичко планирање. Има примери кога граѓаните се обидуваа да влијаат на одлуките на градот и на општините за градба на територија на зелените површини, но тие главно не беа успешни.

Кај нас не постои традиција, ниту законска обврска за изработка на планови за обликување и уредување на јавните зелени површини. Всушност, само планирањето на намената на земјиште за јавни зелени површини во рамките на



## *Затадување на Градовите во Република Македонија: кои се решенијата?*

урбанистичкото планирање е законска обврска. Во релативно краток период од 1965 година до средината на осумдесеттите беше подготвувана соодветна техничка документација – проекти за обликување и уредување на зелените површини (на пример, проект за обликување и уредување на градскиот парк, за паркот Жена Борец, за рекреативното Езеро Треска, проектите за станбеното блоковско зеленило во некои населби, проекти за озеленување и уредување на големите булевари, проекти за пошумување и уредување на Водно, Гази Баба и за озеленување на Кале), а подоцна оваа дејност скоро сосема замре и се запостави. Последниве години, со издвојување на поголеми средства од страна на општините за уредување на јавните зелени површини, повторно се пристапува кон изработка на техничката документација. Проектите – техничката документација за озеленување на новите јавни зелени површини или за постојните кои се реконструираат ги изработуваат главно архитекти. Професијата пејзажен архитект сè уште не е препознаена, иако повеќе од 15 години постојат универзитетски програми за оваа насока. Проблемот произлегува и од фактот дека граѓаните не препознаваат дека е неопходен план за јавни зелени површини, како посебен документ и дека тие можат значајно да придонесат во неговото обликување.

Јавните зелени површини се под ингеренција т.е. управување на Град Скопје и единиците на локалната самоуправа. Под ингеренција на градот се и подрачјата во непосредното опкружување, приградското зеленило. Локалната самоуправа, односно општините се надлежни за управување со јавните зелени површини кои се наоѓаат на нивна територија и тоа со зелените површини околу станбените објекти (категијата на „блоковско зеленило“), со реонските и други локални паркови, со зелените површини по должината на локалните сообраќајници и со крајбрежното зеленило долж река Вардар. Активностите на градот се одвиваат преку јавно претпријатие, а локалните самоуправи ангажираат приватни компании за подигање и уредување на јавните зелени површини кои се наоѓаат на нивните територии, што покажува дека овој сектор постепено создава нови работни места.

Одржувањето на јавното градско и вонградско зеленило се финансира со 19,5% (до 2013 година оваа вредност изнесувала 17%) од средствата добиени по основ на потрошена и наплатена вода („Службен гласник“ на Град Скопје 13/2012). За одржување на над 5 илјади хектари градско и вонградско зеленило се трошат меѓу 49 и 59 милиони денари, што изнесува 60-65% од средствата планирани со

## *Затадување на Градовите во Република Македонија: кои се решенијата?*

програмите на јавното претпријатие. Подигањето на нови јавни зелени површини не се одвива согласно со програмите, туку како активност при реализација на градежни објекти.

Последниве години Град Скопје, општинските администрации и ЈП Паркови и зеленило настојуваат јавните зелени простори да ги отворат за други активности. Целта е овие простори да се направат поатрактивни за граѓаните и да се создадат услови за приходи. Овие активности не се сè уште резултат на подолгорочна стратегија. Настојувањето да се обезбедат приходи и од други економски активности може да претставува опасност за опстанокот на јавните зелени простори (притисок за градба на територијата на градскиот парк) и за нивниот квалитет. Несоодветно осмислените активности може да бидат потенцијална закана за биодиверзитетот поради вознемирување. Потребна е поголема транспарентност за економската оправданост на наведените економски активности и конкретната локација.

### **ПРОБЛЕМИ И МОЖНОСТИ**

Состојбата со зелените простори покажува дека во Скопје има различни проблеми, но исто така дека постојат низа можности. Студијата за озеленување беше поставена така што беа прибрани информации од различни извори кои се занимаваат или можат да дадат проценки за состојбите во Скопје, од стручната литература, од планската документација подготвувана за Скопје и малиот број истражувања направени за зелените простори во Скопје. Овие истражувања се првични и колку и да се општи, помогнаа да се идентификуваат некои проблеми, но укажаа и на потенцијалите за подобрување и развој на зелените простори што е прикажано во следниве табели.

### **Квантитет на урбаните зелени површини**

ПРОБЛЕМИ	ПОТЕНЦИЈАЛИ
- Тренд на нереализирање и пренамена на планираните зелени површини.	- Користење на земјишните ресурси за реализација на планираните зелени површини (Аквадукт).

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Стандардот за застапеноста на јавното зеленило опаѓа од 64-та година што говори дека планираните цели за зголемување на површините под јавно зеленило не се остваруваат.</li> <li>- Поголемите комплекси зелени површини меѓу себе не се поврзани.</li> <li>- Најважниот еколошки коридор, крајбрежјето на Вардар, во централното градско подрачје е пренаменет и поради таа фрагментација не може да функционира како зелен еколошки коридор.</li> <li>- Разместеноста, фрагментацијата и тешката достапност до парковите и зелените површини не овозможуваат остварување на еколошките и социјалните барања и ова се оценува како еден од најголемите проблеми.</li> <li>- Несоодветна застапеност на зелени површини во станбените населби, во некои населби недостасуваат јавни простори особено локални паркови.</li> <li>- Забрзано се намалуваат зелените површини во централното подрачје.</li> <li>- Процесите кои се одвиваат во градот и приградските зони ангажираат земјиште што води кон губење на зелените отворени простори.</li> <li>- Концепцијата за просторната организација на градот и формирање зелени коридори кои што ги поврзуваат Водно и Скопска Црна Гора не се реализирани, а постои тенденција за пренамена на ова земјиште.</li> <li>- Крајбрежјата на Вардар, Лепенец и Серава не се искористени за формирање на биолошки коридори.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Денес подобро се разбира и се идентификува потребата од обезбедување и развој на зелени површини.</li> <li>- Искористување на можностите на крајречните зони за поврзување на поголемите зелени комплекси.</li> <li>- Реализацијата на планските определби за зголемување на густината на населеноста треба да си постави за цел да обезбеди и простор за локални паркови и други зелени површини (Дебар Маало, Буњаковец, Кисела Вода).</li> <li>- Изнаоѓање расположливо земјиште за формирање зелени површини и паркови како одговор на определбата за достапност.</li> <li>- Примената на интердисциплинарен пристап и одржлив развој на локалните заедници може да обезбеди поголема ефикасност во планирањето на зелените простори.</li> <li>- Анализа и подготовка на планови за организирање на просторот и користење на земјиштето во пошироки региони во приградските зони (изработка на план на пределите).</li> <li>- Изнаоѓање механизми за заштита на земјиштето наменето за формирање на зелени коридори.</li> <li>- Искористување на можностите за поврзување на приградските значајни зелени локалитети (рекреативни, излетнички, културни) со зелени врски: сообраќајни, пешачки и велосипедски патеки (долж Треска кон Матка, долж Вардар кон Зелениково, кон зоната на културно-историски споменици на Скопска Црна Гора).</li> <li>- Искористување на старите патишта кон приградските зони за формирање на зелена мрежа.</li> </ul>
--	--

*Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Развојот на приградските населби влијае на фрагментација на приградските простори кои можат да имаат функција на зелени простори.</li> <li>- Неповрзаност на градското зеленило со приградските зони - рекреативните, излетничките, културните и зоните на природно наследство.</li> <li>- Поголемите комплекси на зелени простори меѓу себе не се многу оддалечени, но не се поврзани со зелена мрежа.</li> <li>- Нема рамномерна достапност кон поголемите зелени површини.</li> <li>- Недостиг на ефикасни механизми за создавање на интегриран систем на зелени површини.</li> </ul>	
---	--

**Квалитет на урбаните зелени површини**

ПРОБЛЕМИ	ПОТЕНЦИЈАЛИ
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Урбаните зелени површини не можат да ги исполнат еколошките функции и ефектите на регулација на климатските влијанија заради недостиг од вегетација и квантум на озеленето земјиште.</li> <li>- Неповрзаноста на зелените површини, несоодветниот квалитет на вегетацијата кај некои од нив или недостиг на вегетација има негативен ефект на биодиверзитетот.</li> <li>- Урбаните зелени простори не можат да ги исполнат своите функции на заштита и подобрување на квалитетот на воздухот поради: а. Несоодветна разместеност, б. Недостиг од вегетација.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Дури и скромно инвестирање во зелените простори и примена на принципите за заштита на природата можат да го зголемат потенцијалот на зелените простори во смисла на заштита на биодиверзитетот.</li> <li>- Активирање на неизграденото земјиште, особено во крајбрежните подрачја за формирање на еколошки коридори.</li> <li>- Загадувањето во урбаната средина може да биде подобро со соодветен развој, управување и проширување на зелените површини.</li> <li>- Квалитетот на животната средина може да се подобри со</li> </ul>

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

<ul style="list-style-type: none"> <li>- И покрај сознанијата за исклучително големата разновидност на видови и живеалишта во котлината и во градот, не е обезбедена еколошка мрежа која ќе го заштити биодиверзитетот.</li> <li>- Недостиг од заштитни зелени зони околу индустриските и стопанските објекти.</li> <li>- Недостиг од дрвја на раскрсниците.</li> <li>- Недостиг од дрвореди и/или примена на соодветни видови во дрворедите.</li> <li>- Недостиг од заштита од ветрови: северни, западни и југоисточни.</li> <li>- Недостиг од простор и вегетација која ќе обезбеди заштита од гласни звуци.</li> <li>- Непостоење на анализи и насоки за користење на растителноста за зголемување на енергетската ефикасност на објектите.</li> <li>- Нереализирање на зелени појаси на главните оски кои обезбедуваат струење на воздухот.</li> <li>- Трендот на зголемување на некои заболувања поврзани со воздухот не се доведува во врска со можноста проблемите да се намалат или ублажат со соодветна примена на зелени површини и соодветни растителни видови.</li> </ul>	<p>подобрување на квалитетот на зелените простори.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- При формирање на заштитните зони, покрај стопанските објекти или инфраструктурата, изборот и примената на растителноста да се сообрази со нивните потенцијали за ремедијација.</li> </ul>
---	---

**Користење на урбаните зелени површини**

ПРОБЛЕМИ	ПОТЕНЦИЈАЛИ
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Во повеќето зелени простори има недостиг на можност за нивно функционално користење и поради тоа не се доволно искористени.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Нови идеи и стратегии за користење на зелените простори можат да обезбедат мултифункционалност и разновидност.</li> <li>- Конфликтите во начинот на користење на просторите можат да</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Зелените простори со исклучок на арборетумот, недоволно се користат за едукација.</li> <li>- Не постојат образовни програми за учениците кои би се изведувале во урбани зелени простори.</li> <li>- Сè уште недоволно се користи биомасата од зелените простори</li> <li>- Во подрачја каде постои недостаток од урбани зелени простори, преголемото искористување може да биде проблем за нивниот еколошки квалитет.</li> <li>- Никаде не е јасно дефиниран начинот на користење, па постои конфликт меѓу користењето за рекреативни цели и заштита на природата.</li> <li>- Потенцијален страв и чувството на небезбедност во одредени простори.</li> </ul>	<p>бидат разрешувани на разни начини, вклучувајќи го начинот на кој просторот е управуван, проширување на мерките за управување и низ дијалог со корисниците и локалните заедници.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Добри планови за управување можат да помогнат во остварување на повеќе-наменските цели.</li> <li>- Постојат можности за вработување на волонтери или посебни чувари со кои би се осигурало чувството за безбедност во зелените простори.</li> </ul>
--	---

### **Планирање, развој и управување со урбаните зелени простори**

ПРОБЛЕМИ	ПОТЕНЦИЈАЛИ
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Меѓународните документи кои се однесуваат на зелените простори, иако се познати, не се вградуваат соодветно во праксата.</li> <li>- Не постојат стандарди за планирање на зеленило во Правилникот за урбанистичко планирање.</li> <li>- Недостиг на урбана политика за зелените урбани подрачја.</li> <li>- Непостоењето на механизми за трајна заштита на земјиштето наменето за зелени простори и паркови од пренамена.</li> <li>- Начинот на управување со зелените простори може да води кон проблеми, затоа што граѓаните и локалните власти</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Поинтегриран пристап за управување со зелените простори и подобро разбирање на начинот на функционирање на зелените простори може да допринесе да се разрешуваат различните интереси.</li> <li>- Повеќе дијалог со населението може да осигура можности за подобро управување.</li> <li>- Локалните власти можат да ја зајакнат реализацијата на идеите за развој на зелените простори со поврзување на економските вредности со еколошките и социјалните придобивки од зелените простори. Ова може да биде аргумент за објаснување за</li> </ul>

<p>можат да имаат различни видувања.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Постои постојан проблем, сè поизразен, за финансирање на урбаните зелени подрачја, односно за нивно подигнување и одржување.</li><li>- Планирањето на зелените простори не е интегрален дел од процесот на планирање на урбаниот развој, заради тоа што недостасуваат интегрирани анализи на урбаните процеси и плановите за развој.</li><li>- Учесството на граѓаните во планирањето на зелените површини, односно обезбедувањето на земјиште кое ќе се намени во зелена урбана површина е минимално.</li><li>- Иницијативите на граѓаните за заштита на урбаните зелени површини не се успешни.</li><li>- Не постои легална обврска за изработка на планови за јавните зелени површини, ниту како стратески документи, ниту како технички документи за уредување и обликување.</li></ul>	<p>потребниот буџет во преговорите со локалните власти.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Развојот на зелените простори може да биде поттикнувач на урбаната обнова, доколку јавноста го разбере инвестирањето во зелените простори и животната средина како позитивна мерка и ако се обезбеди вклучување на жителите во процесите на планирање, реализација и одржување на зелените простори.</li></ul>
---	--

## **РЕЗУЛТАТИ**

Клучна активност во управувањето и развојот на градовите денес е донесување и спроведување стратегии за подобрување на квалитетот на животот. Ова истражување потврди дека при креирањето на концептот за одржливост на урбаната структура и урбаниот развој- еколошките, социјалните и економските аспекти можат да се остваруваат и преку урбаните јавни зелени и отворени простори.

Широкиот спектар на функции и влијанија кои ги имаат зелените простори, покажува дека на секој акт на планирање и развој на градот, треба да му претходи студија за отворените зелени простори. При ова, важно е да се воспостави

интердисциплинарна основа за планирање и управување со урбаните зелени и отворени простори.

Постојат повеќе причини кои упатуваат кон потребата подобро да се познаваат комплексните интеракции и функции на зелените простори, како од разни специјалисти, така и од страна на граѓаните. Основните цели се да се овозможи зелените отворени урбани простори да ги исполнат нивните функции, да ги остварат очекуваните ефекти како успешни градски места, да бидат прифатени и почитувани од граѓаните, но исто така и за да не се наметнуваат неприкладни финансиски оптоварувања на граѓаните и градските администрации.

Воочените проблеми и потенцијали за развој и подобро управување со јавните зелени површини во Скопје, беа основа да се детерминираат предлозите и препораките кои треба да бидат преземени. Тие се систематизирани согласно со главните функции на зелените површини и се однесуваат на: а) урбаните аспекти, б) подобрувањето на микроклиматските влијанија, в) подобрувањето на квалитетот на воздухот и другите компоненти на животната средина, и г) подобрувањето на социјалните функции. Посочени се и мерки за планирање на зелените простори и унапредување на начините за управување. Како посебно поглавје приложени се посебните услови и барања на кои треба да се базира изборот на растителниот материјал кој се употребува за озеленување и уредување на градот и приградските подрачја. Во прилог на Студијата се презентирани постојните истражувања и сознанија за функциите на зелените простори и растенијата и приложени се листи на досегашните сознанија за отпорноста на одделни видови растенија на загадувачки материји во воздухот. Како особено релевантни мерки за темата на овој Собир се посочуваат следниве:

- Преиспитување на урбаната политика за развој на градот и особено политиката за градба во централното подрачје и на стандардите на изграденост со оглед на ограничените земјишни и природни ресурси и квалитетот на животната средина;

- Трајна заштита на постојните зелени комплекси и пределите на културно наследство и нивно поврзување со зелени и велосипедски коридори што треба да ја сочинува зелената/еколошката инфраструктура во градот и во котлината и тоа следниве локалитети: градскиот парк, Скупи со Зајчев рид, Акведуктот, Француски гробишта, Кале, Гази Баба, Ботаничката градина со дендропаркот; крајбрежјата на



реките Вардар, Треска, Лепенец, Серава, Маркова река, спортско рекреативните центри Сарај, езеро Треска, Хиподром и Камник, парк шумата Водно и коридорите кои го поврзуваат Водно со Скопска Црна Гора. Оваа препорака е поврзана и со определбата за трајна заштита на биолошката разновидност, со која пределите на Скопската Котлина се богати и специфични. Во оваа Студија, локалитетите на културното наследство се согледуваат како интегрален дел на пејзажот кои, заедно со јавните зелени простори го дефинираат идентитетот на градот и неговото опкружување и го унапредуваат квалитетот на животната средина. Некои простори, како што се споменичните целини и археолошките локалитети, како културни предели се дел од системот на јавните урбани зелени површини, но и важните приградски зони може и треба да станат дел од зелената инфраструктура на приградското и поширокото подрачје.

- За озеленување на јавните простори да се употребуваат растителни видови според нивната отпорност на полутанти во воздухот, да се организира современо контејнерско производство и да се воведат нови технологии за одржување на урбаното зеленило, особено на дрворедите.

## **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

*Експертски извештаи подготвени за потребите на изработка на Студијата за озеленување на Скопје:*

- [1] Микроклиматски карактеристики на подрачјето на градот Скопје и Скопската Котлина, д-р. Пеце Ристевски, метеоролог
- [2] Карактеристики на природната средина во Скопскиот Регион- вегетација, флора, фауна и еколошки коридори, Проф. д-р. Славчо Христовски, биолог
- [3] Здравствено-еколошки аспекти на зеленилото, Проф. д-р. Михаил Кочубовски,
- [4] Општествените аспекти на зелените површини– Борис Стипцаров , социолог
- [5] Краток преглед на состојбата со животната средина во Скопје и Скопската Котлина, Софија Трајковска дипл. еколог
- [6] Урбани аспекти на развојот на Скопје – изводи од ГУП на Скопје 2012, Цветанка Маркушоска дипл. арх.
- [7] Управување со јавните зелени подрачја во Скопје, дипл. инг. Слободанка Стефановска, пејз. арх., шум. инж.
- [8] Карактеристики на шумските заедници во Скопската Котлина и критериуми за избор на видови за озеленување и пошумување, Д-р. Јане Ацевски, шум. инж.

### ***Друга литература:***

Europe's Environment, The Dobris Assesment; European Environment Agency, **1995.**

- ▶ Team of the EU Research Project, Development of Urban Green Spaces to Improve the Quality of Life in cities and Urban Regions, UFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle, **2004,**

- ▶ Team of the EU Research Project, Making Greener Cities, A Practical Guide, UFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle, **2004**.
- ▶ F. Steiner, , The Living Landscape, an ecological approach to landscape planning, McGraw-Hill Inc., **1991**.
- ▶ ARL (Akademie fur Raumforschung und Landesplanung), Albers, G. Van Den Berg, M., Boyer, J.C., Open Spece in Urban Areas, Hannover, ARL, **1997**.
- ▶ ELCA Workshop (European landscape Contractors Association); Green City Europe – for a Better Life in European Cities; [www.green-city.eu](http://www.green-city.eu)
- ▶ W. R. Miller, Urban Forestry, Planning and Managing Urban Greenspaces, Prentice Hall, New Jersey, **1997**.
- ▶ Л. Стенвеген, и др., Стратешки план за зачувување и рехабилитација на Аквадуктот и неговата околина, Управа за заштита на културното наследство – Скопје, **2011**.
- ▶ С. Хаџи Пецова, Предела – пристап кон управување, заштита и планирање; Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје, Факултет за земјоделски науки и храна, Скопје, **2008**;
- ▶ С. Мирчевска, Истраживање предела у Скопској котлини (магистарски рад); Универзитет у Београду, Шумарски факултет, **1970**.
- ▶ Генерален Урбанистички План на Скопје, Јавно претпријатие за просторни и урбанистички планови, Скопје, **2001**.
- ▶ Основен урбанистички план на Скопје, Завод за урбанизам и архитектура на град Скопје - Скопје, Полсервис - консултанти и инженери - Варшава, Здружение Доксијадеc - Атина, книга 15, **1964**.
- ▶ Завод за урбанизам и архитектура, Основен урбанистички план на град Скопје, Измени и дополнувања, Скопје, книга 7, **1982**.
- ▶ Завод за урбанизам и архитектура на град Скопје, План приградске зоне Скопја , Извештај припремљен за УН, Полсервис - консултанти и инженери - Варшава, , књига 16, 1964.
- ▶ Министерство за животна средина и просторно планирање, Агенција за планирање на просторот; Просторен план на Скопскиот Регион (нацрт ); **2009**.
- ▶ Град Скопје, Локален акционен план за животна средина ЛЕАП 2 за град Скопје, Скопје, **2011**.
- ▶ Град Скопје, Финален извештај, Преглед на одржливост – Град Скопје, СИДА, u-PLAN Tor Eriksson AB, **2008**.
- ▶ G. Stauskis, F. Frank Eckardt, Empowering Public Spaces as Catalyses of Social Interactions in Urban Communities, Urbanistika ir Architektūra Town Planning and Architecture, 35(2), **2011**, 117–128.
- ▶ „Состојби и тенденции за намалување на градското зеленило во Мал ринг во Скопје 2002-2017“; Проект „Сосед чувар“, НВО „Плоштад слобода“ , УСАИД
- ▶ Д. Пенчиќ, Влијанието на урбанистичките планови врз дисконтинуираната просторна транзиција на градот Скопје во дваесеттиот век (докторска дисертација), Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје, Архитектонски факултет, **2011**.
- ▶ J. Nowak, D. Heisle, M. Gordon, Air Quality Effects of Urban Trees and Parks, **2010**.
- ▶ Љ. Вујковиќ, , Пејзажна архитектура - планирање и пројектовање, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, **2003**.
- ▶ Ј. Трифунов, Г. Узунов, Справочник по озеленавање, Земиздат, Софија, **1968**.
- ▶ V. Zevi,; Urban landscape. Theory and practice - International symposium; Ljubljana, **1988**.

## *Затадување на Градовитие во Република Македонија: кои се решенијата?*

- ▶ МЖСПП, Декларација за одржлив развој од Јоханесбург, План за имплементација, **2002**.
- ▶ S. Bell, Design for outdoor recreation, Taylor and Francis Group, New York, **2008**.
- ▶ I. Colquhoun, G.P. Fauset, Housing design in practice, Longman Scientific and Technical
- ▶ Perspectives of Spatial development in Germany - Bundesamt fur Bauwesen und Raumordnung, Bundesministerium fur Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, November, **2006**
- ▶ B. Maksimović, Funkcionalne vrednosti slobodnih prostora u stambenom kompleksu, Građevinska kniga, Beograd, **1969**.
- ▶ A. Christopher, S. Chermayeff, Community and privacy, Toward a New Architecture of Humanism; Anchor Books edition, New York, **1965**.
- ▶ H. Piplas, Flexible landscapes for a sustainable urban development, The primary medium for design of future cities, Berlin University of Technology, Master of Urban Design Studies, Berlin, **2010**.

### **Интернет-линкови:**

- ▶ <http://www.gigl.org.uk/our-data-holdings/open-spaces/areas-of-deficiency-in-access-to-public-open-space/>
- ▶ <http://documents.ottawa.ca/sites/documents.ottawa.ca/files/documents/con022190.pdf>
- ▶ <http://www.arlingtonva.us/Departments/ParksRecreation/forums/openspace/publicspaces/PublicSpaceMain.aspx>
- ▶ [http://www.kirjvasatama.fi/pdf/southharbour\\_greenareassystem\\_helsinki.pdf](http://www.kirjvasatama.fi/pdf/southharbour_greenareassystem_helsinki.pdf)
- ▶ [http://switchboard.nrdc.org/blogs/kbenfield/hamburgs\\_ambitious\\_green\\_plan.html](http://switchboard.nrdc.org/blogs/kbenfield/hamburgs_ambitious_green_plan.html)
- ▶ <http://www.cmap.illinois.gov/about/2040/livable-communities/open-space>
- ▶ [Environment Posts.Landscape architecture :](#)
- ▶ [Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas by Lisa Gartland](#)
- ▶ [Designing Small Parks: A Manual for Addressing Social and Ecological Concerns by Ann Forsyth](#)

## **АКЦИСКИ ПЛАН ЗА КОНТРОЛА НА ЕРОЗИЈАТА ВО ГРАД СКОПЈЕ**

Иван Блинков<sup>1,2</sup>, Александар Трендафилов<sup>1</sup>, Иван Минчев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Шумарски факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република Македонија

<sup>2</sup>Македонска академија на науките и уметностите –Истражувачки центар за животна средина и материјали, Скопје, Република Македонија

### **Апстракт**

Урбаниот развој значително влијае на почвените и водни ресурси. Проблемите со ерозијата потекнуваат од околните планини, но исто така и од ридовите во градовите и градилиштата. Интензитетот на ерозија на градилиштата (во и вон урбана средина) може да биде до 2000 пати повисок отколку на шумско земјиште, 200 пати поголем отколку на пасиштата и 10-20 пати поголем од обработливото земјиште. Покрај тоа, на градилиштата се генерира седименти исполнети со разни загадувачи, како што се фосфор, азот, нафтени продукти и други хемикалии кои лесно се апсорбираат или раствораат во водите. Научници од САД проценуваат дека штетата од урбаната ерозија се движи од 192 милиони долари до 2,2 милијарди долари нето штети годишно во САД. Мерките за заштита од ерозијата, покрај намалувањето на интензитетот на ерозијата на почвата, значително влијаат и врз воздухот и водата, но и врз урбаната инфраструктура.

Согласно со Законот за вода, секоја единица на локална самоуправа, како и секоја водостопанска организација се обврзани да дефинираат ерозивни подрачја - ЕП (области каде ерозијата загрозува населените места и инфраструктура) и – подрачја загрозени од ерозија ПЗЕ - (области каде што промената на користењето на земјиштето, особено намалувањето на шумската покривка може да предизвика силни процеси на ерозијата) во рамките на нивната територија, и врз основа на тоа да се подготви Акционен план за заштита до ерозијата.

Генерално, интензитетот на ерозија во Скопскиот регион е сличен со националните просечни вредности. Површината под најголем интензитет на ерозија I и II, изнесува вкупно 12570,7 ha. Од оваа површина, како ерозивни

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

подрачја се дефинирани 5874 ha. Покрај тоа, како подрачја загрозувани од ерозија се дефинирани и 36332 ha.

Акцискиот план се базираше на моменталната состојба и ГАП анализата на сите природни и социоекономски фактори на ерозија. ГАП анализата покажа значителен број на недостатоци во сите анализирани области.

Врз основа на анализата на недостатоци беше подготвен Акциски план, во кој, прво се предложени административни мерки: забранети активности и задолжителни активности посебно за: ерозивни подрачја, односно за „подрачја загрозувани од ерозија“. За да се овозможат услови за полесно спроведување на другите мерки, предложени се 6 мерки (на национално ниво) и 4 мерки (на регионално/локално ниво). Во групата на технички мерки предложени се мерки за: заштита од ерозија на земјоделско земјиште (2); заштита од ерозија на шума и полуприродни области (5); Техничко-мелиоративни мерки (заштита до ерозија во мали порои, јаруги и сл. (2); заштита од ерозијата на вештачко деградирано земјиште (градилишта, копови, јаловишта, позајмишта, депонии (4), намалување на опасностите од поројни надоаѓања (1); намалување на транспортот на наноси (2) и намалување на изложеноста на опасности. Понатаму, тие се подетално разработени на ниво на општини. За секоја активност дефинирани се: приоритетот (од највисок 1, до најнизок 5), одговорни институции и ориентациона цена.

Калкулацијата на трошоците беше обременета заради фактот што некои од мерките и активностите се ad-hoc (уредување јаруга), некои од нив се континуирани (одржување, следење, чистење на поројни корита), некои од нив се краткорочни (уредување на порој), некои од нив се долгорочно (пошумување). Во пресметката не се пресметуваат следниве позиции: чистење на канали и поројни корита (тоа е активност која е законска обврска и треба да се врши секоја година од страна на надлежните субјекти); одгледувањето и заштитата на шумите и шумските култури (тоа е законска обврска на субјектите кои управуваат и стопанисуваат со нив); активности што се во надлежност на различни институции (инспекции, донесување на акти, одлуки); обврски на концесионери, изведувачи на градежни работи; обврски на приватни сопственици на земјиште (постојат субвенции за добри практики) и др.

Вкупните почетни трошоци за мерките и работите (активностите) за заштита од ерозија и порои се проценети како што следи: Град Скопје – 35,95 милиони евра

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

(од нив за пошумување 34,65 МЕ и 1,3 МЕ за други мерки) и Скопски регион – 43,9 МЕ, (пошумување - 38,6 МЕ и други 5,34 МЕ).

Според трошоците, општината Сарај е апсолутно доминира со 30,37 МЕ (30 МЕ за пошумување). Оваа вредност е заради значително големата површина во општината која има висок ерозивен потенцијал и директно или индиректно ги загрозува и значајните инфраструктурни објекти: автопатот Скопје-Гетово, регионалниот пат и железницата Ѓорче Петров-Радуша и акумулацијата Матка. Ако го исклучиме Сарај, општините во кои треба да се инвестираат највисоки финансиски средства се: Ѓорче Петров (3.3, МЕ), Гази Баба (1,27) и Петровец 1.8 МЕ.

Динамичкиот план е подготвен за 10-годишен период, со забелешка дека пошумувањето на ерозивните области е планирано за долгорочен период.

**Клучни зборови:** ерозија, порои, акциски план, Скопје

#### **Abstract**

Urban development significantly affects soil and water resources. Problems with erosion originate from the surrounding mountains, but also from the hills in cities and construction sites. The intensity of erosion at the construction site (in and out of the urban environment) can be up to 2,000 times higher than on forest land, 200 times larger than on pastures and 10-20 times the arable land. Additionally, sediments filled with various pollutants such as phosphorus, nitrogen, petroleum products and other chemicals that are easily absorbed or dissolved in water are generated at the construction sites. Measures for erosion protection, in addition to reducing the intensity of soil erosion, significantly affect both the air and water, but also the urban infrastructure.

According to the Law on Water, each local self-government unit, as well as each water-economy organization, is obliged to define erosive areas –EP (areas where erosion disturbs settlements and infrastructure) and - Areas endangered by erosion PZE - (areas where the change in land use, especially the reduction of forest cover can cause strong erosion processes) within their territory, and on the basis of this, an Action Plan for Protection against Erosion is prepared. In general, the intensity of erosion in the Skopje region is similar to the national average values. The area under the highest intensity of erosion I and II is in total 12570.7 ha. From this site, 5874 ha are defined as erosive areas.

### *Затадување на Траговије во Република Македонија: кои се решенијата?*

In addition, 36332 ha are defined as areas threatened by erosion. The Action Plan was based on the current state and GAP analysis of all natural and socio-economic factors of erosion. The GAP analysis showed a significant number of disadvantages in all analyzed areas.

Based on the analysis of defects, an Action Plan was prepared, in which administrative measures were first proposed: prohibited activities and mandatory activities especially for: erosive areas ie "areas threatened by erosion". To provide conditions for easier implementation of other measures, 6 measures (at national level) and 4 measures (at regional / local level) are proposed. In the group of technical measures, measures are proposed for: protection from erosion of agricultural land (2); protection against erosion of forest and semi-natural areas (5); (2), protection from the erosion of artificially degraded land (construction sites, pits, ponds, borrowings, landfills (4), reduction of the dangers of torrential downtimes (1) (2) and reduction of exposure to hazards, they are further elaborated at municipal level. For each activity, the priority is defined (from the highest 1 to the lowest 5), the responsible institutions and the orientation costs.

Costs calculation was burdened by the fact that some of the measures and activities are ad-hoc (editing), some of them are continuous (maintenance, monitoring, cleaning of torrential troughs), some of them are short-term (stream regulation), some of them are long-term (afforestation). In the calculation, the following items are not calculated: Cleaning of channels and dams (this is an activity that is a legal obligation and should be carried out every year by the competent entities); the cultivation and protection of forests and forest cultures (this is the legal obligation of the entities that manage and manage them); activities that are within the competence of different institutions (inspections, adoption of acts, decisions); obligations of concessionaires, contractors of construction works; obligations of private land owners (there are subsidies for good practices) and others.

The total initial costs for measures and activities for protection against erosion and torrents are estimated as follows: City of Skopje - EUR 35.95 million (of these for afforestation 34.65 ME and 1.3 ME for other measures) and Skopje region - 43.9 ME (afforestation - 38.6 IU and other 5.34 IU). According to the costs, the municipality of Saraj is absolutely dominated by 30.37 ME (30 ME for afforestation). This value is due to the significantly large area in the municipality that has high erosive potential and

directly or indirectly endangers significant infrastructure facilities: the highway Skopje-Tetovo, the regional road and the railway Gjorce Petrov-Radusa and the accumulation Matka. If we exclude Saraj, the municipalities in which the highest funds should be invested are: Gjorce Petrov (3.3, ME), Gazi Baba (1.27) and Petrovec 1.8 ME. The dynamic plan has been prepared for a 10-year period, with remark that the afforestation of erosion areas is planned for a long-term period.

**Key words:** erosion, torrents, action plan, Skopje

## **ВОВЕД**

Ерозијата на почвата се смета за една од главните закани за европските почви, особено во медитеранските области [1].

Како резултат на тоа, ерозијата влијае на голем дел од населението на планетата Земја. Директните (on-site) ефекти или ефектите настанати на местото на настанување на ерозијата, за повеќето луѓе се јасни, на пример губење на почвата (намалување на длабочината на почвениот слој/профил), загуба на вода, намалување на плодноста на почвата со последователно намалување на продуктивноста, деградација на биодиверзитетот, како и нарушување на режимот на водите и водниот биланс. Природните феномени како што се ерозијата, атмосферските влијанија и лизгањето на земјиштето можат да имаат значително влијание врз количината на транспортиран наносен материјал во соседните водотеци. Тоа количество на нанос се депонира во дренажните системи, со што се намалува капацитетот за пренос на каналот и акумулациите, блокирајќи ги мостовите и пропустите и оттука доаѓа до појава на излевање и појава на поплави.

Пресметаниот средно-годишен интензитет на ерозија на европските држави се движи околу  $3,18 \text{ t ha}^{-1}$ . Вкупните количини на почвената загуба (произведени седименти) се  $1973 * 10^6$  тони. Средниот годишен интензитет на ерозија на Балканот изнесува  $5,48 \text{ t ha}^{-1}$  (за 1,7 пати повисока од европската средна вредност). Вкупните годишни загуби на почвите кои потекнуваат од балканските земји, се 21,28% од вкупниот годишен наносен материјал (продукт на ерозијата) во Европа. Албанија е најерозивна земја во Европа, додека Македонија со среден годишен интензитет на ерозија од  $6,9 \text{ t ha}^{-1}$  е на осмо (8) место (2,17 пати поголема од европската средна вредност) [2].



Скопскиот регион, е значително засегнат од ерозијата и ерозивните процеси. Според Картата на ерозија на Република Македонија, 30,53% од регионот е под влијание на неприфатливо ниво на интензитет на ерозија (I - многу високо ниво, II – високо ниво, III – средно ниво на интензитет на ерозивни процеси) [3].

Сите природни фактори на ерозијата како што следат: количината, распоредот и интензитетот на врнежите и брзината на ветерот, орографијата/топографијата со посебен осврт на наклонот на земјиштето, изложеноста на теренот, густината на хидрографската мрежа, развиеноста на релјефот, физичките и хемиските својства на почвата, резултираат со голема еродибилност на теренот во регионот. Од друга страна, разните антропогени активности во земјоделството, шумарството, водостопанството, рударството, урбанизмот, градежништвото итн., значително ја зголемуваат еродибилноста во регионот. Ефектите на ерозијата на самото место на одвивање (*On-site effects*) се значајни за сопствениците и корисниците на земјиштето (концесионери), особено за земјоделското земјиште, додека пак, ефектите од ерозијата кои настануваат подалеку од местото на одвивањето (*Off-site effects*) се важни за населените/урбаните средини. Миграционите процеси во минатото значително придонесувале за изложеноста на населението, и оттука е зголемен ризикот од ефектите на ерозијата надвор од местото на одвивање (*Off-site effects*).

Несоодветните човечки активности во скопскиот регион во минатото се причини за високи ерозивни процеси и поројни поплави. Првите активности за контрола на ерозијата и пороите (пошумување и технички мерки во поројните корита) во регионот се спроведени на почетокот на XX век. Одличен пример е планината Водно. Поради несоодветни човечки активности (сеча, орање, напасување итн.), планината Водно, била соголена. Во јули 1951 година се случиле катастрофални поплави од поројните води од Водно кои резултирале со многу материјални и еколошки штети и загуби, помеѓу кои и еден човечки живот и неколкумина повредени. Како резултат на ерозијата во сливните подрачја и транспортната способност на пороите, огромна количина на наносен материјал била исталожена на подножјето на планината и во градот Скопје. [4]. Силните ерозивни процеси на планината Скопска Црна Гора значително придонесоа за катастрофата во 2016 година.

Проблемите поврзани со глобалното затоплување и климатските промени се зголемуваат од ден на ден. Македонија е една од земјите што ќе бидат засегнати од овие проблеми поради нејзината географска положба. Се очекува глобалното затоплување да доведе до посилен хидролошки циклус, вклучувајќи ги и вкупните врнежи, како и зголемување на интензитетот на поројните врнежи. Овие промени кај врнежите, заедно со очекуваните промени во температурниот режим, сончевото зрачење и атмосферските концентрации на CO<sub>2</sub>, ќе имаат значителни влијанија врз интензитетот на ерозија на почвата.

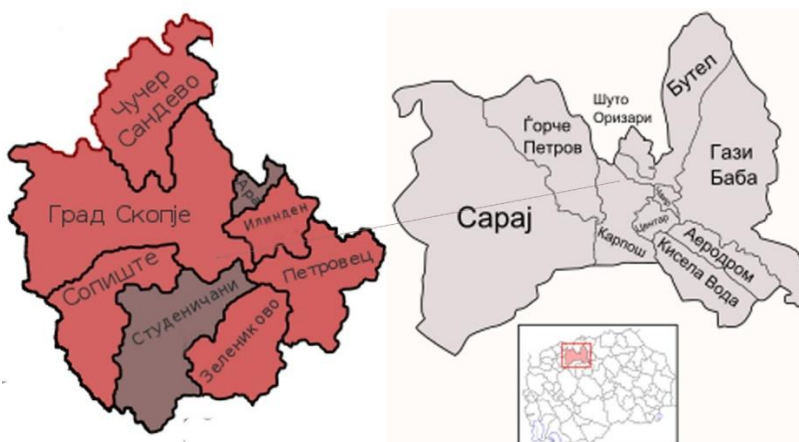
Основниот национален правен инструмент кој се однесува на ерозијата и пороите е Законот за води (во натамошниот текст: ЗВ). Тој ги вклучува основните принципи и процедури за контрола на ерозијата и пороите, како дел на заштита од негативното влијание на водата (од поплави, како и заштита од ерозија и порои, одбрана од замрзнување на површинските водни тела, како и отстранување на последиците од таквите несакани ефекти. Законот за води (ЗВ) воспоставува норми и на други релевантни материјални закони според кои се применуваат и релевантните одредби од други закони со кои се утврдуваат условите, начинот и постапките за заштита од штетното дејство на водите. Според ЗВ - член 135, врз основа на техничката документација, органот на државната управа надлежен за вршење на работите од областа на заштитата на животната средина, советот на општините, градот Скопје и претпријатијата за управување со водите за нивната област ги определуваат границите на ерозивните површини и загрозените подрачја од ерозија, како и мерките и активностите кои се однесуваат на заштитата на земјиштето од ерозија и регулација на пороите.

## **МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ**

### **Истражувачко подрачје**

Иако согласно со барањата на нарачателот на планот беше предвидена само територијата на градот Скопје, со оглед на фактот дека дел од сливовите на повеќе поројни водотеци кои го афектират градот Скопје потекнуваат вон неговите административни граници, како подрачје на работа е земен Скопскиот плански регион кој го сочинуваат градот Скопје и следните општини: Арачиново, Чучер-Сандево, Илинден, Петровец, Сопиште, Студеничани и Зелениково. Општини, а во

градот Скопје се: Сарај, Ѓорче Петров, Карпош, Бутел, Шуто Оризари, Чаир, Центра, Кисела Вода, Аеродром и Гази Баба.



Слика 1. Подрачје на истражување

Вкупната површина на регионот е 1,818 km<sup>2</sup>. Во сегашниот скопски статистички регион живеат 578,144 жители (од нив, според последниот попис на населението во 2002 година, тоа изнесува 28,6% од вкупното население во државата. Градот Скопје покрива територија од 571 km<sup>2</sup>, а има 506,926 жители (попис 2002 година).

### **Релевантни меѓународни политики поврзани со тематиката**

Релевантните светски и ЕУ приоди и политики за овој проект се: Еко-ДРР (намалување на ризикот од еко-катастрофи); Климатски промени и DRR; UNCCD (Конвенција на ОН за борба против опустинувањето); UNFCCC (Рамковна Конвенција на ОН за климатски промени); Forest Europe - Варшавскаа Резолуција 2 - шума и вода и IWRM - Интегрирано управување со водните ресурси.

Овој проект е поврзан и со национални/регионални/локални проекти, од кои ги издвојуваме: Национален акционен план за борба против опустинувањето, (НАП ДЗО); III Национална комуникација за климатски промени (III НК кон UNFCCC); Национална платформа за намалување на ризикот од катастрофи (НПНРК) итн. ; Стратегија за вода (СВ); Стратегија за одржлив развој на шумарството (СОПШ);

Просторниот план на Скопскиот регион (ППСР) и Акцискиот план за адаптација кон климатските промени (АПАКП).

### **Еко-ДРР (Екосистеми базирани на намалување на ризикот од катастрофи)**

Ризикот од ерозија е дефиниран како производ на веројатноста или можноста за ерозија (опасност од ерозија) и негативните последици или влијанија од ерозијата (штети на локацијата и надвор од локацијата), каде што негативните последици опфаќаат социјални, економски, еколошки и други влијанија. Овој принцип е користен во моделирањето на мапи/карти за опасност од ерозија и ризици од ерозија на скопскиот регион. Off – site ефектот на ерозијата е вклучен во дефинирањето на опасни порои во регионот.

Ризикот од порои е производ на веројатноста или можноста за поплавување на теренот и негативните последици или влијанија на поројните поплави каде негативните последици опфаќаат социјални, економски, еколошки и други влијанија. Со оглед на фактот дека пороите се турбулентни, неконтролирани текови, како и водотеци кои течат со голема брзина и енергија, речиси е невозможно да се дефинира вистинскиот ризик, бидејќи дури и мали промени; Пример: затворањето на поројното корито со градежен шут и излевање на флуидот и течење по улицата во други слив (Трнодол), ја менуваат ситуацијата. За таа цел беа дефинирани вакви жаришта во коритата на пороите во градот Скопје.

Голем број на фактори можат да придонесат за зголемување на ризикот - многу се поврзани, а голем придонес, директно или индиректно има и лошото управување со животната средина.

Екосистемски базирано намалување на ризикот од катастрофи (Есо-DRR) е одржливо управување, конзервација и реставрација на екосистемите за намалување на ризикот од катастрофи, со цел да се постигне одржлив и еластичен развој [5].

Ако се управуваат мудро, екосистемите вршат важни функции кои можат да ги намалат ризиците од катастрофи - преку спречување, ублажување или регулирање на опасностите (на пример, шумите можат да ја намалат појавата на лизгање на земјиштето, лавините, поплавите и сушите), преку дејствување како природни бафери и со тоа намалување на изложеноста на луѓето на опасности и со намалување на ранливоста преку поддршка на средствата за живеење и основни потреби (храна, вода, засолниште, гориво) пред, за време и по катастрофи [6].

### **Акциски план**

Акцискиот план беше развиен во 4 чекори:

- Анализа на проблеми;
- ГАП анализа;
- Развој на мерки и
- Динамичен план

Анализата на проблеми е фазата во која се идентификуваат негативните аспекти на одредена ситуација и утврдување на причинско-последичната врска меѓу набљудуваните проблеми. По анализата на проблемот, за подготовка на мерки во рамките на Акцискиот план, е направена ГАП анализата. Врз основа на наоди во претходната фаза, се идентификувани недостатоци во следните области: (1) правни, политички и институционални/организациски области; (2) ниво на ризик од ерозија; (3) функционалност на постоечките, работи, објекти и системи за контрола на ерозијата и пороите; (4) незаконски активности; (5) активности во земјоделството, шумарството и другите сектори; (6) урбано планирање и (7) други недостатоци.

Акцискиот план се состои од општи мерки и пристапи, генерализирана рамка на цени, бидејќи деталните мерки и цени може да се направат само врз основа на соодветна (нова) техничка документација (основни и изведбени проекти). За секоја мерка, трошоци се проценети и генерализирани, и во идните процеси на изработка на проектни задачи се ориентациони, но никако обврзувачки.

### **Дефинирање на подрачја загрозуени од ерозија и ерозивни подрачја**

Согласно Законот за води, член 134:

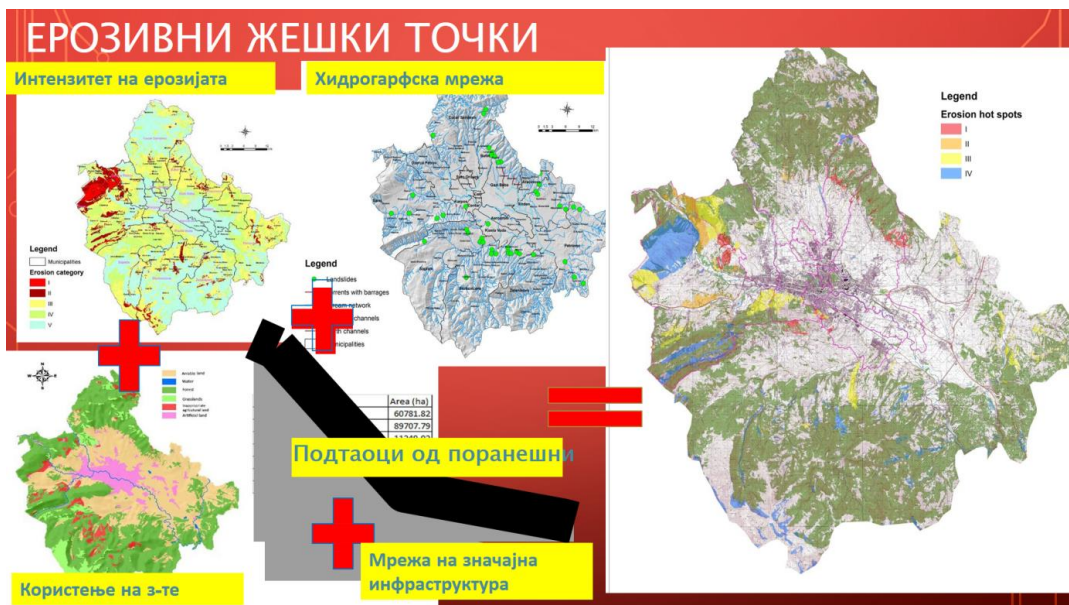
*Ерозивно подрачје, во смисла на овој закон, е подрачјето зафатено со видливи знаци од ерозија и каде што површинскиот слој на земјиштето е деградиран.*

*Подрачје загрозуено од ерозија, во смисла на овој закон, е земјиштето на коешто сè уште не се видливи знаци на ерозија, но што може да се јави поради неправилното користење на штоа или околиното земјиште и земјоделскиот и шумскиот култури.*

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Според член 135 - транзициите на ерозивниото подрачје и подрачјето загрозуено од ерозија ги утврдуваат мерките и работите за заштитата на земјиштето од ерозија и уредувањето на пороиите, врз основа на техничка документација.

Ерозивните подрачја на територијата на град Скопје и скопскиот регион се дефинирани врз основа на претходно изработените анализа: картата на ерозивни жаришни точки, картата на жаришни точки во коритата на поројните водотеци и локациите на свлечиштата и други процеси на урвинска ерозија.

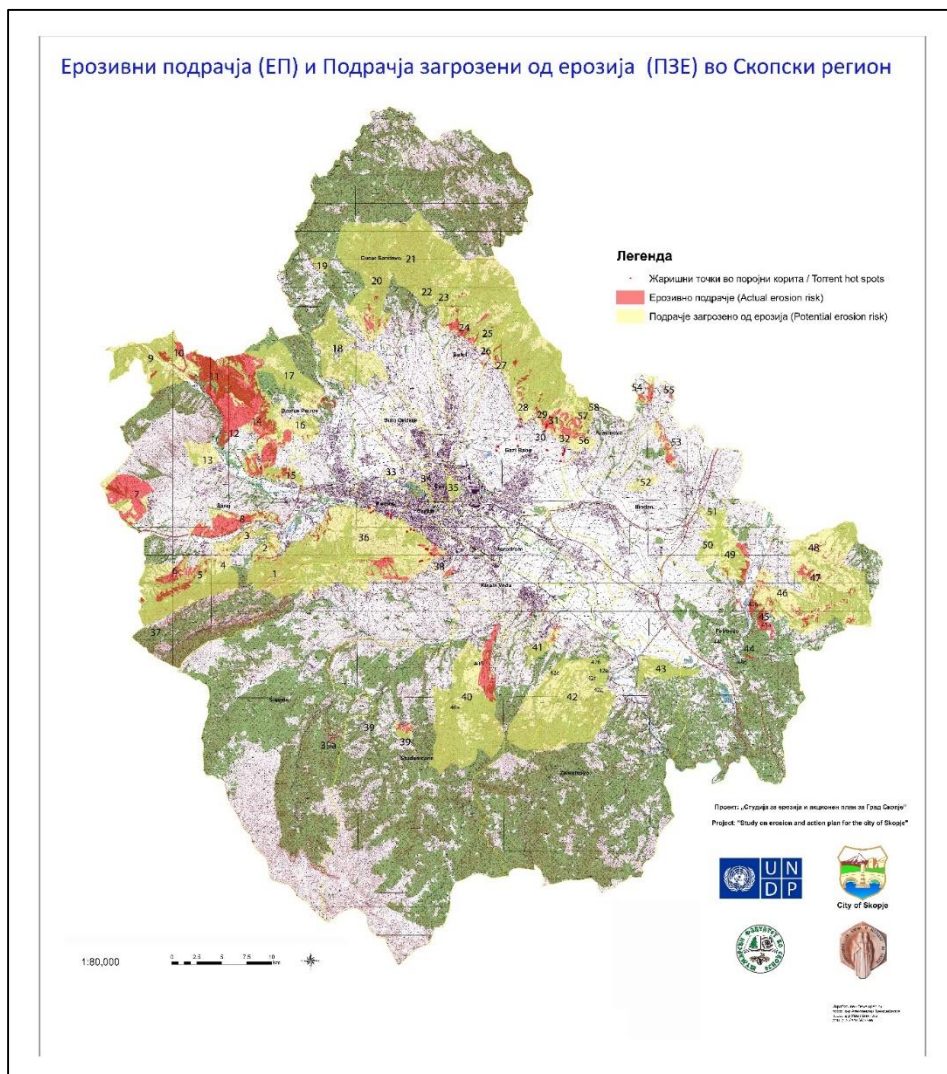


Слика 2. Ерозивни жаришни точки во Скопскиот регион

Од картата на ерозивни жаришни точки се извлечени првите две класи. На вака дефинираните полигони се додаваат и жаришните точки во коритата на пороите како и точките кои означуваат свлечишта. Така заокружените целини претставуваат ерозивни подрачја. Картата на потенцијален интензитет/потенцијал на ерозија се изработи по ЕПМ методологија т.е. се пресметува коефициентот на ерозија  $Z$ , при што параметарот за користење на земјиштето се усвојува со максимална вредност т.е.  $\alpha = 1$ . Со тоа се добива информација за потенцијалот на ерозија на теренот при што се земени предвид следниве параметри: геологија, почва, наклон, видливи процеси на ерозијата. По добиениот резултат за  $Z$ , сите вредности поголеми од 0,70 се земаат предвид и тие претставуваат подрачја



загрозени од ерозија. Како дополнителен критериум за заокружување на целините е воведен и најзначајниот критериум: загрозен човечки живот. Со соединување на двете карти, е добиена комбинирана „Карта на ерозивни подрачја и подрачјата загрозени од ерозија“.



Слика 3. Ерозивни подрачја и подрачја загрозени од ерозија во Скопскиот регион

Општина Сарај е најерозивно подрачје во рамките на град Скопје. Во најголем реален ризик од ерозија се селата Радушa, Горно и Долно Свиларе, Кондово и Бојане. Исто така, критичната инфраструктура е изложена на ризик,

особено на делницата од с. Арнакија до с. Семениште. Постојат многу села кои делумно се засегнати од актуелната ерозија, но главно од потенцијален ризик од ерозија, падините над селата: Паничари, Раовиќ, Буковиќ, Чајлане, Арнакија, Глумово, Матка, Шишево, Сарај и Крушопек.

Врз основа на оваа претходно добиена карта при изработка на Студијата за ерозија на Скопскиот регион се планирани и мерките во Акцискиот план.

Општината Горче Петров во најголем дел е погодена од средни до високи процеси на ерозија со главно потенцијален ризик од ерозија со мал актуелен ризик од ерозија, главно на падините над селата: Никиштани, Грачани, Кучково и Волково.

Општините Карпош, Центар и Кисела Вода се изложени на ризик од потенцијални ерозивни процеси од северните падини на планината Водно. Исто така постои и дел над Кисела Вода, што е под влијание на вистински ризик од ерозија (источна страна на Водно - Зли Дол). Ризикот од ерозија и опструкциите во поројните корита се опасна комбинација што ги става на ризик населените места со голема густина (Карпош, Центар и Кисела Вода). Новиот коп на Титан-Усје во Кисела Вода е исто така со голем потенцијален ризик од ерозија, бидејќи има големи количини на лабави материјали кои може лесно да се транспортираат по течението на Усјански порој.

Во средината на Скопската Котлина има многу мали ридови со стрмни падини, во Карпош - Зајчев Рид, во Центар - Француски Гробишта и Кале и во Гази Баба - парк шума Гази Баба. Првите две се комбинација од актуелен/потенцијален ризик од ерозија. Ова е поради големата урбана експанзија и градилишта на овие стрмни падини и во комбинација со подложноста на подрачјето, вршат притисок врз овие падини. Парк шумата Гази Баба е потенцијална област за ризик од ерозија и тука треба да се избегнуваат градежни активности.

Општина Бутел во подножјето на планината Скопска Црна Гора има две села со вистински ризик од ерозија: Љубанци и Љуботен. Падините на планината до врвот на сливот се исто така потенцијална област за ризик од ерозија. Исто така, општината Гази Баба во подножјето на планината Скопска Црна Гора има неколку села со актуелен ризик од ерозија: Раштак, Булачани, Црешево, Страчинци и Брњарци. Падините на планината до врвот на сливот се исто така потенцијална



област за ризик од ерозија. Страчинци и Брњарци се селата кои најчесто се зафатени со актуелниот ризик од ерозија.

## **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

### **Анализа на недостатоци (ГАП анализа)**

Врз основа на студијата за ерозија и порои, беше направена Анализа на недостатоци. Недостатоците се идентификувани во следните области:

- Правни, политички и институционални/организациски;
- Управување со земјиште (земјоделство, шумарство, водостопанство);
- Градежништво и рударство;
- Урбанистичко планирање и урбанизам;
- Одржување на постоечките работи за контрола на ерозијата и пороите и
- Проектирање и имплементација на работи за контрола на ерозијата и уредување на пороите.

### **Законски и институционални недостатоци**

Не постои посебна легислатива или "lex specialis" за контрола на ерозија и пороите како во минатото. Ова прашање најчесто се покрива со Законот за вода (како негативно влијание на водата) и Законот за земјоделско земјиште (ерозија на земјоделско земјиште).

Клучните недостатоци во Законот за вода се:

(1) Нејасни компетенции за ерозијата и пороите: За заштита на штетно дејство на водата во урбаните средини е надлежна единицата на локална самоуправа, а надвор од населено место во рамки на својот опфат (хидромелиоративен систем) надлежно е водостопанско претпријатие. *Прашања? Која институција е надлежна во руралните области? Која институција е надлежна за области каде што нема хидромелиоративен систем и нема водостопанска институција во населените места?*

(2) Нејасна разлика помеѓу река и порој: Тоа подразбира примена на принципи и техники за уредување на реки во уредување на пороите, т.е. уредување на делници само во коритото во долниот дел на сливот. Поголема река може да се регулира во сегменти; пр. само во населени области или некаде каде што е потребно

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

да се заштити некој објект. Помалите водотеци обично имаат пороен карактер и регулација само во долниот дел на сливот (канал со попречни објекти - прагови) е неправилна. *Прашање? Дали овие водоитеци: Поројска Река, Црешевска Река, Река Сушица, Мала Речица, се реки или порои. Од иравноито објаснување не може да се заклучи.*

(3) Надлежности за територијата каде што е одговорен другиот субјект: Успешното уредување на пороите опфаќа мерки и активности на целиот слив, односно во коритото, во нејзините притоки и на сливот. Согласно со член 141, регулацијата на поројот индиректно ќе ги регулира еродираните области во сливот; Општината, градот Скопје и општините во Градот Скопје се должни да ги преземат сите мерки за регулирање на текот во соодветната област. Територијата на планината и ридскиот дел од сливот обично е во надлежност на ЈП Македонски шуми, високопланинските пасишта се во надлежност на Јавното претпријатие за стопанисување со пасишта, а земјоделското земјиште е во надлежност на приватни сопственици или концесионерот. *Прашање: Како можеме да сироведеме усјешно уредување на порој во територија каде комитетинито тело не ЕЛС (единици на локална самоуправа) и водостопанството?*

(4) Низок капацитет на институциите: Човечките, финансиските и техничките капацитети поврзани со ова прашање во ЕЛС и водостопанствата се многу ниски. Додека во некои регионални водостопански претпријатија/подружници постои барем едно соодветно одговорно лице за ерозија и порои. На генерално ниво на АД во Дирекцијата во Скопје не постои таков тим ниту лице. Финансиските капацитети се ниски. Во минатото преку СОЗТ Водостопанство на РМ имало финансии и активности за контрола на ерозијата и пороите, подоцна преку Фондот за води се добувале финансии, а во моментов само во случај на ситуација после некоја несакана непогода се наоѓаат финансии, но најчесто во ограничен обем.

(5) Недостаток на специјализирана институција за изработка на техничка документација и студии: Во минатото „Порој проект“, а подоцна и Завод за водостопанство (Одделението за ерозија и порои) ја вршеа оваа дејност, но со затворање на овие институции не постои компетентна институција за ова прашање во државата туку тоа се дава на приватни фирми кои не се специјализирани за ова дејност.

(6) Овластување на персоналот за подготовка на проекти за уредување на порои: Во изминатите 100 години, само шумарските инженери специјалисти за ерозија и порои подготвувале техничка документација (Порој проектот, Завод за водостопанство). Со измените на законот за градба и особено актите на Комората на овластени инженери и архитекти, ова право не им е дадено на шумарските инженери (дури ни на професорите кои тоа го предаваат) и ексклузивност им се дава на градежните инженери, иако во нивните наставни планови не постојат предмети за заштита од ерозија и порои, а пак само оние на насоката хидротехника делумно изучуваат, додека оваа проблематика е целосно покриена на Шумарскиот факултет. Несоодветните пресметки и решенијата за уредување на пороите во последниве години придонесоа и за поголеми загуби и оштетувања при некои поројни поплави. Забелешка: Регулирање на реки е многу различно од уредување на порои. *Прашање? Како некој може да прави нешто што е недоволно или воопшто не го познава?*

### **Неодржливи активности за управување со земјиштето**

Причини за неодржливи земјоделски активности поврзани со ерозијата се: (1) Облик на парцела обично поради наследно право и делба на имотот при што обработката се врши по подолгата страна, а тоа е често пати и попречно на изохипсите; (2) Недоволно знаење на земјоделците за насоката на орање, тип на наводнување, плодоред и сл.; (3) Недостаток на финансии за активности за контрола на ерозијата и (4) Незаконски активности.

Причините за неодржливи активности во шумарството поврзани со ерозијата се: (1) Официјално не постоење на заштитни шуми во земјата; (2) Самофинансирање на ЈП Македонски шуми што придонесува да нема доволно финансии (3) Недостаток на финансии за надомест на одржливи шумски активности поврзани со ерозијата. (4) несоодветно планирање, (5) Незаконски активности

Водостопанството од друга страна поради недостиг на средства финансии и човечки ресурси е ограничено во неговите активности.

### **Неодржливи активности при градежништво и рударство**

## *Затадување на градовитие во Република Македонија: кои се решенијата?*

Вообичаена практика за време на *градежниите работи* е отстранување на материјалот од ископ на почва на привремено одлагалиште. Не е невообичаено ископаната почва и карпи да се исфрлат по падините на некој близок дол како што е примерот со градбата на патот Средно Водно –Сопиште. Во САД, ЕУ и другите развиени земји во светот тоа е строго забрането. Изведувачот на градежните активности е должен да подготви и да почитува „План за контрола на ерозија и наноси“ складирање, депонирање, подзајмишта и сл., а инспекторот врши контролира. За градба на патишта и пруги во РМ, кои се финансираат со странски средства задолжителна е изработката и имплементација на ваков план. Сличен план е задолжителен и за рударските активности, но не и во државата, освен по завршување на експлоатацијата. Несоодветните градби во и околу поројните корита придонесоа за последиците од поројните поплави во 2016 година.

### **Неодржливи практики при Урбанистичко планирање и урбанизам**

Успешно планирање зависи од Правилникот за содржина на планот. Во рамките на постојниот Правилник за подготовка на урбанистички планови не постои точен параметар за дефинирање на потенцијалните опасни подрачја од аспект на порои, ерозија или свлечишта. Некаде, легализацијата на бесправни градби создава висока изложеност на ризик (т.е. Стајковци) што носи и свои последици.

### **(Не)одржување на постоечките структури и мерки за контрола на ерозијата и пороите**

За време на теренските активности, беше забележано дека одржувањето на структурите за контрола на ерозијата и пороите, а особено каналите е недоволно. Според Законот за вода, коритото и каналите мора да се исчистат до септември секоја година. Тоа е во ред за поголемите реки, но поројните поплави се случуваат обично во летниот период, што значи дека таа активност на обезбедување на проточност на водотеците и регулациите треба да биде реализирана до 1 јуни.

Проектирање и имплементација на работи за ерозија и уредување на порои значително се намалени, особено по 1991 година, а значајно е и тоа што најголем дел од проектите кои што се изработени после тоа, се од несоодветни стручни/компетентни лица.

### **Бесправни активности**

Забележани се следниве бесправни активности: Узурпација на поројно корито за проширување на земјоделското земјиште (Црешевска Река); Бесправни градби дури и во поројни корита (порои на Водно); Бесправна сеча на шума (Скопска Црна Гора); Шумски пожари, бидејќи повеќе од 90% се предизвикани од човечки фактор (изгорени борови шуми во Кондово, кај Стенковец); Фрлање градежен шут во поројни корита (Нерешки Порој); Бесправни губришта и депонии од каде се транспортира нанос до поројните корита и се намалува проточноста на коритата (речиси сите порои) дури и затворање на канал (Страчинска Дрезга) и др.

### **АКЦИСКИ ПЛАН**

Мерките во рамките на Акцискиот план се утврдени врз основа на идентификуваните недостатоци, дефинираните актуелни и потенцијални подрачја на ризик од ерозија (Ерозивни подрачја и Подрачја загроени од ерозија), законски барања во различни закони, вообичаена практика за контрола на ерозијата и пороите, принципите на Eco-DRR, IWRM, UNFCCC, UNCCD итн., како и длабоки анализи направени за ситуацијата на терен.

### **Мерки во Акцискиот план за контрола на ерозијата во градот Скопје**

Најпрво се презентираат општи административни мерки за ерозија и контрола на пороите на ерозивните подрачја и подрачја загроени од ерозијата. Врз основа на претходните проценки, особено на недоволно развиена и конзистентна правна и регулаторна рамка, организациска структура со недоволно разјаснети улоги и одговорности и институционален капацитет во потребата за подобрување.

Акцискиот план ќе се спроведува врз основа на следната стратегија: (1) Прв приоритет ќе биде да се спроведат мерки кои се однесуваат на обезбедување услови т.е. правни, институционални улоги и инструменти за управување, кои ќе бидат основа за различните т.н. технички мерки; (2) Паралелно со ова и како што се воспоставуваат законските и регулаторните рамки и се развиваат организациските структури и институционалниот капацитет, толку повеќе технички мерки ќе се спроведуваат во структуриран процес „учење преку изведување“.

## *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Правните, политичките и институционалните предуслови неопходни за создавање и овозможување на услови за спроведување на Акцискиот план за контрола на ерозијата на градот Скопје се први наведени.

Техничките мерки за контрола на ерозијата и пороите се наведени во следниве подрачја: (1) Заштита од ерозија на земјоделско земјиште; (2) Заштита од ерозија во шуми и шумски земјишта и долини; (3) Заштита од ерозија во поројни корита; (4) Заштита од ерозија на вештачко земјиште; (5) Намалување на големината на опасноста од пороите; (6) Зголемување на транспортната способност и проточност на поројните корита; (7) Намалување на транспортот на наноси и (8) Намалување на изложеноста на ризик.

Конечно, овие мерки се презентирани за секоја општина во градот Скопје, додека за општините надвор од градот Скопје се наведени само најважните мерки.

### **Предложени општи административни мерки за ерозивни подрачја и подрачја загрозени од ерозијата**

Во зависност од нивото на ризик од ерозија и видот на ерозија чија појава е можна, се предлага збир од административни мерки против ерозија кои треба да се преземат за ублажување и санирање на ерозијата. Од искуството се знае дека најдобри резултати се постигнуваат со следниве административни мерки:

Земјоделство: (1) Забрана за заорување на стрми терени (согласно со законот за земјоделско земјиште); (2) Забрана за орање по наклон; (3) Забрана за напасување на добиток на деградирани пасишта и ливади; (4) Обврска за контурно орање (по изохипса); (5) Обврска за претворање на деградирани обработливи површини во ливади или шуми (6) Обврска за мелиорацијата на деградирани пасишта и ливади; (7) Обврска за конверзија на едногодишни во повеќегодишни култури; (8) Обврска за воведување плодореди.

Шумарство: (1) Забрана за чиста сеча на шуми; (2) Забрана за напасување на добиток во шума; (3) Забрана за лисничарење; (4) Обврска за пошумување на еродирано земјиште и долини; (5) Обврска за прогласување заштитни шуми и преземање соодветни одгледувачки мерки и (6) Обврска за одржливо стопанисување со шумите од аспект на ерозијата.

Урбанизам, градежништво, рударство: (1) Забрана за урбанизација; (2) Обврска за подигање на зелени површини во урбана средина; (3) Обврска за

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

имплементација на т.н. урбана зелена инфраструктура; (4) Обврска за подигање урбани зелени површини согласно со принципите за противерозивна заштита и (5) Обврска за внимателност при планирањето.

За постојни делови од населби во ризична зона: (1) Забрани за активности кои влијаат на текот во поројно корито (фрлање разни материјали); (2) Обврска за отстранување на градби кои влијаат на текот во поројно корито; (3) Обврска за заштитни мерки доколку градбите се на правецот на текот (на надворешен дел од кривина на поројно корито) и (4) Обврска за затворање на отвори на објектите свртени кон поројно корито и/или подигнување над опасно ниво на вода.

Горенаведените мерки, освен за линиските инфраструктури, треба да се пропишат и за секоја поединечна катастарска парцела или група од парцели кои имаат ист сопственик или ист концесионер која се наоѓа на подрачјето на ерозија и се внесуваат понатаму во делот на табелата со податоци. Во неа се предвидени мерки кои најдобро ќе одговараат за противерозивно и противпоројно уредување. Претходните искуства покажуваат дека стравот од овие мерки е неоправдан, бидејќи крајните ефектите во cost-benefit анализите покажуваат дека ефектот е многукратно позитивен. Само во екстремни случаи може да се наметнат и некои од мерките кои драстично ги менуваат условите и културите за користење на земјиштето. Ова се само еродирани земјоделски површини (претежно пасишта), кои за долг временски период мора да бидат исклучени од земјоделското производство и преведени во шумски површини. Стручните служби редовно да ја следат состојбата на теренот и навремено да издаваат наредби за спроведување на пропишаните мерки.

**Табела 5.** Калкулација на трошоци на разните активности во [евра]

<b>ЕЛС</b>	<b>Пошум.</b>	<b>Друго</b>	<b>Вкупно</b>
Аеродром	/	/	/
Бутел	500000	100000	600000
Гази Баба	900000	370000	1270000
Ѓорче Петров	3250000	50000	3300000
Карпош	/	5000	5000
Кисела Вода	/	255000	255000
Сарај	30000000	370000	30370000

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Чаир	/	0	0
Центар	/	100000	100000
Шуго Оризари	/	50000	50000
<b>Вкупно Скопје</b>		<b>34650000</b>	<b>1300000</b>

Арачиново	250000	200000	450000
Чучер Сандево	300000		300000
Илинден	200000		200000
Петровец	1800000		1800000
Сопиште	600000	400000	1000000
Студеничани	800000	200000	1000000
Зелениково		30000	30000
<b>Вкупно вон Скопје</b>	<b>3950000</b>	<b>830000</b>	<b>4780000</b>
Останато повеќе општини		3210000	3210000
<b>Вкупно Скопски Регион</b>	<b>38600000</b>	<b>5340000</b>	<b>43940000</b>

Во пресметката не се пресметани следните позиции: (1) Чистење на канали и поројни корита (тоа е активност која е законска обврска и се врши секоја година); (2) Одгледување и заштита на шумски култури (тоа е вообичаена активности, а МЗШВ дава средства за таква активност); (3) Активности што се вообичаени во различните институции (инспекции, амандмани); (4) Обврски на концесионери, изведувачи на градежни работи и (5) Обврски на приватни сопственици на земјиште (може да добијат субвенции за добри земјоделски практики). Мерки од излез од клисурестиот дел т.е. во рамничарскиот дел не се разгледувани како и во густо населена област не се земаат предвид на пр.: Проект за регулирање на водите од пороите од Скопска Црна Гора со главниот канал Сингелиќ-Таор, Проект за завршување на главниот канал во источната Водњанска поројна серија до реципиент, Проект- Процена на подложност и загрозеност од свлечишта на град Скопје.

#### КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1] [http://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/SEC\\_2006\\_620.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/SEC_2006_620.pdf)



- [2] I. Blinkov, The Balkans, the most erosive part of Europe, Bulletin of the Faculty of Forestry 110, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Belgrade, (09- 20), **2015**, DOI:10.2298/GSF1511009B
- [3] М. Ѓорѓевиќ, А. Трендафилов, С. Ѓоржевиќ, С.Е Георгиевски, А. Поповски, Карта на ерозијата на РМ, Завод за водостопанство на РМ, Скопје, **1993**.
- [4] I. Blinkov, A. Trendafilov, An effects of erosion control on the Vodno Mountain, International Conference «Natural and Socio-Economic Effects of Erosion Control in Mountainous Regions» 10-13 December **2002**, Belgrade/Vrujci Spa
- [5] U. Nehren, K. Sudmeier-Rieux, S. Sandholz, M. Estrella, M. Lomarda, T. Guillén (eds), The Ecosystem-based Disaster Risk Reduction Case Study and Exercise Source Book. *UNEP/CNRD*, **2014**,  
[https://postconflict.unep.ch/publications/DRR\\_CASE\\_STUDIES\\_%26\\_EXERCISES.pdf](https://postconflict.unep.ch/publications/DRR_CASE_STUDIES_%26_EXERCISES.pdf)  
(Превземено на 25.12.2018)
- [6] PEDRR 2013. - <http://drustage.unep.org/disastersandconflicts/what-eco-drr>  
(Превземено на 25.12.2018)

#### **НАПОМЕНА –**

Овој труд е извадок од проектот „Студија за ерозија и акциски план за градот Скопје“, кој е финансиран од УНДП и Град Скопје преку проектната програма „ИКТ за урбана отпорност“.

Проектот го реализираше тим од Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Шумарски факултет во Скопје – Катедра за земјиште и вода, со поддршка на експерт за свлечишта од Градежниот факултет во 2017 година.

#### **АНЕКС**

Извадок од Акцискиот план – мерки во ЕЛС Гази Баба

Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

ГАЗИ БАБА		МЕРКА	Приоритет	Надлежен	Индикатор	Трошоци
Пошумување на 300 ха голини на Скопска Црна Гора на ерозивни подрачја, особено над селата Страцинци-Брњарци и фрагменти над други села			1	ЕЛС МЗШВ МЖСПП ЈПМШ	Пошумени голини	9000000
Прогласување на приближно 3500 ха и шумско земјиште како Заштитна шума и спроведување одржливи шумски активности поврзани со ерозија			3	МЗШВ ЈПМШ	Прогласена заштитна шума	0
Заштита од ерозијата на лева притока на Црешевска река во селото			3	ЕЛС	Уредена притока со комплет мерки	30000
Изградба Дополнителни прегради во Црешевска Река (главно корито)			4	ЕЛС	Изградени прегради	90000
Уредување на мали јаруги крај Виниче			2	ЕЛС	Уредени јаруги	50000
Ревизија на проточноста на пропустите и бетонското каналч во Брњарска Река			1		Извршена ревизија	
Санација на втора пррграда во Брњарска Река				ЕЛС ВСТ		5000
Целосно уредување на Страцински Порој			1	ЕЛС АДВСТ	Уреден поројот со комплет од противерозивни и противпројни мерки	200000

Извадок од динамичкиот план – пример – Генерални технички мерки за заштита од ерозија и порои

3	Технички мерки за Заштита од ерозија и порои																	
3.1.	Заштита од ерозија на земјоделско земјиште																	
3.1.1.	Обука на земјоделците за примена на добри земјоделски практики поврзани со контрола на ерозијата	2																
3.1.2.	Имплементација на ДЗП поврзана со контрола на ерозијата во актуелни и потенцијални подрачја ризични од ерозија и контрола	3																
3.2.	Заштита од ерозија во шуми и шумски земјишта																	
	Разграничување на заштитните шуми според актуелните и потенцијалните подрачја ризични од ерозија и нивно прогласување	2																
	Примена на одржливи шумски активности (одгледување и заштита) во заштитни шуми во регионот	3																
	Пошумување на голини во Скопскиот Регион - 5300 ха	1-5																
	Доследно спроведување на шумски активности (одгледување и заштита на шумите) во вештачки подигнати насади (шуми и шумски култури)	3																
	Затревување на голини, еродирани пасишта и еродирани ливади	4																
3.3.	Технички мелиоративни структури (заштита од ерозија во мали водотеци и јаруги)																	
	Изработка на проектна документација за примена/изградба на мали противерозивни и противпројни објекти од природни материјали (плетери, фашины, дво/камен, русикали и сл...)	3																
	Уредување на јаруги со примена на локални природни материјали, првенствено камен и биолошки материјал.	3																
3.4.	Заштита од ерозија на нарушени земјишта ( градилишта,позајмишта, копови, јаловишта, депонии)																	
	Подготовка и имплементација на План за заштита од ерозија и седиментација на на градилишта	1																
	Континуиран инспекциски надзор на регионално и локално ниво	2																
	Рекултивација на активни копови, подзајмишта, јаловишта, депонии	2																

*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

**„ЗАДАВЕНИ“ СТЕБЛА ВО УРБАНОТО ЗЕЛЕНИЛО – ЛОША ПРАКТИКА  
ЛЕСНА ЗА РЕШАВАЊЕ, ЗАРАДИ СПАСУВАЊЕ БРОЈНИ  
ИНДИВИДУАЛНИ ДРВЈА, КОИ СЕ ПРЕД НЕПОСРЕДНО УНИШТУВАЊЕ**

Кирил Сотировски<sup>1</sup>, Бошко Цветковски<sup>1</sup>

e-mail: kirils@sf.ukim.edu.mk

<sup>1</sup>Шумарски факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, Република  
Македонија

**Апстракт**

Урбаното зеленило и дрвјата имаат не само естетски вредности, туку извршуваат и голем број т.н. екосистемски функции. Од ублажување на загадувањето на воздухот, преку врзување на јаглеродот и намалување на температурните екстремности и бучавата, па сè до големи психофизички и социјални бенефити за урбаната популација, зеленилото е веројатно највредната алатка која му преостанува на урбаниот човек за да ги рехуманизира современите градови.

Градот Скопје, според многу официјални и неофицијални критериуми е некавалитетно место за живеење, а еден од побитните аспекти за таквата проценка е намалувањето на зелените површини за сметка на зголемувањето на површините под градежни објекти и инфраструктура. Активностите кои ги преземаат надлежните институции, за озеленување и засадување на нови садници се многу често кампањски и краткорочни, а планирањето и изведбата се нестручни, па наместо со тек на времето да се зголемуваат површините, бројноста, квалитетот и волуменот под зеленило, во Скопје се случува обратен тренд. т.н. „урбани топлотни острови“ кои во Скопје ги има сè повеќе, со тек на време ќе добиваат уште поголем негативен контекст, како заради обеззеленувањето, така и заради зголемувањето на бројот и на интензитетот на инцидентите со екстремно високи температури, заради глобалните климатски промени.

Фокусот на нашето истражување беа дрвја кои се сосема заградени со цврсти материјали во зоната на кореновиот врат (а поретко и повисоко на стеблото). Во период од нецели 4 месеци во 2018 година, регистриравме повеќе од 500 стебла во Скопје, во чија непосредна близина има покривка од цврст материјал (асфалт,

бетон, плочки, др.), која има големо негативно влијание врз опстојувањето на тие растенија, најмногу заради предизвикување стрес од недостаток на вода, како и заради несоодветна аерација на почвата. Од нив, 267 стебла се веќе во контакт со цврстите материјали на површината на почвата, а некои од нив се сосема обиколени до таа мера што е прашање на само неколку години, понекогаш и на неколку месеци до нивно неповратно сушење, односно угинување, заради тоа што им се пресекуваат спроводните ткива под кората.

Од податоците генерирани за време на истражувањето креиравме интерактивна мапа со локација на сите досега регистрирани и документирани „задавени“ стебла во Скопје, јавно достапна, не само за научната и стручна, туку и за пошироката јавност. Напомуваме дека истражувањето ќе продолжи и во иднина, а со тоа сигурно ќе се зголеми и бројот на регистрирани стебла за кои ги упатуваме надлежните служби од градот Скопје и од скопските општини да преземат мерки за нивно ослободување, нега и санација, онаму каде што е возможно. Овие мерки се технички и логистички лесно применливи, а цената на чинење е неспоредливо мала во споредба со користа која ќе се обезбеди со долгорочното преживување на голем број од задавените стебла.

**Клучни зборови:** сушење на дрвја, оштетување спроводни ткива

### **Abstract**

Urban greenery and trees have not only aesthetical values, but also perform a number of ecosystem services. From mitigation of air pollution, carbon sequestration, reducing temperature extremes and urban noise, to a large number of psychophysical and social benefits for the urban population, greenery is probably the most valuable tool left for the urban man to re-humanize modern cities.

The city of Skopje is frequently very low ranked, by many official and unofficial criteria for quality of living, and one of the more important aspects for this assessment is the reduction of greenspace at the expense of increment of areas under building developments and infrastructure. Activities regarding landscaping and planting of new trees are often ad-hoc and short term and are unprofessionally planned and executed. For these reasons, instead of increment of areas, number, quality and volume under greenery, an opposite trend is happening in Skopje. The so-called urban heat islands, which are

becoming more numerous in Skopje, will gain even more negative context with time, not only because of devegetation, but also because of increase of the number and intensity of incidences with extreme high temperatures, caused by global climate change.

The focus of our research were trees which are surrounded by solid materials in near proximity to their root collar (and rarely higher up the stem). In a period of less than 4 months we registered over 500 trees in Skopje, around which in near proximity lay a surface of solid materials (asphalt, concrete, tiles, other), which has an important negative impact on the survival of those plants, mostly because of provoking water stress, as well as for improper aeration of the soils. Of those trees, 267 are already in contact with solid materials on the ground, and some of them are totally surrounded to the extent that it is only a matter of only a few years, sometimes a matter of months until their irrecoverable dieback, i.e. death, because their vascular tissues get girdled under the bark.

By the data generated during our research, we created an interactive map, with locations of all presently registered and documented “strangled” trees in Skopje, publicly accessible not only for the academic and expert, but also for the general population. We underline that the research shall continue in the future, and with it the number of registered trees will increase, for which we notify the responsible services in the City of Skopje, and the municipalities, to take appropriate measures and actions for their freeing, nurturing and sanitation, where applicable. These measures are technically and logistically easily achievable, while the price is incomparably small when compared to the benefits provided by the long-term survival of a large number of strangled trees.

**Key words:** tree dieback, damage of vascular tissue

## **ВОВЕД**

Дрвјата и зеленилото во урбаната средина имаат не само естетска функција, туку и големо влијание врз ублажувањето на проблемите предизвикани од човечките активности, а најмногу од загадувањето на животната средина. Урбаното зеленило, и особено дрвјата вршат голем број т.н. екосистемски функции, како што се отстранување на загадувањето од воздухот, врзување јаглерод, ублажување на високите температури, ублажување на градската бучава, а овозможуваат и релаксација и активности за граѓаните, со што имаат директно влијание за подобрувањето на психофизичката кондиција на урбаната популација [1]. Оттаму,

### *Загадување на Градовите во Република Македонија: кои се решенијата?*

еколошката улога на урбаното зеленило е неспорна и заради тоа е субјект на релативно ново научно подрачје, наречено еколошко инженерство, кое се занимава со осмислување и проектирање одржливи екосистеми кои ги спојуваат човековата непосредна околина со природата, и тоа заради обострана корист.

Потенцијалните заштитни улоги на урбаното зеленило и неговата интеракција со воздушната прашина и со полутанти во воздухот се предмет на многубројни истражувања кои потврдуваат дека тоа го намалува загадувањето на воздухот [2, 3]. Затоа, урбаното зеленило се смета за алтернативен, но битен фактор за отстранување на некои загадувачи, особено во форма на честички, и тоа претежно преку т.н. сува депозиција [3], но и со апсорпција на гасови загадувачи преку стоминиот апарат на листовите [4]. Така, обичниот бршлен (*Hedera helix*), кој често се користи како ползаец по ѕидови во хортикултурата ширум светот, дејствува како „одвод за честички“, бидејќи има способност за нивна апсорпција, особено на места со висока фреквенција на сообраќај [5]. Во истражување во Кина е докажано дека урбаното зеленило отстранува  $SO_2$ ,  $NO_2$  и честички на полутанти од воздухот, а регистриран е поголем капацитет на отстранување на местата со поголема покриеност со дрвја и зеленило [3]. Во друго истражување во Бангалор во Индија, докажано е дека нивоата на  $SO_2$  биле намалени и до 65%. Слична била состојбата со РМ честички во воздухот – на делови од улиците без вегетација во 50% случаи достигнувале речиси 2 пати над дозволените нивоа, додека околу 80% од улиците со вегетација биле со нивоа на РМ честички во рамките на дозволените [6]. И во Тел-Авив е дојдено до слични резултати за намалувањето на концентрацијата на одредени загадувачи ( $NO_x$ , CO и  $PM_{10}$ ) од страна на урбаната вегетација, особено на парковите, и таа улога е поизразена при повисоко ниво на загадување [7].

Во поново истражување во Канада, преку компјутерски симулации базирани врз официјални податоци, се открива дека во 86 градови урбаното зеленило од воздухот отстранило 16,500 тони загадувачи, само во 2010 година. Се проценува дека на тој начин се избегнати 30 случаи на морталитет, и 22,000 случаи на акутни респираторни симптоми [4].

Низ многубројни студии е докажано позитивното влијание на зеленилото во градовите врз ублажување на температурните екстреми, особено на високите температури. За жал, докажана е и поврзаноста на повисоките амбиентални

температури со зголемената смртност во урбаните средини. Овој негативен топлински ефект веројатно ќе се зголемува со зголемувањето на урбанизацијата, што е директно поврзано со зголемувањето на бројот и на површините на т.н. урбани „топлотни острови“, најмногу заради зголемената густина на градбите, и консеквентно заради намалувањето на покриеноста со зеленило [8]. Во истражување на оваа проблематика во Манчестер, во текот на летата во 2009 и 2010 година, е докажано дека површинските температури на асфалт може да бидат и до 24°C повисоки од површини со трева, при еднакви други услови. Слично на тоа, сенките од дрвјата ја намалувале температурата на површините под нив и до 19°C. Што се однесува до влијанието врз температурата на воздухот, сенките на дрвјата биле многу посупериорни во однос на површините со трева, намалувајќи ги и до 5–7°C [9]. Во претходно спомнатото истражување во Бангалор е докажано дека урбаното зеленило има влијание за подобрување на микроклимата, преку снижување на температурата и влажноста на воздухот, споредено со делови од градот кои се без зеленило, или се со помалку зеленило. Така, амбиентните температури во попладневните часови биле пониски и до 5,6°C, а температурата на сообраќајниците и до 27,5 °C на места со вегетација, споредено со површини без вегетација [6].

И бучавата се смета за еден вид загадување, и тоа за едно од четирите најважни во светот. Во едно истражување во Тел Авив е регистрирано фактичко намалување на бучавата за ~5 dB од страна на парковско зеленило [7], но многу интересно е истражувањето кое дава солидни податоци дека урбаното зеленило има и психолошки ефекти, односно предизвикува намалување на негативната перцепција на бучавата од страна на луѓето [10].

Има сè поголем број истражувања во кои се докажува дека контактот со природа има позитивно влијание врз луѓето и врз нивната психолошка состојба [11]. Парковите, урбаните шуми, тревниците, градините, па дури и зелените ѕидови промовираат психолошки бенефиции [12] и овозможуваат зголемена физичка активност, а со тоа имаат суштински позитивен ефект врз здравјето на граѓаните и служат како ублажувачи на стресниот живот. Полесната достапност до блиски зелени површини во градовите се смета за корист за граѓаните и за нивните дневни рутини преку намалување на нивната долгорочна изложеност на градската врева и со тоа и на психосоцијални симптоми кои се поврзани со стрес [11]. Во



истражување во Јапонија е докажано дека живеењето во области во кои има повеќе зелени површини погодни за одење, позитивно се одразува врз долговечноста на постарите граѓани, независно од возраста, полот, брачната состојба и социоекономскиот статус [13].

Урбаното зеленило, по дефиниција вирее на многу полоши услови отколку што се природните, и заради тоа и здравствената состојба е многу полоша, а животниот век многу пократок отколку што е во природните средини од каде што потекнува одреден вид вегетација [14]. Во истражување низ 11 градови во северна Англија, регистрирана е голема смртност на стеблата во урбаното зеленило, а како најважни фактори за лошото здравје на дрвјата се посочени недостатокот на вода и стресот предизвикан од недостапност на хранливи материи. Во истото истражување се шпекуира дека лошите техники на засадување како и слабото одржување се исто така дел од проблемот со нивната лоша здравствена состојба [15].

За жал, Скопје, според многу фактори се смета за град со многу лош квалитет на живот, а еден од аспектите кој во голема мера придонесува за тоа е загадувањето, особено воздушното загадување. Уште полошо е што градот веќе подолг период е изложен на градежна офанзива, и тоа не само во строгиот центар. Новоизградените објекти се најчесто многу габаритни, прегусто поставени и со многу малку планиран или оставен простор за зеленило. Од друга страна, активностите на надлежните околу зазеленување, односно садење нови дрвја и зеленило, во голем број случаи се со мала успешност во однос на преживувањето на садниците (наши прелиминарни истражувања, необјавено), а одржувањето и негата на постоечкото зеленило, особено на веќе етаблираните постари стебла, е на многу ниско ниво (наши претходни истражувања, необјавено).

Во изминативе години, преку опсервација и прелиминарни истражувања регистрираме појава на целосно, или речиси целосно покривање на површината на почвата околу стебла, со најразлични градежни материјали. Оваа пракса ја сметаме за алармантна, бидејќи голем број стебла, низ сите делови од јавното зеленило во градот Скопје, се во директен контакт со цврсти материјали во зоната на кореновиот врат, и многу од нив се веќе оштетени и имаат влошена здравствена состојба како последица на тоа. Дрвја кои се во контакт со цврсти материјали од околината, се предмет на оштетување (наранување), напукнување на кората и стануваат лесно подложни на навлегување на патогени и инсекти. Во екстремни

случаи, од сопствениот раст во околните солидни материјали, се уништуваат живите ткива под кората и тоа резултира со сушење на цели стебла, за период од една до неколку години, во зависност од степенот (односно обемот) на контакт со околниот цврст материјал. Дури и во случаи да нема контакт со околните цврсти материјали, покриеноста на почвата во околината на стеблата, многу често оневозможува нормална влажност и аерација на почвите, а со тоа и предизвикува влошени педолошки услови за вегетацијата.

Преку ова истражување сакаме да генерираме податоци за локацијата, бројноста, големината и видовата состојба на такви стебла низ Скопје, и истите да ги публикуваме за достап, не само за научната и стручната јавност, туку и за пошироката јавност, заради остварување поголема јавна свест, но и заради остварување притисок врз надлежните институции да преземат активности и да интервенираат во што пократок временски период, користејќи ги нашите податоци и укажувања.

## **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ**

Во периодот од 2-ри септември до 29 декември 2018 година се фокусиравме на лоцирање и регистрирање дрвја на јавните површини во градот Скопје кои се непосредно или среднорочно загрозени заради тоа што се заобиколени со цврсти материјали на ниво на кореновиот врат, и, или се веќе во директен контакт (фотографија 1, 2), или пак ќе бидат во контакт во скорешна иднина (фотографија 3).



**Слика 1.** Стебло кое е по целиот обем на кореновиот врат е во контакт со бетон



**Слика 2.** Стебло кое е во делумен директен контакт со бетон во зоната на кореновиот врат



**Слика 3.** Стебло кое за неколку години ќе биде во директен контакт со плочки во зоната на кореновиот врат

Во зависност од растојанието на околниот материјал (асфалт, бетон, плочки, бекатон плочки, цемент, даски, и друго) до надворешната кора на стеблата, дрвјата ги поделивме во 4 категории. Категорија „0“ ги опфаќа стеблата кои се веќе во контакт со цврсти материјали; категоријата „I“ се однесува на стебла кои се на растојание до 5 cm од околниот цврст материјал, но без контакт; категорија „II“ се однесува на стебла кај кои најблиската точка на материјалот околу кореновиот врат е на 6 до 15 cm растојание; категорија „III“ – стеблата се на растојание од 16 до 30 cm од цврст материјал од околината).

За секое стебло се прибирани следните податоци: точна локација со GPS координати; детерминација на примероците до ниво на род, а каде е можно и до ниво на вид; дијаметар на стеблата на градна височина; височина на стеблата. Сите стебла се фотодокументирани. Во некои случаи се прибирани забелешки и опис на конкретната ситуација во однос на повреди и оштетувања, или други специфичности. Случаи на стебла кои на поголема височина (не во зоната на кореновиот врат, односно на површината на почвата) се во непосреден контакт со цврсти материјали, се исто така регистрирани и документирани и за нив се прибирани податоци.

Користејќи ги координатите на стеблата, во алатката Google Maps е изработена интерактивна мапа на која се прикажани точни локации на стеблата аплицирана врз карта на градот Скопје; фотографии; име на род, односно вид на дрвјата, онаму каде е применливо; коментари за степенот на загрозеност и за итноста на интервенција за секое стебло засебно.

## **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА**

До 29 декември 2018 година, во Скопје регистриравме вкупно 510 стебла кои ги сметаме за загрозени заради близината на цврстиот материјал, околу нивниот коренов врат (во најголем број) или, пак, повисоко на стеблото (во помал број случаи), кога се работи за заштитни огради, градежни огради, кровови од објекти, и др. Од вкупниот број, 267 стебла спаѓаат во категоријата „0“ (според нашата класификација), кај кои кората (и/или беловината) е веќе во контакт со некаков цврст материјал. Уште 49 стебла се во категоријата „I“, односно се на растојание од 0-5 cm до некаков цврст материјал (без непосреден контакт), и 98 стебла се на растојание од 6-15 cm, односно спаѓаат во категоријата „II“ според нашата методологија. Во категоријата „III“ регистриравме уште 96 стебла.

Потенцираме дека лоцирањето вакви стебла, и прибирањето релевантни податоци ќе продолжи и во следниот период, а со тоа и ажурирањето на мапата, односно ќе се зголемува и бројот на стебла во сите категории на загрозеност. Ова особено се однесува на последната категорија стебла, бидејќи за време на досегашното истражување таквите стебла не беа наш основен фокус на интерес, а според нашите согледувања, нивниот број е многу голем.

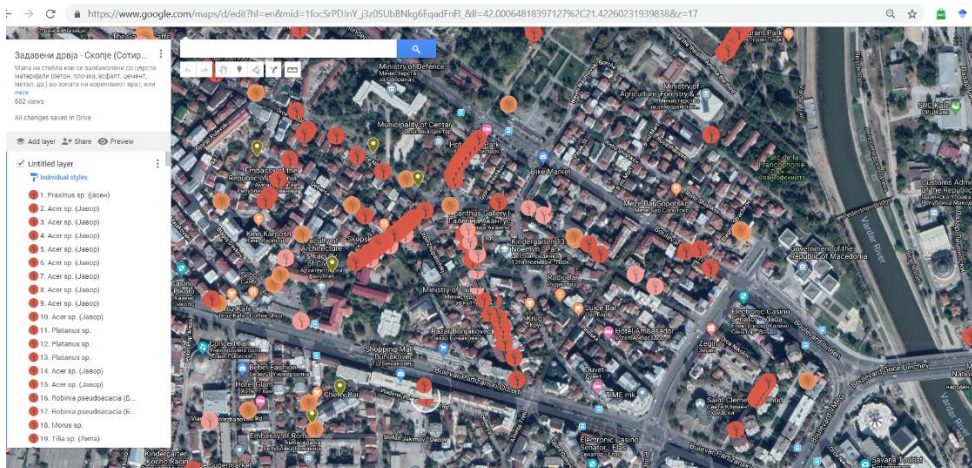
Мапата со локациите на стеблата, според категориите на близина на цврстите материјали до кората, е јавно достапна на линкот:

[https://www.google.com/maps/d/edit?hl=en&mid=1focSrPDJnY\\_j3z0SUbBNkg6EqadFnFl\\_&ll=41.989084179589064%2C21.43284525974127&z=17](https://www.google.com/maps/d/edit?hl=en&mid=1focSrPDJnY_j3z0SUbBNkg6EqadFnFl_&ll=41.989084179589064%2C21.43284525974127&z=17)

Примерок од мапата (на помала површина) е претставен на фотографија 4.



## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?



Слика 4. Примерок од интерактивната јавно достапна мапа со „задавени“ стебла.

Заради ограничениот простор, во овој труд презентираме податоци (релевантни до 29 декември, 2018 г.) единствено за стеблата од категоријата „0“ односно оние за кои сме утврдиле дека се во непосреден контакт со некаков градежен материјал (во зоната на кореновиот врат, или повисоко), и се со дијаметар од најмалку 10 cm, измерено на градна височина (Табела 1).

Табела 1. Регистрирани стебла (со дијаметар на градна височина подебел од 15 cm) веќе во непосреден контакт со цврст материјал во зоната на кореновиот врат.

Ред. бр *	Род/вид	Дијаметар (cm)		Ред. Бр. *	Род/вид	Дијаметар (cm)	
		Височина (m)				Височина (m)	
1	<i>Fraxinus sp.</i>	20,5	7,5	131	недетерминирано	31	10
2	<i>Acer sp.</i>	40	12	132	недетерминирано	24	7
3	<i>Acer sp.</i>	35	12,5	133	<i>Tilia sp.</i>	28	10
4	<i>Acer sp.</i>	26,5	8,5	134	<i>Aesculus hippocastanum</i>	49	10
5	<i>Acer sp.</i>	16	7,5	135	<i>Aesculus hippocastanum</i>	50	10
6	<i>Acer sp.</i>	40	11	136	<i>Aesculus hippocastanum</i>	38	9
7	<i>Acer sp.</i>	20	8	137	<i>Aesculus hippocastanum</i>	37	9
8	<i>Acer sp.</i>	49	11	138	<i>Aesculus hippocastanum</i>	37	8

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

9	<i>Acer</i> sp.	41	12	139	<i>Aesculus hippocastanum</i>	41	9
10	<i>Acer</i> sp.	19,5	7,5	140	<i>Aesculus hippocastanum</i>	32	7,5
11	<i>Platanus orientalis</i>	67	13	141	<i>Aesculus hippocastanum</i>	35	7,5
12	<i>Platanus orientalis</i>	50	12	142	<i>Aesculus hippocastanum</i>	32	7
13	<i>Platanus orientalis</i>	52,5	12,5	143	<i>Aesculus hippocastanum</i>	36	7,5
14	<i>Acer</i> sp.	40	12	144	<i>Ulmus</i> sp.	21	4,5
15	<i>Acer</i> sp.	51	13	145	<i>Betula</i> sp.	30,5	9
16	<i>Robinia pseudoacacia</i>	28	10	146	<i>Betula</i> sp.	28	8
17	<i>Robinia pseudoacacia</i>	36	11	147	<i>Betula</i> sp.	31	10
18	<i>Morus</i> sp.	45	7,5	148	<i>Betula</i> sp.	29,5	9,5
19	<i>Tilia</i> sp.	34	8,5	149	<i>Ailanthus altissima</i>	37	10
20	<i>Tilia</i> sp.	36	9	150	<i>Catalpa bignonioides</i>	21	3,5
21	<i>Tilia</i> sp.	37,5	9	151	<i>Catalpa bignonioides</i>	28	8
22	<i>Tilia</i> sp.	43	9,5	152	<i>Aesculus hippocastanum</i>	40	12
23	<i>Tilia</i> sp.	39	8	153	<i>Aesculus hippocastanum</i>	48	13
24	<i>Morus</i> sp.	18	7	154	<i>Acer</i> sp.	30	7
25	<i>Pinus</i> sp.	30	7,5	155	<i>Acer</i> sp.	33	7
26	<i>Cupressus arizonica</i>	33	7,5	156	недетерминирано	92	16
27	<i>Cedrus</i> sp.	49	4,5	157	<i>Platanus</i> sp.	56	15
28	<i>Platanus orientalis</i>	28	6	158	<i>Platanus</i> sp.	58	15
29	<i>Tilia</i> sp.	33	6	159	<i>Fraxinus</i> sp.	20	7
30	<i>Tilia</i> sp.	34,5	6	160	<i>Fraxinus</i> sp.	16	5
31	<i>Platanus orientalis</i>	38	8	161	<i>Fraxinus</i> sp.	17	7
32	<i>Catalpa bignonioides</i>	41,5	4,5	162	недетерминирано	16	8
33	<i>Tilia</i> sp.	46	13,5	162a	недетерминирано	16	8
34	<i>Platanus orientalis</i>	45	14,5	162b	недетерминирано	16	8
35	<i>Cedrus</i> sp.	36	10	163	<i>Fraxinus</i> sp.	19	7,5
36	<i>Cedrus</i> sp.	54	12	164	<i>Fraxinus</i> sp.	15	7
37	<i>Morus</i> sp.	31	7	165	<i>Fraxinus</i> sp.	11	6
37a	<i>Morus</i> sp.	31	7	166	<i>Fraxinus</i> sp.	13	4,5
37b	<i>Morus</i> sp.	31	7	167	<i>Acer</i> sp.	29,5	10
38	<i>Cedrus</i> sp.	43	13	168	<i>Robinia pseudoacacia</i>	53	9

Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

39	<i>Cedrus</i> sp.	33	8	169	<i>Acer</i> sp.	41	10
40	<i>Cupressus</i> sp.	19	5	170	<i>Acer</i> sp.	24	10
41	<i>Cupressus</i> sp.	24	5,5	171	<i>Acer</i> sp.	27	9
42	<i>Populus</i> sp.	126	16	172	<i>Aesculus hippocastanum</i>	45	10
43	<i>Morus</i> sp.	58	10	173	<i>Aesculus hippocastanum</i>	41	9
44	<i>Platanus orientalis</i>	58	13,5	174	<i>Aesculus hippocastanum</i>	38	7
45	<i>Cupressus</i> sp.	35	10,5	175	<i>Aesculus hippocastanum</i>	34	8
46	<i>Cupressus</i> sp.	36	11	176	<i>Aesculus hippocastanum</i>	37,5	7
47	недетерминирано	30	11	177	<i>Aesculus hippocastanum</i>	33	7
47a	недетерминирано	30	11	178	<i>Aesculus hippocastanum</i>	41	8
48	недетерминирано	34	6	179	<i>Aesculus hippocastanum</i>	35	8
49	недетерминирано	29	5	180	<i>Aesculus hippocastanum</i>	45,5	9
50	недетерминирано	28	6	181	<i>Aesculus hippocastanum</i>	46,5	8
51	недетерминирано	27,5	6	182	<i>Aesculus hippocastanum</i>	30	7
52	недетерминирано	31	6	183	<i>Aesculus hippocastanum</i>	40	10,5
53	недетерминирано	30	6	184	<i>Aesculus hippocastanum</i>	50	11
54	недетерминирано	25	5,5	185	<i>Aesculus hippocastanum</i>	53	11
55	недетерминирано	26	5,5	186	<i>Aesculus hippocastanum</i>	48	10,5
56	недетерминирано	30,5	6,5	187	<i>Aesculus hippocastanum</i>	42	10
57	недетерминирано	29	6	188	<i>Aesculus hippocastanum</i>	41,5	11
58	<i>Betula</i> sp.	26	10,5	189	<i>Aesculus hippocastanum</i>	60	11
59	<i>Betula</i> sp.	27,5	11	190	<i>Aesculus hippocastanum</i>	70	13
60	<i>Acer</i> sp.	39	8	191	<i>Acer</i> sp.	23	5
61	<i>Acer</i> sp.	46	9,5	192	<i>Catalpa bignonioides</i>	23	6
62	<i>Morus</i> sp.	34	10	193	<i>Catalpa bignonioides</i>	38	10
63	<i>Betula</i> sp.	29,5	9	194	<i>Catalpa bignonioides</i>	26	7,5
64	<i>Betula</i> sp.	38	10	195	<i>Catalpa bignonioides</i>	27	7,5
65	<i>Cedrus</i> sp.	29	9,5	196	<i>Catalpa bignonioides</i>	28	8
65a	<i>Cedrus</i> sp.	29	9,5	197	<i>Catalpa bignonioides</i>	23	7



*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

66	<i>Robinia pseudoacacia</i>	25	4	198	<i>Catalpa bignonioides</i>	37	8
67	<i>Robinia pseudoacacia</i>	29	4	199	<i>Catalpa bignonioides</i>	38	8
68	<i>Robinia pseudoacacia</i>	33	4	200	<i>Fraxinus</i> sp.	63	15
69	<i>Robinia pseudoacacia</i>	28, 5	4	201	<i>Fraxinus</i> sp.	81	16
70	<i>Robinia pseudoacacia</i>	28	4	202	<i>Platanus</i> sp.	101	16
71	<i>Robinia pseudoacacia</i>	20	3,5	203	<i>Fraxinus</i> sp.	43	11
72	<i>Robinia pseudoacacia</i>	23	4	204	<i>Fraxinus</i> sp.	44	12
73	<i>Robinia pseudoacacia</i>	31	5,5	205	<i>Fraxinus</i> sp.	46	12
74	<i>Tilia</i> sp.	31, 5	6,5	206	<i>Fraxinus</i> sp.	62	13
75	<i>Tilia</i> sp.	38	11	207	<i>Fraxinus</i> sp.	43	11
76	<i>Tilia</i> sp.	56	13	208	<i>Fraxinus</i> sp.	38	10
77	<i>Tilia</i> sp.	28	6	209	<i>Fraxinus</i> sp.	45	12
78	<i>Tilia</i> sp.	43	7	210	<i>Fraxinus</i> sp.	37	11
79	<i>Fraxinus</i> sp.	32	6	211	<i>Fraxinus</i> sp.	45, 5	13
80	<i>Fraxinus</i> sp.	31	6	212	<i>Fraxinus</i> sp.	38, 5	9
81	<i>Fraxinus</i> sp.	30, 5	6	213	<i>Fraxinus</i> sp.	33, 5	7
82	<i>Tilia</i> sp.	110	14	214	<i>Fraxinus</i> sp.	50, 5	10,5
83	<i>Tilia</i> sp.	60	12,5	215	<i>Fraxinus</i> sp.	29	5
84	<i>Cedrus</i> sp	65	13	216	<i>Fraxinus</i> sp.	36	8
85	<i>Acer</i> sp.	34	6	217	<i>Fraxinus</i> sp.	46, 5	9
86	<i>Acer</i> sp.	40	7	218	<i>Fraxinus</i> sp.	38	9
87	<i>Acer</i> sp.	38	7	219	<i>Fraxinus</i> sp.	45, 5	10
88	<i>Acer</i> sp.	37	6	220	<i>Fraxinus</i> sp.	37	7,5
89	<i>Acer</i> sp.	35	6	221	<i>Fraxinus</i> sp.	52, 5	14
90	<i>Acer</i> sp.	39	8	222	<i>Fraxinus</i> sp.	48	12
91	<i>Acer</i> sp.	48	8	223	<i>Fraxinus</i> sp.	40	11
92	<i>Acer</i> sp.	29	8	224	<i>Fraxinus</i> sp.	50	13
93	<i>Acer</i> sp.	42	8	225	<i>Fraxinus</i> sp.	41	8,5
94	<i>Acer</i> sp.	13	5	226	недетерминирано	29, 5	10,5
95	<i>Acer</i> sp.	18	4,5	227	<i>Tilia</i> sp.	46	13
96	<i>Acer</i> sp.	20	6	228	недетерминирано	58	14
97	<i>Acer</i> sp.	21	6,5	228a	недетерминирано	49	14
98	<i>Acer</i> sp.	24	6	229	<i>Catalpa bignonioides</i>	26	6

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

99	<i>Acer</i> sp.	22	6	230	<i>Catalpa bignonioides</i>	28	5,5
100	<i>Acer</i> sp.	39	10	231	<i>Morus</i> sp.	27, 5	7
101	<i>Acer</i> sp.	33	9	232	недетерминирано	42	11,5
102	<i>Platanus orientalis</i>	46	14,5	233	недетерминирано	29	7,5
103	<i>Tilia</i> sp.	43	10	234	недетерминирано	25, 5	7
104	<i>Tilia</i> sp.	39	9	235	<i>Aesculus hippocastanum</i>	21	6
105	<i>Tilia</i> sp.	38	8	236	<i>Fraxinus</i> sp.	60	12
106	<i>Tilia</i> sp.	37	4	237	<i>Fraxinus</i> sp.	51	10
107	<i>Aesculus hippocastanum</i>	40	7	238	<i>Fraxinus</i> sp.	58	11
108	<i>Aesculus hippocastanum</i>	38	7	239	<i>Fraxinus</i> sp.	50	5,5
109	<i>Aesculus hippocastanum</i>	46	9	240	<i>Fraxinus</i> sp.	46	11,5
110	<i>Aesculus hippocastanum</i>	39	9	241	<i>Fraxinus</i> sp.	44	11
111	<i>Aesculus hippocastanum</i>	37	8	242	<i>Fraxinus</i> sp.	42	10,5
112	<i>Aesculus hippocastanum</i>	36	8	243	<i>Fraxinus</i> sp.	51	12
113	<i>Aesculus hippocastanum</i>	38, 5	8	244	<i>Fraxinus</i> sp.	67	12
114	<i>Fraxinus</i> sp.	21	6	245	<i>Fraxinus</i> sp.	52, 5	12
115	<i>Aesculus hippocastanum</i>	38	9	246	<i>Fraxinus</i> sp.	41	10
116	<i>Aesculus hippocastanum</i>	41	9	247	<i>Tilia</i> sp.	32	10,5
117	<i>Aesculus hippocastanum</i>	42	10	248	<i>Tilia</i> sp.	39, 5	11,5
118	<i>Aesculus hippocastanum</i>	30	8	249	<i>Platanus orientalis</i>	31	8
119	<i>Aesculus hippocastanum</i>	24	7	250	<i>Juglans regia</i>	27	7
120	<i>Aesculus hippocastanum</i>	49	10	251	недетерминирано	26	6
121	<i>Acer</i> sp.	30	8	252	<i>Acer</i> sp.	45	16
122	<i>Acer</i> sp.	32	8	253	недетерминирано	54	14
123	<i>Tilia</i> sp.	41	10	254	недетерминирано	81	12
124	<i>Tilia</i> sp.	49	11	255	недетерминирано	51	12
125	<i>Tilia</i> sp.	39	9	256	<i>Betula</i> sp.	38	11
126	<i>Tilia</i> sp.	38	8	257	<i>Betula</i> sp.	24	10
127	<i>Tilia</i> sp.	30	8	258	<i>Betula</i> sp.	25, 5	10

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

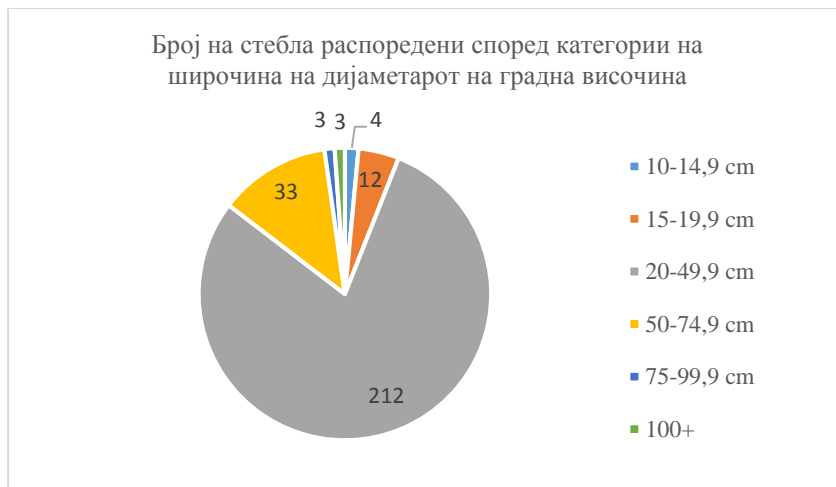
128	<i>Cupressus</i> sp.	29, 5	9	259	<i>Cupressus</i> sp.	21	6,5
129	<i>Picea</i> sp.	14	5	260	<i>Acer</i> sp.	42	12,5
130	недетерминирано	29	7				

\*редниот број на стеблата е референтен и во мапата, јавно достапна на линкот [https://www.google.com/maps/d/edit?hl=en&mid=1focSrPDJnY\\_j3z0SUbBNkg6EqadFnFl\\_&ll=41.989084179589064%2C21.43284525974127&z=17](https://www.google.com/maps/d/edit?hl=en&mid=1focSrPDJnY_j3z0SUbBNkg6EqadFnFl_&ll=41.989084179589064%2C21.43284525974127&z=17)

Во оваа категорија („0“ според нашата класификација) регистриравме 267 стебла со дијаметар над 10 cm на градна височина, кои се во непосреден контакт со цврст материјал. Напомнуваме дека во 5 случаи, стеблата се разгранувале на 2 (3 случаи), односно на 3 стебла (2 случаи), и тоа се стеблата со броевите 37 (3), 47 (2), 65 (2), 162 (3) и 228 (2).

Заради есенскиот и зимскиот аспект на вегетацијата во времето на рекогносцирање, 29 индивидуални стебла не се детерминирани во однос на род/вид, а голем дел од стеблата, во оваа фаза се детерминирани до ниво на род. Сите 267 стебла припаѓаат на 16 родови, а најбројни се од родот *Fraxinus* (јасени) со 48 индивидуи, додека на второ место по бројност е дивниот костен (*Aesculus hippocastanum*), со 45 стебла кои спаѓаат во овој список на најзагрозени. Со висока бројност се индивидуи од родот на јаворите (*Acer*) со 41 стебло, како и липи (*Tilia*) со 28 стебло.

Од вкупниот број стебла, единствено 5 стебла се со дијаметар меѓу 11-15 cm, и уште 15 стебла се со дијаметар на градна височина меѓу 16 и 20 cm. Сите останати стебла за кои известуваме во оваа табела се со дијаметар на градна височина поголем од 20 cm. Бројот на стебла по категории на широчина на дијаметар измерен на градна височина е претставен на хистограм (слика 5). Тоа се 6 категории според дијаметарот, и тоа 1 (10-14,9 cm); 2 (15-19,9 cm); 3 (20-49,9 cm); 4 (50-74,9 cm); 5 (75-99,9 cm), и 6 (над 100 cm).



Слика 5. Хистограм на кој се прикажани бројот на стебла распоредени според категории на широчина на дијаметарот на градна височина

Што се однесува до височината, опсегот на сите регистрирани 267 стебла од категоријата 0, се движи од 3,5 m па до 16 m. При тоа, бројот на стебла високи меѓу 5,5 m и 10 m е најголем, односно 167 индивидуи (62,5%); меѓу 10,5 и 15 m регистриравме 74 стебла (27,7%); 21 (7,9%) стебло се на височина од 3,5 до 5 m; и 5 (1,9%) стебла се 15,5 m или повисоки.

Овие податоци ги сметаме за значајни бидејќи укажуваат на тоа дека во најголем процент се работи за релативно големи стебла, кои низ многу години, и покрај генерално лошите услови кои постојат во урбаните средини, особено во Скопје, достигнале значајни димензии, а според тоа имаат и голема биомаса, односно волумен и површина на лисната маса. Освен тоа, поголемиот број видови и родови дрвја кои ги регистриравме во нашето истражување во категоријата „0“, се сметаат за релативно долговечни, со очекуван животен век во урбани средини од многу десетици години. Исклучок на тоа се единствено брезите и тополите кои се сметаат за видови со краток животен век и дрвесина подложна на брзо разложување, но тие се и без тоа со помала застапеност во севкупниот број стебла, со 11 и 1 стебла, редоследно. Оттаму, најголемиот број индивидуални стебла на кои укажуваме во оваа публикација имаат непроценливо значење. Тоа е најмногу заради фактот што големите стебла во урбаните средини се носители на многу еколошки вредности, а ова е особено потенцирано заради контекстот во кој се

најчесто лоцирани во Скопје. Имено, речиси по правило се работи за индивидуални стебла кои се засадени и виреат во близина на улици и булевари, пешачки зони, и поретко во парковски површини. Според наши согледувања, најголемата нивна вредност е улогата на мелиоратори на високите температури, особено во летните месеци во Скопје. Тоа е уште поизразено во последните 10-15 години заради создавањето на голем број т.н. „топлински острови“ заради обеззеленување на голем број плоштади и површини во градот и бројноста на нови градежни објекти. За различни аспекти поврзани со урбаните топлински острови се посветени голем број истражувања, и во голем дел од нив урбаното зеленило се наведува како битен, ако не и најважен фактор, за ублажување на екстремните температури [16-18].

Гледано среднорочно, а земајќи ги предвид глобалните климатски промени и моделите според кои екстремните метеоролошки појави ќе зачестат и ќе се интензивираат, особено фреквенцијата и времетраењето на екстремно високи температури, градот Скопје и одговорните организации мора да се посветат на зачувување на секое можно етаблирано возрасно дрво низ градот, покрај воведување на систематско, долгорочно зазеленување на постоечки зелени површини, но и освојување на нови, досега површини без урбана вегетација.

## **ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ**

Цврсто им препорачуваме на службите одговорни за одржување на урбаното зеленило во градот Скопје и неговите општини, да преземат итни активности за ослободување доволно простор (на ниво на почва) за нормален раст на стеблата посочени во оваа публикација како непосредно загрозени. Недостатокот на вода, и стресот на дрвјата поврзан со тој недостаток се добро документирани, а ова особено важи за урбаните дрвја и зеленилото [19]. Овој факт мора да се земе предвид не само при „ослободувањето“ на стеблата на кои упатуваме во оваа публикација, туку и при сите идни микро- и макро-плани на урбаната вегетација и зеленило. Претераната покриеност со асфалт, бетон, цемент, плочки, освен што има негативни естетски аспекти, исто така предизвикува и негативни психолошки реперкусии врз граѓаните, но е со лошо влијание и врз виреењето и опстојувањето на урбаното зеленило и дрвја.

Отстранувањето на материјалите во непосредна близина на стеблата, е еден од најлесните и поевтините начини за продолжување на животниот век на овие

стебла. Понекогаш тој продолжен живот може да биде и со децении, а тоа во средина во која и без тоа станува многу проблематично да се садат големи стебла треба да биде активност и пракса од најголем приоритет.

Освен тоа, независно од ова конкретно истражување, слободни сме да сугерираме зголемување на покриеноста со вегетација, особено со дрвја, во урбаната средина, со посебен фокус кон зголемување на биомасата (и волуменот), а не само на бројноста. Треба да се има предвид дека ниту стотици помали садници не можат да заменат едно повозрасно, веќе етаблирано стебло, во однос на екосистемските функции кои ги нудат, а еднакво важно е што ниту преживувањето на новозасадените садници не е гарантирано. Затоа, квалитетното, систематско, а не кампањско зазеленување треба да биде долгорочна стратешка определба на одговорните институции, заради постигнување каков-таков баланс наспроти градежната офанзива и дехуманизацијата на урбаниот простор во сите градови во Македонија, а особено во Скопје.

#### **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] P. Bolund, S. Hunhammar, Ecosystem services in urban areas, *Ecol. Econ.*, 29(2), **1999**, 293-301.
- [2] D. J. Nowak, D. E. Crane, J. C. Stevens, Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States, *Urban For. Urban Greening*, 4(3), **2006**, 115-123.
- [3] C. Y. Jim, W. Y. Chen, Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China), *J. Environ. Manage.*, 88(4), **2008**, 665-676.
- [4] D. J. Nowak, S. Hirabayashi, M. Doyle, M. McGovern, J. Pasher, Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health, *Urban Forestry & Urban Greening*, 29, **2018**, 40-48.
- [5] T. Sternberg, H. Viles, A. Cathersides, M. Edwards, Dust particulate absorption by ivy (*Hedera helix* L) on historic walls in urban environments, *Sci. Total Environ.*, 409(1), **2010**, 162-168.
- [6] L. S. Vailshery, M. Jaganmohan, H. Nagendra, Effect of street trees on microclimate and air pollution in a tropical city, *Urban For. Urban Greening*, 12(3), **2013**, 408-415.
- [7] P. Cohen, O. Potchter, I. Schnell, The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel, *Environ. Pollut.*, 195, **2014**, 73-83.
- [8] K. Burkart, A. Schneider, S. Breitner, M. H. Khan, A. Krämer, W. Endlicher, The effect of atmospheric thermal conditions and urban thermal pollution on all-cause and cardiovascular mortality in Bangladesh, *Environ. Pollut.*, 159(8), **2011**, 2035-2043.
- [9] D. Armson, P. Stringer, A. R. Ennos, The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area, *Urban For. Urban Greening*, 11(3), **2012**, 245-255.
- [10] A. Dzhambov, D. Dimitrova, Urban green spaces' effectiveness as a psychological buffer for the negative health impact of noise pollution: A systematic review, *Noise*

- and Health*, 16(70), **2014**, 157-165.
- [11] A. Gidlöf-Gunnarsson, E. Öhrström, Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas, *Landsc. Urban Plan.*, 83(2), **2007**, 115-126.
- [12] M. S. Taylor, B. W. Wheeler, M. P. White, T. Economou, N. J. Osborne, Research note: Urban street tree density and antidepressant prescription rates—A cross-sectional study in London, UK, *Landsc. Urban Plan.*, 136, **2015**, 174-179.
- [13] T. Takano, K. Nakamura, M. Watanabe, Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces, *J. Epidemiol. Community Health*, 56(12), **2002**, 913.
- [14] A. Kontogianni, T. Tsitsoni, G. Goudelis, An index based on silvicultural knowledge for tree stability assessment and improved ecological function in urban ecosystems, *Ecol. Eng.*, 37(6), **2011**, 914-919.
- [15] P. Gilbertson, A. D. Bradshaw, Tree survival in cities: the extent and nature of the problem, *Arboric. J.*, 9(2), **1985**, 131-142.
- [16] T. Susca, S. R. Gaffin, G. R. Dell'Osso, Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs, *Environ. Pollut.*, 159(8), **2011**, 2119-2126.
- [17] L. V. de Abreu-Harbich, L. C. Labaki, A. Matzarakis, Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics, *Landsc. Urban Plan.*, 138, **2015**, 99-109.
- [18] W. Klemm, B. G. Heusinkveld, S. Lenzholzer, B. van Hove, Street greenery and its physical and psychological impact on thermal comfort, *Landsc. Urban Plan.*, 138, **2015**, 87-98.
- [19] R. J. Clark, R. Kjelgren, Water as a limiting factor in the development of urban trees, *J Arboric.*, 16(8), **1990**, 203-208.

## **ПРОЦЕНКА НА ЕКОЛОШКИОТ КАПАЦИТЕТ НА ГРАД СКОПЈЕ КАКО ИНДИКАТОР НА ОДРЖЛИВОСТА НА ГРАДОТ**

Мартина Блинкова Дончевска<sup>1</sup>, Тања Димитрова Филкоска<sup>1</sup>, Иван Мацановски<sup>1</sup>,  
Весна Милановиќ<sup>1</sup>, Габриела Дуданова Лазаревска<sup>1</sup>  
[martina.blinkova@gim.com.mk](mailto:martina.blinkova@gim.com.mk)

<sup>1</sup>Институт за Истражување во Животна Средина, Градежништво и Енергетика  
(ИЕГЕ)

### **Апстракт**

Менувањето на начините на потрошувачката на природните ресурси во комбинација со растечката популација го зголемува притисокот врз природата повеќе од кога било досега. Имиграција на жители од другите градови во Скопје поврзани со нови економски можности и подобар животен стандард, во исто време, бара повеќе ресурси. Во определбата за дефинирање на насоките за одржлив развој на градот Скопје, во 2016 година беше изработена Студија за проценка на еколошкиот капацитет на градот преку утврдување на еколошкиот отпечаток и биокапацитетот, како индикатор на одржливоста на градот. При проценката беа користени национални статистички податоци кои се комбинираат со меѓународни методологии на Global footprint Network, како и методологија со пропорција и методологија врз база на прашалник. Согласно со резултатите добиени во оваа Студија, утврдено е дека жителите на Скопје и околината живеат вон границите на еколошкиот капацитет, односно просечно еден жител на Скопје користи 8,1 gha за одржување на начинот на живеење во период од една година; додека расположливи се само 2,05 gha достапни по лице. Динамичната политика на градот за реструктурирање на капацитетот е од суштинско значење да се подобрат условите за урбан развој и квалитетот на животот на жителите на Скопје. За обезбедување на одржлив урбан развој, активностите треба да се насочат првенствено кон обезбедување: добро владеење со урбанизмот; просторно планирање; усвоен систем за користење на земјиште; усвоена правна рамка; соодветно финансирање; соработка помеѓу јавниот и приватниот сектор; учество на јавноста и едукација, тренинг и навремено информирање. Едно од стратешките решенија кои властите



треба да ги преземат е „Политика на децентрализација“. Оваа Студија ги дава насоките за да се промени правецот и да се зголеми економската конкурентност и еколошката безбедност на Скопје, така што градот може да го одвои својот економски раст од еколошки отпечаток, оставајќи простор за природата .

**Клучни зборови:** еколошки капацитет, еколошки отпечаток, биокапацитет, град Скопје, одржлив развој

### **Abstract**

Changing the patterns of natural resource consumption combined with the growing human population, increases the pressure on nature more than ever before. The immigration of residents from other cities in Skopje related to new economic opportunities and a better living standard, at the same time, requires more resources. In terms of defining the directions for sustainable development of the City of Skopje, in 2016 was developed Study for assessment of the ecological capacity of the city by determining the ecological footprint and bio capacity, as an indicator of the sustainability of the city. During the assessment, national statistical data combined with international methodologies for calculations -Global footprint Network, as well as a methodology with a proportion and methodology based on a questionnaire, were used. According to the results obtained in this Study, we established that the inhabitants of Skopje and the surrounding area live outside the limits of the ecological capacity i.e. averagely ecological footprint per capita in Skopje is 8.1 gha; while only 2.05 gha are available. The city's dynamic policy on capacity restructuring is essential to improve the conditions for urban development and the quality of life of Skopje residents. In order to ensure sustainable urban development, the activities should focus primarily on ensuring: good governance with urbanism; spatial planning; adopted system for land use; adopted legal framework; adequate funding, cooperation between the public and the private sector, public participation and education, training and timely information. One of the strategic solutions that the authorities need to undertake is "Decentralization Policy." This Study gives directions to change the direction and increased the economic competitiveness and environmental safety of Skopje, so that the city can separate its economic growth from environmental imprint, leaving space for nature.

**Keywords:** ecological capacity, ecological footprint, biocapacity, Скопје, sustainable development

## **ВОВЕД**

Градот Скопје, главниот град на државата е сложена социо-демографска, просторно-физичка, економска и „еколошка“ целина. Негови главни карактеристики се динамичноста, мешавината на етничките и социо-економските групи, интензивниот развој, постојаниот тренд на зголемување на населението и градбата. Скопје како составен дел на Скопскиот регион кој го опфаќа басенот на Скопската котлина со вкупна површина од 1812 km<sup>2</sup> или 7% од територијата на Република Македонија (РМ). Во последниве три децении, трендот на развој на Скопје се карактеризира со:

- голема миграција на луѓе од другите градови кон Скопје и создавање големи конгломерати на луѓе на еден тесен простор, потоа намалување на бројот на семејства што егзистираат од земјоделие во руралните средини,
- зголемување на преработувачката индустрија и процентот на граѓани што се занимаваат со услуги, промена на образовната структура, промена на стандардите на живеење,
- зголемена потрошувачка на стоки, вода, енергија и други ресурси,
- создавање големи количества на комунален смет, медицински отпад, отпад од преработувачките капацитети, отпадни води со значајни содржини на хемикалии, голема т.н. дневна деловна миграција.

Сето тоа е проследено со потрошувачка на енергија, која за жал сè уште главно се добива од фосилни горива, што негативно влијае на животната средина, која има ограничен капацитет за природно рециклирање. Ваквата регионална диференцираност го наметнува проблемот на одржливост на Скопскиот регион, во поглед на густината на населеност, структура на населението како и нивните економски и социјални состојби. Земајќи предвид дека на 7% од површината на РМ има концентрација на луѓе од 25,1% од вкупното население (9 месеци во годината и 50% според неофицијални податоци) е тешко да се одржува животот во Скопје. Неможејќи да се одржи од своите ресурси градот Скопје како урбан екосистем станува „ентропична црна дупка“ која црпи енергија и материја од околните екосистеми (и ги враќа истите во деградирана форма).

Со цел да се придонесе за плановите за одржлив развој на Град Скопје, се иницира потребата од проценка на еколошкиот капацитет на Скопје која има неколку цели :

- да помогне да се пресмета биолошката носивост (капацитетот) во корелација со социо-економски оптималната големина на градот Скопје и приградските населби како заедница,
- да помогне да се утврди колкав е еколошкиот отпечаток (ЕО) на жител на Скопје преку анкетаирање,
- да помогне во идентификацијата на оптимално одржливата големина (или, попрецизно, опсег) потребен да се опслужи оваа заедница. Прашања на кои се очекува да се даде одговор се: Колку уште може да расте бројот на жители во Скопје, а притоа да се заштити неговата околина, да го задржи и негува својот квалитет на живот и да го одржуваме со својот карактеристичен лик за идните генерации,
- да помогне да се идентификуваат области каде има потреба од акција. На пример, најголем еколошки отпечаток има несоодветното управување со отпад, потрошувачката на енергијата, транспортот и несоодветната урбанизацијата. Анализата на ЕО испитува голем број на опции за да се намали потрошувачката на енергија. Соодветно управување со отпадот и планско планирање на просторот основајќи се на принципите на заштита на природата се едни од главните цели кои што произлегуваат [1].

Во почетокот на 1990 година, основниот концепт на еколошкиот отпечаток бил развиен од страна на Mathis Wackernagel и William Rees [2]. Еколошкиот отпечаток е индикатор за одржливост што ја споредува антропогената побарувачката на природните ресурси со екосистемите. Тоа е индикатор за „одржливост“, со примена на претпоставката дека природните ресурси може да се само до ограничен степен заменети со други ресурси [3]. Притоа пресметките за Еколошкиот отпечаток не ги земаат во предвид сите природни ресурси. Тие ги вклучуваат само оние кои се наведени како „ритичен природен капитал“. Критичниот природен капитал се дефинира како оние делови од животната средина кои вршат важни и незаменливи функции [3], се од суштинско значење за животот [4]. Овој вид на одржување на природните ресурси и овозможува на биосферата да ги регенерира своите капацитети и да се обноват природните ресурси. Токму затоа,

ЕО користи биофизички единици за пресметување на потрошувачката на материјали, енергија и површина на обработливо и изградено земјиште. ЕО покажува колкава површина е потребна за извршување на социо-економските дејности за одреден временски период (во најголем дел од случаите една година) со достапни технологии и одредените услови на управување со ресурсите [5].

Соочувајќи се со глобалната „еколошка криза“ ,делта на овој труд е да ги даде насоките за да се промени правецот и да се зголеми економската конкурентност и еколошката безбедност на Скопје, така што може да се одвои економски раст од еколошки отпечаток, оставајќи простор за природата.

## **МЕТОД И МАТЕРИЈАЛИ**

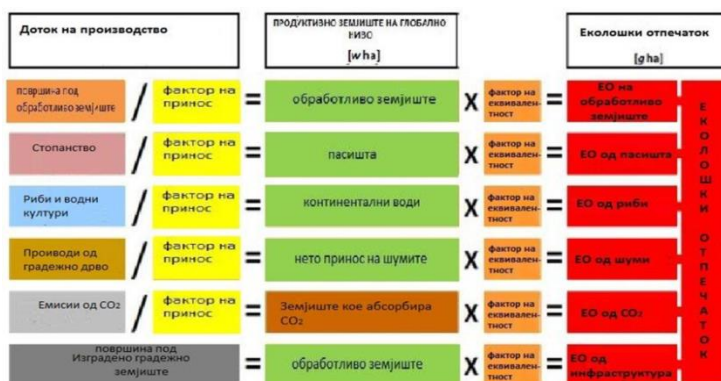
Во изминативе 15 години, методот за пресметка на еколошкиот отпечаток постојано се подобрува и ажурира. Global Footprint Network и повеќе од 70 партнерски организации работат на конзистентни и транспарентни методи за пресметка и стандардизација за да се овозможи меѓународни споредби [6]. Пресметките за еколошкиот отпечаток се предмет на шест основни претпоставки [5]:

- Да се идентификува поголемиот дел од антропогена употреба на природни ресурси како и резултатот на количествата на отпад и емисии;
- Поголемиот дел од протокот на ресурсите и отпадот може да се мери во биопродуктивни области, кои се потребни за снабдување и апсорпција на истите. Немерливи износи не се вклучени во пресметката;
- Различните биопродуктивни области може да се конвертираат во една единствена мерка ( „глобален хектар“), што одговара на просечната глобална продуктивност;
- Секој глобален хектар за дадена година ја рефлектира истата биопродуктивност, истите можат да се сумираат;
- Ако барањето за човечки ресурси, како и природните ресурси се мери во глобални хектари, можна е директна споредба.
- Пресметаната побарувачка за одредена површина може да ја надмине својата понуда односно нејзиниот капацитет.

## Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?

Националните пресметки на ЕО се врз основа на економски и биофизички податоци, објавени од страна на институции како што се Завод за статистика на РМ, ЈП „Комунална Хигиена“ Скопје, Организацијата за храна и земјоделство на ОН (ФАО), Меѓународната агенција за енергетика, Статистичкиот оддел на Обединетите нации (COMTRADE ОН) или Меѓувладиниот панел за климатски промени (IPCC) итн.

Вкупната побарувачка е пресметана како „потрошувачка = производство + увоз - извоз“. Извезените стоки се земаат во предвид за земјата во која тие се консумираат како крајна побарувачка. Секундарните производи (на пример, брашно или целулоза) се трансформираат во примарни производи (на пример, пченица и дрво) и на тој начин се вклучени во пресметката [5]. Површината потребна за производство на примарни производи е определена во глобални хектари; претворањето на секундарни производи се базира на локалните приноси. За извоз, за секоја земја се користат специфични еквивалентни фактори, додека за увозот се користат светските средни вредности, со цел да се претвори отелотворената енергија во CO<sub>2</sub> емисии и да се определи соодветната површина која е потребна [4].

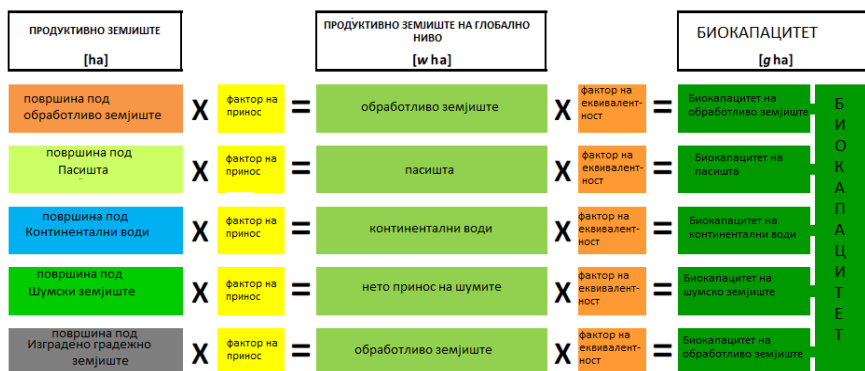


**Слика 1.** Методологија за пресметување на еколошки отпечаток, според Global Footprint Network

Поради недостаток на статистички податоци за увоз и извоз на одредени производи на ниво на Град Скопје не е изводливо пресметувањето на еколошкиот

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

отпечаток според методологијата на Global Footprint Network (слика 1). Дополнително беа користени и други методи за претставување на еколошкиот отпечаток: Методологија со пропорција, ЕО држава/ЕО град односно број на жители / km<sup>2</sup> врз база на веќе пресметан еколошки отпечаток на ниво на држава и Методологија врз база на прашалник кој е направен по пример на оригинална методологијата на Redefining Progress [7]. Жителите на градот Скопје пополнуваа Анкетен лист со прашања кои се базирани на потрошувачка, транспорт, домување и енергетска ефикасност. При извршување на истражувањето неопходно беше да се задржи репрезентативност утврдена во согласност со конкретна демографската состојба во конкретниот град. Аспектите земени во предвид при пресметувањето на ЕО за Град Скопје се: Исхрана - храна врз основа на растителни и животински извори; Живеалиште - потрошувачката на енергија во домаќинствата, земјиште за домување, употреба на дрва од страна на домаќинствата и енергија за градење; Транспорт - енергијата која се користи за превоз и емисиите на штетни супстанции при користењето на превозните средства; Стоки и услуги - влијанието на производство, извоз/увоз, услуги и користење на растителни и животински производи, дрво и хартија.



Слика 2. Методологија за пресметување на биокапацитетот, според Global Footprint Network

Во однос на пресметките на биокапацитетот на Скопје и регион (слика 2), истиот е пресметан со користење на методологијата воспоставена од Global footprint network [8]. Овој пристап има три чекори: Прво се одредува кои типови на

биолошки продуктивно земјиште има во Скопскиот регион, а потоа и се пресметува нивната површина во хектари. Global footprint network предлага шест општи категории на биолошки продуктивно земјиште: земјоделско земјиште, пасишта, шуми, изградено градежно земјиште, континентални и морски води. За потребите на овој труд предвид се земени само 5 типа на биолошки продуктивно земјиште, изоставени се морските површини. Пресметувањето на површините во хектари на сите типови на биолошки продуктивно земјиште е согласно Corine Land Cover. Втор чекор е идентификување на продуктивноста на секој тип на земјиште, што зависи од расположливите информации за приноси. Овие податоци се достапни за јавноста преку Заводот за статистика на Република Македонија. На крајот, површини во хектари и приноси од секој тип на биолошки продуктивно земјиште се конвертира во стандардизирана, заедничка единица на биолошка продуктивност-глобален хектар. Постојат два вида на пресметки кои се користат за претворање на локалните податоци биопроductивност во глобални хектари.

Првата пресметка, факторот на принос, е мултипликатор еднаков на односот меѓу локалниот принос на одреден вид на биолошко продуктивно земјиште и просечниот глобален (светски) принос за истиот вид на биолошко продуктивно земјиште. Втората пресметка, факторот на еквивалентност, е мултипликатор еднаков на односот на биолошка продуктивност на просечен глобален хектар за одреден вид на биолошко продуктивно земјиште и биолошка продуктивност на глобален хектар. Потенцијалната земјоделска продуктивност за различни видови на биопроductивно земјиште (шуми, пасишта, итн) се користи за да се воспостави факторот на еквивалентност. Всушност факторот за еквивалентност е ист за сите држави за одредена година.

Глобални хектари (gha) е мерна единица за квантифицирање и на еколошкиот отпечаток на луѓето и активностите, како и биокапацитетот на земјата или регионот. Еден глобален хектар претставува просечната продуктивност на биолошки продуктивни области (мерена во хектари) на планетата Земја во дадена година. Примери на биолошки продуктивни области вклучуваат земјоделски култури, шуми и рибници; тие не вклучуваат пустини, глечери и отворено море. „Глобален хектар по глава на жител“ се однесува на износот на биолошки продуктивно земјиште достапно на одреден жител на планетата [1].

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Просечно еден жител на Скопје користи 8,1 глобални хектари за одржување на начинот на живеење во период од една година, додека расположливи се само 2,05 gha достапни по глава на жител. Овие резултати го прикажуваат еколошкиот отпечаток на жителите на Град Скопје преку категории на потрошувачка, како што се: храната што ја конзумираме, енергијата која што ја користиме и услугите што ги користиме (табела 1). Тоа придонесува за подобро фокусирање на тоа каде да се преземе акција за да се постигне максимално намалување на влијанието врз животната средина.

**Табела 6.** ЕО на жителите на Скопје за 2014 година

Вкупен Еколошки Отпечаток за 2014 (глобални хектари по глава на жител)	8,167 gha
<b>Земјоделски култури</b>	2,472 gha
<b>Пасишта</b>	0,838 gha
<b>Шуми и производи од дрво</b>	1,257 gha
<b>Емисии на јаглерод</b>	3,4 gha
<b>Рибници</b>	0,1 gha
<b>Изградено земјиште</b>	0,1 gha

Согласно со пресметките, емисиите на јаглерод диоксидот имаат најголемото влијание врз биосферата и се најголема компонента од еколошкиот отпечаток на Град Скопје. Какви и да било методолошки промени направени за јаглеродниот еколошки отпечаток имаат потенцијал за значајни промени врз истиот. Емисиите на јаглерод диоксид во градот Скопје се предизвикани главно од фосилните горива кои се користат како гориво за транспортот, енергенсите кои се користат во домаќинствата, отпадот што тие домаќинства го создаваат, како и користењето на свежа вода за пиење.

Јаглеродниот отпечаток всушност претставува површината со шума, која е потребна за да се апсорбираат антропогените емисии на јаглерод диоксид. Количеството на јаглерод диоксид што се создава во градот се претставува во глобални хектари со користење на годишниот прираст на шумите како површина која го апсорбира јаглеродниот диоксид. Вкупното количество на јаглерод диоксид



### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

што се создава од домаќинствата, транспортот, отпадот и свежата вода за пиење во градот Скопје изнесува 2 286 840 тони CO<sub>2</sub>, а тоа допринесува за 3,4 gha од еколошкиот отпечаток на градот Скопје.

Транспортот опфаќа 24 % од јаглеродниот отпечаток на градот Скопје. Околу половина од ова влијание се должи на користењето на автомобилите и тешките товарни возила, односно согорувањето на бензин и дизел горива како и течен нафтен гас, при што се ослободуваат повеќе различни видови штетни гасови меѓу кои и јаглерод диоксидот. Со транспортот во градот Скопје се емитува повеќе од 0,5 милиони тони на јаглерод диоксид на годишно ниво. Просечно домаќинство во градот Скопје создава околу 3,4 тони на јаглерод диоксид секоја година со користењето на транспортот. Најголем дел од еколошкиот отпечаток кој се должи на транспортот произлегува од користењето на приватни автомобили. Според анкетата спроведена на граѓаните од град Скопје, 56,6 % користат сопствени автомобили како основно средство за превоз до секојдневните дестинации, а тоа допринесува и за големиот сообраќаен метеж што се јавува во градот. Како резултат на возењето во такви услови на голем сообраќаен метеж, согорувањето на горивата е поголемо и на тој начин драстично се зголемува создавањето на стакленички гасови меѓу кои е CO<sub>2</sub>.

За денешниот динамичен начин на живот електричната енергија е неопходна, од осветлување и загревање на сите објекти до снабдување со енергија. Околу 75% од производството на електрична енергија во РМ е од неконвенционални извори на енергија, а тоа допринесува за пораст на стакленичките гасови во атмосферата и на тој начин директно се влијае на климатските промени. Со моменталниот тренд на изградба на големи куќи и нивна мала искористеност, потребата за енергија се зголемува и едно просечно домаќинство е одговорно за емисијата на 6,5 t на јаглерод диоксид секоја година. Во градот Скопје според последните податоци од заводот за Статистика на Република Македонија вкупниот број на домаќинства во 2014 година бил 161 841 со вкупна површина 13 214 073 m<sup>2</sup> и од нив била потрошена 1 032 635 MWh електрична енергија, односно специфичната потрошувачка изнесувала 78,1 kWh/m<sup>2</sup>.

Според податоците на Државниот завод за статистика, вкупното количество на собран комунален отпад во Република Македонија во 2014 година изнесува 569

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

794 тони. Најголемо количество на собран комунален отпад е забележано во Скопскиот регион, односно 26,9% од вкупното собрано количество во Република Македонија и во најголем дел (99,4%) се отстранува на овластена депонија ДОО Дрисла – Скопје. Во текот на 2014 година од подрачјето на Град Скопје и од руралните средини на Депонија ДОО Дрисла - Скопје со 29 344 тури се собрани и транспортирани 143 385 тони комунален отпад од физички и правни лица. Оваа количина на отпад е одговорна за емисијата на 124 028 t јаглерод диоксид во текот на цела година.

Јаглеродниот еколошки отпечаток настанат од користење на свежа вода, се должи на водата која се користи при производството на продуктите и намирниците и е пресметан врз основа на потребната електрична енергија за производство и испумпување на водата со која се снабдува градот Скопје. Во текот на 2015 година планирано е производство на 103 000 000 m<sup>3</sup> вода, односно просечната дневна потрошувачка на вода изнесувала 458 литри по жител. За ова производство на вода и препумпувањето на урбаните отпадни води, проектирана е потрошувачка на 21 000 MWh електрична енергија, а тоа допринесува за создавање на 19 215 t CO<sup>2</sup> годишно.

Потрошувачката на храната има значителен еколошки отпечаток. Производството, преработката, пакувањето, складирањето и транспортот на храна бара големи количини на земјиште и енергија. Во принцип, преработената храна има висок ЕО, бидејќи се потребни големи количини на ресурси за обработка на храна. Пакувањето има своја улога во заштитата на храната, но истовремено бара употреба на ресурси и енергија за да се произведе, а кога ќе се фрли, е на товар на животната средина. Фрлањето на храна не е само економски проблем, исто така е и еколошки бидејќи за да се произведе таа храна која залудно ќе се фрли се трошат вода, енергија и други ресурси. Покрај тоа, во процесот на распаѓање на отпадоци од храна на депонија се произведуваат стакленички гасови. Всушност, за секој килограм отпадоци од храна фрлени на депонија, се произведува еден килограм на стакленички гасови. Според анкета направена за целите на оваа студија најголемиот дел од населението фрла минимум по 10% од храната која не ја искористува. Движејќи се кон одржлив развој на градот Скопје потребно е да се направи селекција.

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Сите производи за широка потрошувачка, како што се облеката, уредите, мебелот и електрониката имаат потреба од енергија, вода и материјали за да се произведат. Една третина од природните ресурси кои досега биле искористени од страна на човештвото, се употребени во последните 30 години. При користењето на овие природни ресурси за производство на производите кои ние ги користиме, се испуштаат огромни количини на емисии на стакленички гасови. На пример, при производството на еден килограм алуминиум, се создаваат повеќе од 15 килограми емисии на стакленички гасови. Според статистичките податоци од направената анкета 42,76% од граѓаните на Град Скопје годишно купуваат нов мобилен телефон и/или лаптоп додека 32,16% од граѓаните купиле телевизор, лаптоп или персонален компјутер. Меѓутоа, во денешното општество, желбата да се имаат најновите производи, доведува до отфрлување на старите производи кои веднаш се заменуваат. Овој вид на отпад, кој се нарекува „е-отпад“, е еден од најбрзо растечките видови отпад.

**Табела 7.** Биолошкиот капацитет на Скопскиот регион за 2014 година

Тип на биопродуктивно земјиште	Површина во хектари	Фактор на принос	Фактор на еквивалентност	Глобални хектари	Глобални хектари по глава на жител
Земјоделско земјиште	61867	1	2,11	130539,37	0,211932108
Пасишта	23182	0,34	0,47	3704,4836	0,00601427
Шумски земјиште	83282	0,6	1,35	67458,42	0,109519489
Континентални води	281	0.01	0,37	1,0397	1,68796
Изградено градежно земјиште	12588	1	2,11	26560,68	0,043121557
<b>ВКУПНО</b>	<b>181 200</b>			<b>228263,9933</b>	<b>2,050587425</b>

Табелата 2 ги сумира областите на биолошки продуктивното земјиште во Скопскиот регион, вредностите на факторите на принос, факторите на еквивалентност во зависност од бројот на жители сумирано на глобални хектари по

глава на жител на Скопје и околината. Во пресметката на глобалните хектари по глава на жител се користи големина на население 615 949 проценето за Скопскиот регион за 2014 година. Анализа покажува дека, биокапацитетот на Скопскиот регион во кој се вклучени 5 типови на површини, изнесува 228 264 глобални хектар односно за секој жител се достапни 2,05 глобални хектари.

На глобално ниво се смета дека околу 1,8 глобални хектари се достапни на лице. Факторите на принос во табелата ја претставуваат биопродуктивноста на земјиштето во Скопје, споредено со тој тип на земјиште во свет. Кога факторот на принос е помал од еден, земјоделското земјиште во областа е помалку продуктивно од светскиот просек. Кај нас вредноста е 1 што укажува дека сме во согласност со светскиот просек за продуктивност на земјоделските површини. Ова не е изненадувачки со оглед на тоа дека почвите од Скопје обично се карактеризираат со голема плодност и потенцијал за производство на особено на раноградinarsки култури. Спротивно на тоа во околината на Скопскиот регион факторот на принос од шумите и пасиштата се со вредност помал од еден што укажува дека е помалку продуктивен од светскиот просек. Мора да се спомене дека биокапацитетот зависи од примената на современи земјоделски практики (употреба на ѓубрива), нарушување на екосистемот (неконтролирана сеча на шуми, пренамена на земјиште од земјоделско обработливо на градежно и сл.) и интензивирање на населението во Скопје [1].

## **ЗАКЛУЧОК**

Обезбедувањето на здрава животна средина е исклучително значаен аспект за создавање на региони кои ќе се препознаваат по добрите услови за живот и работа на населението [9]. Анализата на еколошкиот отпечаток нагласува итноста на оваа промена. Како што е наведено, достапната плодна почва на секој жител на земјата е рапидно намалена. Неодржливиот развој надвор од рамките на биокапацитетот, негативно влијание врз животната средина и индиректно го деградира квалитетот на животот на урбаните жители. Овој труд ја истражува употребата на урбаната носивост (еколошки капацитет) како репер за одржливиот урбан развој на градот Скопје и околината. Добиените резултати алудираат на сериозност на ситуацијата во Скопје, особено од аспект на влијанија врз животната

## *Затадување на Градовите во Република Македонија: кои се решенијата?*

средина и природните ресурси, инфраструктура и урбани услуги, како и институционалната поставеност.

Динамичната политика на градот за реструктурирање на капацитетот е од суштинско значење да се подобрат условите за урбан развој и квалитетот на животот на жителите на Скопје. Едно од стратешките долгорочни решенија кои властите треба да ги преземат за подобрување на еколошкиот капацитет е „*Политика на децентрализација*“. Децентрализација е широко признат пристап за ефикасно ослободување на еколошко задушување на главните градови. Брзиот прилив на население од другите региони во централното урбано подрачје е причина за несоодветниот и брз развој на Скопје. Тоа генерира значителен притисок врз секој аспект на урбанизмот, како што се: интензивна градба на станбени објекти, паркинг места, економски центри итн., а сето тоа ја намалува одржливоста на градот како и квалитетот на животот на жителите. За обезбедување на одржлив урбан развој, активностите треба да се насочат првенствено кон обезбедување:

- Добро владеење со урбанизмот;
- Просторно планирање;
- Усвоен систем за користење на земјиште;
- Усвоена правна рамка;
- Соодветно финансирање;
- Соработка помеѓу јавниот и приватниот сектор;
- Учество на јавноста и
- Едукација, тренинг и навремено информирање.

Во свет со ограничени ресурси и способноста за регенерација, општеството треба да се развие на одржлив начин, постојано да ја подобрува на благосостојбата на човекот, притоа оставајќи простор и за природата.

Овој труд за проценка на еколошкиот капацитет на Град Скопје има долгорочно значење и истата треба да се интегрира во развојните политики на Градот со другите политики, како и да биде од секој Локален еколошки акционен план (ЛЕАП) на општините. Континуираното осиромашување на резервите на природен капитал и тековите на екосистемските услуги во Скопје на крајот ќе ја поткопа економијата и ќе ја уништи социјалната кохезија. Најголем дел од негативните промени ги води растечкото користење на природните ресурси за задоволување на

моделите на производство и потрошувачка. Резултатот е значителен еколошки отпечаток во Скопје. Согласно со резултатите добиени во оваа Студија, утврдивме дека жителите на Скопје и околината живеат вон границите на еколошкиот капацитет. Со секојдневно зголемување на нашиот еколошки отпечаток за сметка на намалување на природните ресурси-биокапацитетот на Скопје, ние несомнено го намалуваме квалитетот на животната средина, а индиректно и нашиот живот. Свесноста за проблемот и стремење кон поквалитетна животна средина во градот Скопје е најдобриот почеток за решавање на проблемот. Менувањето на нашите животни навики и наоѓање на подобри алтернативи не е воопшто лесно, но ние би можеле да го постигнеме тоа, преку серија на практични активности. Потребно е да се пренасочиме кон инвестирање во решавање на причините за проблемите во животната средина, а во насока на наоѓање решение со цел да се направат фер, далекувидни и еколошки начини за тоа како да управуваме со ресурсите што ги користиме.

Од нас зависи дали ќе го зачувуваме нашиот преостанат природен капитал, ќе ги заштитиме и вратиме во задоволителна состојба екосистемите со цел да имаме поквалитетен начин на живот во градот Скопје. Поголема екоодговорност кај секој жител на Скопје е она што краткорочно може да се преземе, а ќе има долгорочен ефект.

## **БЛАГОДАРНОСТ**

Ова истражување не би било можно без финансиска поддршка на град Скопје. Би сакале да изразиме огромна благодарност до Секторот за заштита на животна средина на Град Скопје, за нивниот несебичен придонес и паралелен удел во процесот на изработка на Студија за пресметување на еколошкиот капацитет на Град Скопје. Исто така им се заблагодаруваме на Градежниот институт „Македонија“ А.Д. Скопје и сите кои учествуваа во процесот на анализа на јавното мислење и со тоа придонесоа кон добивање на потребните податоци за пресметување на еколошкиот отпечаток.

## **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

[1] Студија за Пресметување на еколошкиот капацитет на Град Скопје- ГИМ, 2016 год.

- [2] M. Wackernagel, W. Rees, *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, Gabriola Island, British Columbia: New Society Publishers, 1996.
- [3] P. EKINS, et al., A Framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability, *Ecol. Econ.*, 44(2-3), **2003**, p.165-185.
- [4] M. Wackernagel, C. Monfreda, D. Moran, P. Wermer, S. Goldfinger, D. Deumling, M. Murray, *National Footprint and Biocapacity Accounts: The Underlying Calculation Method*, Global Footprint Network, Oakland, California, **2005**.
- [5] GFN. *Ecological Footprint and Biocapacity. Technical Notes: Global Footprint Network*, Oakland, CA, **2006**.
- [6] GFN, *Charter for Global Footprint Network Committees*, Global Footprint Network, Oakland, CA, **2005**.
- [7] “The World’s Ecological Footprint and Biocapacity 1999”, *Redefining Progress*, Oakland, California, and Loh and Wackernagel, **2002**.
- [8] B. Ewing, S. Goldfinger, M. Wackernagel, M. Stechbart, S.M. Rizk, A. Reed, J. Kitzes, *The Ecological Footprint Atlas*. Global Footprint Network, Oakland, 2008.
- [9] Стратегија за регионален развој на РМ 2009-2019 година

**Дополнително беше разгледувана и следнава литература:**

Ecological footprint, climate change and cities. Innovation of ecological footprint calculation and presentation of opportunities to mitigate adverse impacts of climate change in cities; Zuzana Hudeková; Lorant Krajcsovics; Patrik Martin; Eva Pauditšová; Tamara Reháčková

Victoria’s Ecological Footprint Published by EPA Victoria and the Commissioner for Environmental Sustainability

Living Planet Report 2014, Species and spaces, people and places, available at [www.panda.org](http://www.panda.org)

The Ecological Footprint of cities and regions: comparing resource availability with resource demand, Mathis Wackernagel; Justin Kitzes; Dan Moran; Steven Goldfinger; Mary Thomas, *International Institute for Environment and Development (IIED)*, 18(1), **2006**, 103–112.

Urban Ecological Footprints: Why cities cannot be sustainable and why they are a key to sustainability, W. Rees, M. Wackernagel. Originally Published in *Environmental Impact Assessment Review*, 16, **1996**, 223–248.

Ecological Footprints of Canadian Municipalities and Regions. Prepared for: The Canadian Federation of Canadian Municipalities By: Jeffrey Wilson, Associate Mark Anielski, President. January **2005**.

Calculation methodology for the national Footprint accounts, Global Footprint Network: research, SCIENCE, & TECHNOLOGY Department, **2010** EditIon .

The Ecological Footprint of São Paulo - State and Capital **2012** WWF- Brazil

Hong Kong Ecological Footprint Report **2013**. WWF-Hong Kong

Ecological Footprint Analysis of Albemarle County and Charlottesville: The Biocapacity Calculations, Prepared by The Ecological Footprint Working Group of Advocates for a Sustainable Albemarle Population (ASAP), August **2009**.

The Ecological Footprint & Green Economy: are we living within the Earth's boundaries? GFN December, **2012**.

<http://www.redefiningprogress.org/programs/sustainabilityindicators/ef/>

<http://www.stat.gov.mk/OblastOpsto.aspx?id=2>

[http://www.footprintnetwork.org/gfn\\_sub.php?content=standards](http://www.footprintnetwork.org/gfn_sub.php?content=standards)

## **МАКЕДОНИЈА ТРЕБА ДА ГО ТРЕТИРА ЗАГАДУВАЊЕТО КАКО ПРАШАЊЕ ОД НАЦИОНАЛНА БЕЗБЕДНОСТ**

Лазар Поп Иванов<sup>1</sup>, Марија Мирчевска<sup>1</sup>

<sup>1</sup> „Член 1 – Институт за глобални политики и право“

### **Апстракт**

Овој труд има за цел да покаже дека е во интерес на Македонија да започне да го третира загадувањето на воздухот како прашање од национална безбедност. Централниот аргумент е развиен на основа на конструктивистичката школа во меѓународните односи. Специфично, го користиме методот на секјуритизација и социјалната конструкција на закани за националната безбедност за да аргументираме дека загадувањето на воздухот може и треба да се третира како прашање од национална безбедност, и дека таквиот третман би резултирал со позитивни промени за сите засегнати страни. За да ја постигне оваа цел трудот ќе понуди три нивоа на анализа. Прво, претставен е проблемот со аерозагадувањето и неговите последици. Понатаму, трудот ја анализира идејата за секјуритизација, и истражува како оваа идеја се користи кога државите сакаат да „класифицираат“ одредено прашање како закана од национална безбедност. Финално, авторите нудат аргументација во полза на третирање на аерозагадувањето како прашање од националната безбедност, и ги прикажуваат сеопфатните придобивки за општеството од ваквиот пристап.

**Клучни зборови:** национална безбедност, конструирање закани, секјуритизација, аерозагадување.

### **Abstract**

This paper argues that Macedonia should start treating its air pollution problem as a matter of national security. The central argument in this paper is developed using ‘constructivism’ as a theoretical framework, devising from international relations theory. More precisely, we are using the ‘securitization’ approach and the social construction of national security threats to argue in favor of treating air pollution as a national security



threat and discuss the positive outcomes from such policy maneuver. In order to make the case for 'securitization of air pollution' this paper offers three levels of analysis. Primarily, it explores the problem and consequences of air pollution in Macedonia. Secondly, the paper dives into the theory of 'securitization', and examines how this theory has been used when states want to 'classify' an issue as a 'threat' and consequently treat it as a matter of national security. Finally, we argue in favor of treating air-pollution as a matter of national security, and we analyze the opportunities this approach can provide for a more holistic societal response to the challenge.

**Keywords:** national security, air pollution, constructing threats, constructivism, securitization.

### **„КОЈ Е КРИВ ШТО ГРАДОТ НИ Е СИВ?“**

Граѓанското општество во изминатите неколку години покажа сериозно незадоволство во однос на начинот на кој властите се справуваат со проблемот на аерозагадувањето, користејќи меѓу другото уличен активизам и институционално застапување како методи за артикулација на незадоволството. Граѓанското општество во континуитет се обидува да го предизвика доминантниот наратив на политичките елити, кои тврдат дека проблемот не се решава преку ноќ, со што се обидуваат да се амнестираат од одговорност или пак сугерираат дека ова не е приоритетно прашање за решавање.

Еден од факторите кои веројатно придонесоа до поголема мобилизација на граѓанското незадоволство е зголемениот фонд на публикувани податоци од домашни или зголемен пристап на информации од меѓународни извори, кои овозможуваат понасочена и поинформирана јавна дебата, по која следеа повици за одговорност (со ова не се исклучуваат другите фактори кои придонесуваат кон поширока општествена мобилизација). Неспорно, постои потреба да се унапреди релијабилноста, валидноста и споредливоста на податоците, но може да се очекува таков напредок во процесот на пристапување кон Европската Унија, особено во делот усогласување на стандарди во статистиката [1] (Европска комисија, 2018).

Светската здравствена организација, во 2017 година забележува дека 6 од 10 најзагадени градови во Европа (со исклучок на Турција) се на Балканот – со Тетово на врвот на таа листа. Европската агенција за животна средина, врз основа на

податоци од 2013 година, проценува дека само PM<sub>2.5</sub> честичките годишно одземаат 18210 човечки животи во Босна и Херцеговина, Црна Гора, Србија и Македонија. Според Светска банка, годишно во Македонија 1 350 лица го губат својот живот како резултат загадувањето од ситни честички. Трошоците за економијата врзани со аерозагадување, ја чинат Македонија 253 милиони евра годишно, или 3,2 % од БДП [2]. The Health and Environment Alliance проценува дека годишниот трошок за здравство, како резултат на индустриски капацитети за производство на јаглен во пет западно балкански држави е околу 8,5 милијарди евра годишно [3]. Индустриски капацитети за производство на јаглен од Западен Балкан се наоѓаат на врвот на европската листа на загадувачи кои емитуваат ситни честички и сулфур диоксид. Скорешна студија на Health and Environment Alliance лоцира 16 капацитети за лигнит од времето на поранешна Југославија, кои емитуваат исто ниво на загадување колку сите останати 296 капацитети за производство на енергија во Европската Унија [4].

Посебно загрижувачки се нивоата на аерозагадување во градовите Скопје, Тетово и Битола. Годишниот извештај за квалитетот на животната средина од 2018 година, препознава дека ситните честички се најкритичниот извор на загадувањето, имајќи во предвид дека 62% од домаќинствата употребуваат дрво и други материјали за греење. Други извори кои значително придонесуваат се индустриското производство и дистрибуција на електрична енергија. Државата тврди дека другите загадувачки супстанции и емисии се под максималните референтни вредности [5].

Начинот на кој државата се справува со проблемот на аерозагадување бара натамошно разгледување. Корисен преглед на напредокот во јавните политики во оваа сфера се наоѓа во европските годишни извештаи за Македонија. Во однос на Поглавје 27: Животна средина и климатски промени, Македонија, според проценката се наоѓа на одредено ниво на подготвеност. Па така ‘одредено ниво е постигнато во усогласување на политиките и законодавството со *acquis*, во делот на води, заштита на природата и отпад. Меѓутоа, значителни напори се потребни за имплементација на политиките и спроведување на законите’. Поконкретно, Европската комисија забележува дека додека транспозицијата на законодавството е речиси завршена, имплементација значително заостанува. Напредок е забележан во креирањето и достапноста на податоци врзани со квалитетот на воздухот, што се

должи на веб порталот за квалитет на воздухот. Меѓутоа, меѓуинституционалната соработка и координација, особено меѓу различни нивоа на извршната власт е недоволна. Планови кои ги земаат во предвид различните контексти и локации со цел соодветно да одговорат на надминувањето на граничните вредности, не се развиени и усвоени. Дополнително Државниот завод за ревизија во последниот извештај од 2019 година сугерира дека институциите немаат капацитет за справување со воздухот, потенцирајќи дека „оценката на квалитетот на воздухот е нецелосна поради некомплетност на податоците од емисиите на стационарните извори на загадување, но и дека не се земаат предвид податоците за количините на емисии на загадувачки супстанции од непроизводните извори“ [6].

За успешно решавање проблемот на аерозагадување потребен е пристап кој ќе легитимизира користење на порадикални мерки за справување со истиот. Додека спроведување на вообичаените политики, не успева да даде конкретни и мерливи резултати, авторите на овој труд веруваат дека пристапот со кој прашањето ќе се издигне над нормалната, дневна политика, квалификувајќи го како итна, неизбежна закана, ќе придонесе за поширока мобилизација на политичка волја и ресурси. Конкретниот пристап може да најде теоретска основа во идејата за ‘секјуритизација’ и концептот на креирање на ‘национални безбедносни закани’.

Третирање на аерозагадувањето како безбедносна закана, ја зголемува веројатноста дека може да се даде колективен одговор, кој вклучува учество на повеќе општествени актери, од граѓанско општество, извршната власт, парламентот, судството, до војската. Добар илустративен пример е третманот на климатските промени како национална безбедносна закана во времето на администрацијата на Обама [7].

## **КАКО КОНСТРУИРАМЕ ПРАШАЊА ОД НАЦИОНАЛНА БЕЗБЕДНОСТ?**

Користејќи ги теориите на секјуритизација и конструктивизам во меѓународните односи, авторите на овој труд веруваат дека прашањата од национална безбедност се: конструирани, флуидни, зависат од контекстот и може да се менуваат со тек на времето. Оттаму, нашиот предлог е да го третираме проблемот со аерозагадувањето во Македонија како прашање од национална безбедност. Оваа закана се покажува дека е штетна кон здравјето на граѓаните, има економски импликации, и дополнително создава товар врз здравствениот систем во

државата. За да понудиме академска поддршка на нашето тврдење дека заерозагадувањето може да се третира како прашање од национална безбедност потребно е да ги истражиме безбедносните студии.

Начинот на којшто се дефинираат законите од национална безбедност во безбедносните студии е до некаде последица од големите дебати во теориите на меѓународни односи и пристапите и наративите кои се присутни во таа дисциплина [8]. Следствено, која било анализа за третирање на аерозагадувањето како прашање од национална безбедност мора да ги вклучи теориите кои ја врамиле дебатата во меѓународните односи и последователно во безбедносните студии. Бузан и Хансен [9] предлагаат четири клучни прашања кои вграмуваат дел од дебатата во меѓународните безбедносни студии: i) кој е референтниот објект на анализата во безбедносните студии, ii) дали треба да вклучиме надворешни и внатрешни закани кога зборуваме за национална безбедност, iii) дали треба да ја дефинираме безбедноста на начин што нуди повеќе од анализа на воените капацитети и употребата на сила, iv) дали концептот на безбедност е неразделен од закани, опасности и итност. Начинот на кој ќе ги одговориме овие прашања е тесно поврзан со нашите преференци во парадигмите понудени во теориите на меѓународни односи. Историски гледано, една од најзначајните теории во меѓународните односи е реализмот, и тоа во неговата структурна и класична варијанта. За реалистите „безбедност“ значи заштита на територијалниот интегритет и суверенитет на државата. Реалистите исто така веруваат дека централната закана за безбедноста на државите се воените капацитети на други актери во меѓународните односи [10]. Очигледно е дека референтниот објект на анализа за реалистите е државата, следејќи ја Хобсовата линија на размислување: доколку е државата безбедна тогаш и граѓаните се безбедни.

Во парадигмата на реалистите „опасноста“ доаѓа однадвор, законите се најчесто надворешни, па така одбраната на суверенитетот на државата од надворешната закана е примарната цел на националната безбедност. Некои автори дури тврдат дека државата на тој начин успева да го изгради сопствениот легитимитет и идентитет, како единствениот политички чинител кој може да се справи и да ги заштити граѓаните од овие „надворешни закани“. За возврат на понудената безбедност, се очекува лојалност од граѓаните кон државата (Campbell). Реалистите веруваат дека одговорот за најголемите закани кон секоја држава можат

да се најдат преку зајакнување на воените капацитети, преку што ќе се зголеми и моќта на државата [11]. Доколку продолжиме со анализата на теориите од сферата на меѓународни односи, брзо ќе дојдеме до заклучокот дека не постои консензус за дефинирање на концептот „безбедност“, и околу истиот постојат несогласувања и се водат големи дебати. Различни теории меѓусебно си ги оспоруваат дефинициите, опсегот и темелноста на нивните теоретски системи. Чести се предлозите да се прошири теоретскиот опфат на реалистите и покрај фокусот на традиционални безбедносни прашања (воени закани), да вклучи и прашања поврзани со: човекови права, економија, животна средина, епидемии, криминал, социјална правда [12]. Предлозите за проширување на теоретскиот опфат на реалистите кога го анализираат концептот на безбедност, со што би се вклучиле и не-воени закани во својата анализа, и воедно би се фокусираа и на други референтни објекти покрај државата, се предводени од Копенхагенската школа и книгата на Barry Vuzan 'People, States and Fear'. Во неа, тој тврди дека е потребен холистички пристап во третирање на националната безбедност со што би се вклучиле и индивидуалната, националната и меѓународната безбедност.

Друг повик за проширување и унапредување на концептот на безбедност доаѓа од авторот Ken Booth [13], кој посочува дека проблемот со традиционалниот/реалистичкиот поглед на безбедноста е дека во денешниот свет конвенционалните меѓудржавни конфликти се поретки, и закани денес не доаѓаат од воените капацитети на други држави. Заканите денеска според Booth се во форма на: опресивни политички режими, нарушувања на човекови права, економски кризи, етнички проблеми, деградација на животната средина, тероризам, болести, криминал итн. Парадоксално, токму државата која е во центарот на анализата на традиционалните разбирања за безбедност, и е потенцирана како овозможувач на безбедност, за милиони луѓе низ светот е примарниот извор на закани, конфликт страв и нестабилност.

Алтернативно видување на концептот на национална безбедност е понуден од концептот на „хумана безбедност/ концептот за човекова безбедност“. Овој концепт нуди различна анализа која го заменува државо-центричниот модел на реалистите ,со фокус на индивидуата и заедниците како референтни објекти. Опсегот на овој концепт вклучува прашања како: услови за домување, здравје, загадување, сиромаштија, криминал, политичка нееднаквост, и истите ги третира

како егзистенцијални прашања [14]. Слично, Ken Booth [13] го нуди аргументот дека „еманципацијата“ гарантира безбедност. Имено, тој тврди дека доколку ја разбереме еманципацијата како „ослободување на луѓе (индивидуи и групи) од физичките и психичките ограничувања кои ги попречуваат во слободата да ги прават работите што одбрале да ги прават“ тогаш имаме причини покрај законата од војна и воен конфликт да ги класифицираме и невоените закани (политичка опресија, сиромаштија и слично) како закани за националната безбедност.

Централниот аргумент на овој труд е инспириран од теоријата на конструктивизам и секјуритизација на прашања од национална безбедност. Како и повеќето конструктивисти и ние веруваме дека концептите „безбедност и небезбедност“ се социјално конструирани и создадени од нашите споделени вредности, норми, историја и идентитет. Користејќи го конструктивизмот како основа на која ја изградивме нашата аргументација, и комбинирајќи го со пристапот на секјуритизација, ние веруваме дека нема објективна (предодредена) вистина за тоа што претставува „безбедност“, туку овој пристап се фокусира на тоа како прашањата од национална безбедност се создадени (конструирани) [15]. За да го објасниме пристапот на секјуритизација, ја користиме Копенхагеншката школа, која ја дефинира секјуритизацијата како „успешен реторички чин преку кој се конструира интерсубјективно разбирање во една политичка заедница во однос на тоа што претставува егзистенцијална закана кон одреден референтен објект, со што се овозможува повик за ургентни и невообичаени мерки за да се справиме со заканата“ [16]. Вреди да се спомене и дополнувањето на пристапот на секјуритизација презентирани од Floyd [17] кој вели дека еден процес на секјуритизација е целосен само тогаш кога реторичкиот чин е проследен со промена на однесувањето на релевантните актери во процесот. Така, кога едно прашање проаѓа преку процесот на секјуритизација, неговата ургентност и приоритет се воспоставуваат. Со тоа, прашањето фигуративно се пренесува од доменот на секојдневната (вообичаена) политика, и истото се префрла во политиките на итност, каде невообичаени мерки и алатки стануваат достапни за да се реши проблемот, а користењето на истите е оправдано поради начинот на кој го третираме прашањето [18].

Да сумираме, процесот на секјуритизација како реторички чин треба да исполни три критериуми: политички чинител треба да тврди дека одреден

референтен објект е под егзистенцијална закана, треба да се бара преземање на невообичаени контра мерки со цел справување со заканата, и да се убеди публиката дека потенцијалното кршење на норми со цел да се спречи заканата е оправдано. Ние веруваме дека безбедносните закани не се зададени, или пак дека има листа на интринзични квалитети кои ги дефинираат, туку дека ние ги конструираме и ги презентираме како такви. Врз основа на горенаведеното, нашиот предлог е аерозагадувањето да се означи од политичките чинители како прашање на национална безбедност и да помине низ процесот на секјуритизација.

### **ПРОМЕНА НА СТРАТЕГИЈАТА!**

Buzan [19] објаснува дека „секјуритизација се случува кога одредена појава е успешно конструирана како безбедносна закана во однос на референтен објект кој има вредност и таа конструкција е искористена за поддршка на невообичаени мерки како одговор“. Тој исто така нагласува дека обидите за секјуритизација може да бидат успешни, делумно или целосно неуспешни. Во неговиот осврт на „секјуритизирани“ закани во периодот по Студната војна, Buzan објаснува дека „војната против тероризмот“ е успешен пример на макро-секјуритизација, препознавајќи дека дел од политиките на САД кои произлегле од таа секјуритизација се проблематични и предизвикани во некои делови од светот (добар пример би била интервенцијата во Ирак во 2003). Доколку се сложиме се позицијата на Wilde [18] дека „безбедносната анализа започнува со проценка на ризици, а дали еден ризик ќе биде секјуритизиран зависи од перцепцијата“, може понатаму да аргументираме дека аерозагадувањето и ризиците кое ги носи за луѓето, се на исто рамниште или дури поголеми од конвенционалните закани. Да илустрираме, во 2016 Светската здравствена организација утврдува дека аерозагадувањето предизвикало предвремена смрт кај 4,2 милиони лица, додека 91% од светската популација живее во средина која не ги исполнува минималните стандарди на квалитет на воздух. За споредба, во 2016 тероризмот е причина за 25651 смртни случаи во глобални рамки, според американскиот Стејт Депармент. Претходно веќе споделивме конкретни податоци за Македонија, што ни дава основа да градиме аргументација дека прашањето на аерозагадување треба да подложи на секјуритизација, наместо да продолжи да се третира како прашање од доменот на секојдневната политика.

## *Загадување на Граѓаните во Република Македонија: кои се решенијата?*

Кога едно прашање се третира како безбедносна закана, поголема е веројатноста дека општеството ќе биде подготвено да направи одредени компромиси. Во случајот со тероризам, различни заедници низ светот се подготвени да ги ограничат своите слободи (на пример правото на приватност), во замена за поголема моќ на државата во спроведување надзор, што е претставено како предуслов за поголема безбедност. Во случајот на заштита на животната средина, компромисот може да биде различен, на пример од една страна поголем економски трошок, жртвување на сопствената комуникација, недоволно ресурси посветени на други области итн., наспроти унапредување на квалитетот на воздухот, од друга страна.

Доколку аерозагадувањето се секјуритизира, односно третира како безбедносна закана, пример за активност која би можела да се смета за легитимна, независно од економскиот трошок, се раскинувањата или значителното менување на договорните услови со приватни лица, за проекти кои знаеме дека се штетни за животната средина. Ваквата постапка неминовно би повлекла исплаќање надомест на штетата или нови трошоци (на пример, доколку на гасоводот кој е предвиден да поминува низ Водно, му се смени рутата, државните институции предвидуваат дека ќе биде потребно да се исплатат минимум дополнителни 20 милиони евра). Друга мерка со сличен ефект би биле експропријација на приватно земјиште.

Мерка пак која не бара компромис, но може да се смета како легитимна во една ваква новонастаната ситуација, е вклучувањето на министерот за заштита на животната средина и просторно планирање во највисокиот институционален безбедносен механизам како што е Советот за национална безбедност (предлог кој доаѓа од граѓанското општество во Индија). Без разлика дали ќе се вклучи или не министерот во Советот, заканата од аерозагадувањето треба да се стави на агендата на Советот за национална безбедност.

Како и други современи безбедносни закани, чии причини за појава се надвор од националните граници и чии ефекти е тешко да се ограничат територијално, регионалната соработка е едноставно неопходна. Дobar пример се Индија и Пакистан, кои традиционално се перципирани како ривали, но сега наоѓаат заеднички непријател во смртоносниот проблем на аерозагадување. Иако од 1990 наваму, 100% од популацијата која живее во балканските држави е изложена на PM<sub>2.5</sub> честички кои ги надминуваат референтните вредности на



Светската здравствена организација [2], регионалниот пристап на Балканот сè уште недостасува.

Конечно, секјуритизација на аерозагадувањето може да мотивира различни општествени чинители да иницираат судски постапки, како друг начин на овозможување поголема заштита. Имајќи го во предвид третманот на заштитата на животната средина од страна на Европската Унија, не треба да не изненади фактот што Европската комисија во април 2018 иницираше постапки пред највисокиот европски суд против шест членки кои не ги исполнуваат европските стандарди на квалитет на воздух [20]. Во септември 2018 година, Европскиот суд на ревизори забележува дека „повеќето од членките не ги почитуваат европските стандарди за квалитет на воздух и не преземаат ефективни мерки за подобрување на квалитетот на воздухот“, барајќи да се приоритизира ова прашање во рамки на унијата.

## **ЗАКЛУЧОК**

Доколку процесот на секјуритизација е успешен, и проблемот со загадувањето се третира како прашање од национална безбедност, ќе бидеме во позиција да му пристапиме на прашањето од позиција во која сите ќе бидат победници (win-win). Ваквиот пристап ќе ни помогне да креираме платформа која ќе го овозможи и турне процесот на наоѓање на решенија со едно ниво на ургентност. Климатските промени, на сличен начин беа презентирани како безбедносна закана додавајќи ја потребната ургентност за да има поголем прогрес во меѓувладините преговори [15]. Самата етикета „национална безбедност“ закачена до проблемот на аерозагадувањето ќе ја има моќта да ја промени динамиката во општествената и политичка мобилизација [18]. Политичките чинители во Македонија ќе ја имаат политичката можност да искористат алатки и политики кои не би им биле достапни доколку прашањето се третира како секојдневен проблем. Дополнително, политичките чинители ќе имаат мобилизирано граѓанство и политичка заедница на која и оди во сопствен интерес да спроведува политики кои ќе го решат овој проблем.

## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] European Commission. *The former Yugoslav Republic of Macedonia 2018 Report*. [online] Available at: <https://ec.europa.eu/neighbourhood-enlargement/sites/near/files/20180417-the-former-yugoslav-republic-of-macedonia-report.pdf> [Accessed 5 Nov. 2018].
- [2] World Bank: FYR of Macedonia Air Pollution, [online] Available at: [http://web.worldbank.org/archive/website01354/WEB/0\\_CO-43.HTM](http://web.worldbank.org/archive/website01354/WEB/0_CO-43.HTM).
- [3] Health and Environment Alliance. *Health and Environment Alliance | €8.5 billion in health costs from Balkan coal plants prompt call for EU policy rethink, 2016*. [online] Available at: <https://www.env-health.org/e8-5-billion-in-health-costs-from-balkan-coal-plants-prompt-call-for-eu-policy-rethink/>. [Accessed 5 Nov. 2018].
- [4] Health and Environment Alliance. *Health and Environment Alliance | Reducing air pollution from coal power plants in the Western Balkans would save thousands of lives annually, 2017*. [online] Available at: <https://www.env-health.org/reducing-air-pollution-from-coal-power-plants-in-the-western-balkans-would-save-thousands-of-lives-annually/> [Accessed 5 Nov. 2018].
- [5] Министерство за животна средина и просторно планирање, 2018.
- [6] Радио Слободна Европа, 2019.
- [7] The Associated Press, *Obama calls climate change an 'indisputable' security threat, 2018*. [online] WJLA. Available at: <https://wjla.com/news/political/obama-frames-global-warming-as-national-security-threat-114103>. [Accessed 5 Nov. 2018].
- [8] P. Katzenstein, *The culture of national security*. New York: Columbia University Press, 1996.
- [9] B. Buzan, L. Hansen, *The evolution of international security studies*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- [10] T. Terriff, S. Croft, L. James, P. Morgan, *Security studies today*. Polity Press.
- [11] Tickner, A. (1995). Re-Visioning Security. In: K. Booth and S. Smith, ed., *International Relations Theory Today*. Polity Press, 2000, pp.175-197.
- [12] D. Baldwin, The concept of security, *Review of International Studies*, 23(1), 1997, pp.5-26.
- [13] K. Booth, Security and emancipation, *Review of International Studies*, 17(04), 1991, p.313.
- [14] M. Krupanski, Livelihoods, human development and human security: Exploring conceptual differences, similarities and complementarities. In: A. Schnabel and Y. Pedrazzini, ed., *Operationalizing human security concept, analysis, application, 2014*. [online] pp.27-41. Available at: <https://www.files.ethz.ch/isn/185741/Schnabel-Pedrazzini-Human-Security-Book-EPFL-LaSUR-Cahier20-2014.pdf> [Accessed 5 Nov. 2018].
- [15] A. Hammerstadt, The Securitization of Forced Migration. In: E. Fiddian-Qasmiyeh, G. Loescher, K. Long and N. Sigona, ed., *The Oxford Handbook of Refugee and Forced Migration Studies*. Oxford University Press, 2014.
- [16] B. Buzan, O. Wæver, *Regions and powers; the structure of international security*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [17] R. Floyd, *Can securitization theory be used in normative analysis? Towards a just securitization theory, 2011*. [online] Journals.sagepub.com. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0967010611418712?journalCode=sdib> [Accessed 5 Nov. 2018].

- [18] B. Buzan, O. Wæver, J. Wilde, *Security: A New Framework for Analysis*. London: Lynn Rienner Publishers, **1998**.
- [19] B. Buzan, *The Changing Agenda of Military Security*. In: H. Günter, **2008**.
- [20] K. Oroschakoff, *Commission refers 6 countries to EU court over foul air*, **2018**. [online] POLITICO. Available at: <https://www.politico.eu/article/commission-refers-six-countries-to-ej-over-foul-air/> [Accessed 5 Nov. 2018].
- [21] B. Buzan, *People, States, and Fear: The National Security Problem in International Relations*. Wheatsheaf Books LTD, **1983**.
- [22] J. Butcher, D. Halili, A. English, Q. Ondozi, F. Salihu, S. Sovrlic, F. Salihu, M. Zajovic, *Kosovo's energy 'crisis' explained - Kosovo 2.0*, **2018**. [online] Kosovo 2.0. Available at: <http://kosovotwopointzero.com/en/kosovos-energy-crisis-explained/> [Accessed 5 Nov. 2018].
- [23] Ú. Brauch, C. Oswald Spring, J. Mesjasz, P. Grin, N. Dunay, B. Chadha Behera,
- [24] B. Buzan, *The Changing Agenda of Military Security*. In: H. Günter Brauch, Ú. Oswald Spring, C. Mesjasz, J. Grin, P. Dunay, N. Chadha Behera, B. Chourou, P. Kameri Mbote and P. Liotta, ed., *Globalization and Environmental Challenges*. Springer, **2008**, pp.553-560.
- [25] National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism A Department of Homeland Security Science and Technology Center of Excellence Based at the University of Maryland, **2017**. *Annex of Statistical Information Country Reports on Terrorism 2016*. [online] Available at: <https://www.state.gov/documents/organization/272485.pdf> [Accessed 5 Nov. 2018].
- [26] V. Kalinski, *Институциите немаат капацитет за справување со загадувањето*, **2019**. [online] Радио Слободна Европа. Available at: <https://www.slobodnaevropa.mk/a/29730584.html> [Accessed 11 Feb. 2019].
- [27] Bloomberg.com. *Deadly Air Pollution Becomes a Common Enemy for Rivals India and Pakistan*, **2018**. [online] Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-11-13/deadly-air-pollution-confronts-nuclear-armed-south-asian-rivals> [Accessed 5 Nov. 2018].
- [28] I. Ciuta, *Western Balkans holds breath for better air quality*, **2018**. [online] euractiv.com. Available at: <https://www.euractiv.com/section/air-pollution/opinion/western-balkans-holds-breathe-for-better-air-quality/>. [Accessed 5 Nov. 2018].
- [29] European Court of Auditors, *Air pollution: EU citizens' health still not sufficiently protected, warn Auditors*, **2018**. [online] Available at: [https://eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/INSR18\\_23/INSR\\_AIR\\_QUALITY\\_EN.pdf](https://eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/INSR18_23/INSR_AIR_QUALITY_EN.pdf) [Accessed 5 Nov. 2018].
- [30] I. Gilani, *Pollution: A threat to national security?*, **2018**. [online] DNA. Available at: <https://www.dnaindia.com/india/report-pollution-a-threat-to-national-security-2559086> [Accessed 5 Nov. 2018].
- [31] S. Maniam, *Americans feel the tensions between privacy and security concerns*, **2018**. [online] Pew Research Center. Available at: <http://www.pewresearch.org/fact-tank/2016/02/19/americans-feel-the-tensions-between-privacy-and-security-concerns/>. [Accessed 5 Nov. 2018].
- [32] N. Mead, *Pant by numbers: the cities with the most dangerous air – listed*, **2018**. [online] the Guardian, Available at: <https://www.theguardian.com/cities/datablog/2017/feb/13/most-polluted-cities-world-listed-region> [Accessed 5 Nov. 2018].

- [33] Meta.mk, „Го сакам Водно“ и власта не се договорија околу гасоводот, **2018**. *Meta.mk*. [online] Available at: <http://meta.mk/go-sakam-vodno-i-vlasta-ne-se-dogovorija-okolu-gasovodot/> [Accessed 5 Nov. 2018].
- [34] World Bank, *Kosovo Country Environmental analysis*, **2018**. [online] Available at: <http://documents.worldbank.org/curated/en/282361468047686579/pdf/750290ESW0P1310LIC00Kosovo0CEA0Rprt.pdf> [Accessed 5 Nov. 2018].
- [35] World Health Organization. (). *Ambient (outdoor) air quality and health*, **2018**. [online] Available at: [http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) [Accessed 5 Nov. 2018].
- [36] World Bank, *PM<sub>2.5</sub> air pollution, population exposed to levels exceeding WHO guideline value (% of total)*, **2018**./ *Data*. [online] Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.PM25.MC.ZS?view=chart> [Accessed 5 Nov. 2018].
- [37] O. Wæver, *Securitization and Desecuritization*. In: R. D. Lipschutz, ed., *On Security*. Columbia University Press, **2018**.

*Затадување на трговините во Република Македонија: кои се решенијата?*

**СИТУАЦИОНО ВЕШТАЧЕЊЕ НА ПОВРШИНСКИ ВОДИ ЗА  
ДОКАЖУВАЊЕ НА ЕКОЛОШКИ КРИМИНАЛ ВО РЕПУБЛИКА  
МАКЕДОНИЈА**

**Марина Малиш Саздовска<sup>1</sup>, Љатиф Љатифи<sup>2</sup>, Тони Милески<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Факултет за Безбедност- Скопје, Универзитет „Св. Климент Охридски“ – Битола,  
Република Македонија

<sup>2</sup>Државен Инспекторат за животна средина - Скопје, Република Македонија

<sup>3</sup>Филозофски Факултет – Скопје, Институција за безбедност, одбрана и мир,  
Република Македонија

**Апстракт**

Република Македонија има просечно водно богатство, а од витално значење е просторната и временската распределба, која е во тесна врска со годишната и просторната распределба на врнежите. Затоа површинските води претставуваат огромен потенцијал за Република Македонија, како последица на недостатокот на вода постојат и повеќе вештачки водни акумулации кои се изградени на површинските водотеци со цел задоволување на разновидни потреби (наводнување, енергетика, водоснабдување и др.).

За утврдување и оценка на некој релевантен факт, а во конкретниот случај за толкување на одредени податоци во врска со загадувањето на водите, потребна е примена на посебни стручни вештини и знаења уште во фазата пред формалното започнување на кривичната постапка, на местото на настанот, се вршат таканаречените ситуациони вештачења. Ситуационото вештачење треба да се врши уште при увидот во неговата динамична фаза, бидејќи со него во добра мера може да се отстрани информациониот дефицит кој настанува со примената само на традиционалните доказни дејствија, и како крајна цел на ситуационото вештачење е обезбедување на доволен број на материјални докази и осуда на криминалот кај површинските води, но секако директно придонесува кон еколошка и водена безбедност во РМ.

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Авторите на трудот направиле ситуационо вештачење на отпаден органски ефлуент во природен екосистем. За таа цел, беа селектирани три пробни точки со различна докажана трофија, односно квалитет на вода во Охридско Езеро, како најзначајно и најголемо езеро заштитено со закон во нашата Земја. Исто така, авторите даваат конкретни предлози за превенција од понатамошно загадување на Охридското Езеро.

**Клучни зборови:** површинска вода, ситуационо вештачење, материјални докази, еколошка безбедност, Охридско Езеро

### **Abstract**

The authors of the paper lay special emphasis on the importance of water ecosystems, especially on surface waters and their pollution, i.e. the anthropogenic pressure over surface waters, especially in the Republic of Macedonia and Ohrid lake, which by the way is protected by law. The paper accurately presents data on the water wealth of the Republic of Macedonia, defines "water stress" and the method of pollution on surface waters in the Republic of Macedonia.

Through this paper, the authors also provide an institutional environmental framework for protection and ecological security in the Republic of Macedonia, where the right for environmental protection starts from the Constitution of the Republic of Macedonia in Article 43.

The paper "Situational Expertise on Environmental Waters for Proving Environmental Crimes in the Republic of Macedonia" explains the procedural form of the expertise, the role and expertise of the experts, and of course the method of sampling and cautious behavior towards the expertise material where the evidence of the possible criminal offense is found.

The authors through this paper give meaning to the necessity of the situational expertise as a reason for the rapid change of situation at the scene, also provide information on the location, also provide information on the location, depth and number of samples, the conditions to be met for proper sampling, and from what depends the sampling methods. Through image representations, the authors describe how to map the sampling points and the method of sampling.

The results of the situational expertise and, of course, the detailed laboratory analyzes are presented in a tabular manner, and according to the analyzed water samples

are classified in accordance to their quality on tabular manner in accordance with the Water Classification Regulation, in fact the paper reflects the real state of Lake Ohrid related to pollution and anthropogenic pressure.

In conclusion, the authors provide indications of the existence of certain crimes and, most importantly, provide recommendations, i.e. solutions for the rehabilitation of surface waters which are under constant anthropogenic pressure.

## **ВОВЕД**

Една од важните компоненти на животната средина се водата и водните тела, каде се наоѓаат низа меѓусебно поврзани екосистеми и ја прават водата и површинските води примордијален и актуелен медиум за сите организми, но исто така и за човекот. Водата и водните тела претставуваат основа на физиолошките и биохемиските процеси на сите организми, па така и на човекот. Покрај нејзината важност, водата и водните тела исто така се под директен импакт на антропогеното дејствување и притисок. Имајќи предвид дека само 1% од сета слатка вода на светот е достапна за користење, повеќе од половина веќе е загадена под антропогениот притисок.

Површинските води (реки и езера) имаат мошне големо значење во современиот свет и за населението, бидејќи се користат не само како вода за пиење, туку и за техничка вода за индустријата, рударството, земјоделието, енергетиката и др. Значењето на површинските води може да се согледа од повеќе аспекти и тоа: биолошки, хемиски, хигиенски, здравствен, производствен и транспортен аспект.

Водното богатство на Република Македонија е составено од 53 природни езера и вештачки водни акумулации и голем број на реки. Количината протечни води, во кој учество земаат и реките и дел од езерата, по глава на жител изнесува 4086 m<sup>3</sup> и може да заклучиме дека е доста мала. Недостатокот на вода се дефинира и се вика „воден стрес“ и можеме да заклучиме иако ја има во мали количини површинската вода во Република Македонија константно се загадува и тоа:

- директно – со испуштање на отпадните води и штетни материи во водотекот;
- индиректно – преку отпадните води на индустријата и земјоделието (пестицидите).



За Република Македонија, во врска со водното богатство, од големо значење се природните и вештачките водени акумулации. Од природните водни акумулации најзначајни се трите поголеми езера (тектонски езера): Охридското, Преспанското и Дојранското, како и помалите глацијални езера како што се езерата на Пелистер, Јакупица, Јабланица и др.

Вкупното количина на вода во Охридското Езеро при нормално ниво на езерската вода изнесува  $50.638 \text{ km}^3$ , второ по големина езеро во РМ е Преспанското Езеро, со акумулирана вода од  $4.775 \text{ km}^3$ , а Дојранското Езеро е најмало, во кое последните години нивото на водата е значајно намалено така што некогашната најголема длабочина од 10 m сега е 5 m, а можеби и помалку.

Република Македонија правото на здрава животна средина, еколошка заштита, па и еколошка безбедност го има промовирано со член 43 од *Уставот на Република Македонија*, каде секој човек има право на здрава животна средина, секој е должен да ја унапредува и штити животната средина, а обврска на Република Македонија е да обезбеди услови за остварувања на правото на граѓаните на здрава животна средина. Како што веќе споменавме, системот на заштита и унапредување на животната средина во функционално-органската смисла е спроводен од страна на *Министерството за животна средина и проспорно планирање*. *Владаа на Република Македонија* ги врши работите кои се однесуваат на заштитата на водите, воздухот, флората, фауната, заштита на озонската обвивка од загадување, заштита од бучава, радијација, заштитата на биодиверзитетот, националните паркови, ремедијација на загадените делови на животната средина, предлог-мерки за третман на цврстиот отпад итн. Министерството за животна средина има изработено: Стратегија за мониторинг на животна средина, Стратегија за управување со податоци за животната средина, Стратегија за подигнување на јавната свест за животната средина.

## **МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ**

### **Ситуационо вештачење**

Вештачењето претставува процесна форма низ која најнепосредно се остварува идејата за научен доказ и има големо значење во постапката за откривање кривични дела на загадување на животната средина. Со вештачењето се врши, всушност, дешифрирање на суровите факти и нивно претворање во релевантна и

разбирлива содржина. Бидејќи со него се дава одговор на прашањето за причините, за обемот и за степенот на загадувањето, за составот на материјата – загадувач и сл., вештачењето ги обезбедува неопходните претпоставки за започнување и за водење на кривичната постапка [1].

Вештаците се стручни лица кои можат да направат извесни запазувања, благодарейќи на своето знаење, вештини и искуства и врз нивна основа, да изведуваат заклучоци. Вештакот треба да подготвува правилен материјал, кој го анализира и за што изведува заклучоци кои понатаму се користат во постапката: тој повеќе пати ќе учествува во веќе подготвениот експертисен материјал. Тоа ќе биде случај кога за пронаоѓање, избирање и пакување на експертисниот материјал се бара посебно стручно знаење [2].

Вештакот мора да биде вешт во применувањето на принципите и техниките на физичките и природните науки во анализата на многубројните типови на докази што може да се добијат за време на криминалистичката истрага. Меѓутоа, експертот мора да биде свесен и за потребите и ограничувањата што ги наметнува судскиот систем. Процедурите и техниките што се користат во лабораторија не само што мора да се засноваат на цврста научна подлога, туку и да ги задоволуваат критериумите на прифатливост што се утврдени од страна на судовите [3].

Материјалот за вештачење мора да се достави навремено, со почитување на начелата на итност. Во спротивно, вештачењето не ќе биде можно бидејќи материјалот може да се промени или уништи. Од најголема важност е материјалот да се доставува на вештачење во непроменета форма. Ова е особено важно за ситуационото вештачење на површинските води, бидејќи при земање на примерокот или мострирањето тие треба во најкус можен временски рок да се однесат за понатамошно вештачење во лаборатории, со напомена дека при транспортот треба да се обезбедат и конзервираат правилно, но и да се внимава и правилно да се зема примерокот, за да не се добијат погрешни резултати, со што нема да може да се докаже кривично дело во врска со површинските води.

Кога за утврдување и оценка на некој релевантен факт, а во конкретниот случај за толкување на одредени информации во врска со загадувањето на водите, е потребна примена на посебни стручни вештини и знаења уште во фазата пред формалното започнување на постапката, на местото на настанот, се вршат таканаречените ситуациони вештачења. Како што погоре веќе спомнавме, треба да

се има предвид брзата промена на состојбите на самото место, која е условена од многу фактори. Поради тоа, постои опасност да дојде до губење на постојните траги и предмети на делото со што се отежнува обезбедувањето доволен и квалитетен број на податоци и на материјални докази со кои би се разјаснило и би се докажало кривичното дело. За да се избегне ова, неопходно е потребно вршење и на ситуационо вештачење што би довело до намалување на вообичаениот информациски дефицит [1].

### **Методи, техники и местоположба на земање мостра за анализа на површинските води**

Кога се анализира површинската вода многу е значајно да се земаат предвид *местооположбата, длабочината и бројот на примероциите*. Ако сакаме да го дознаеме влијанието што го извршува загадувачот, примероците треба да се земаат на различни далечини од „изворот на загадувањето“. Во езера и различни резервоари каде времето на отстојување на водите е многу поголемо од она кај истечните системи, треба да земе предвид длабочината и бројот на мострите, за да се има целосна слика за влијанието на загадувачот.

Земањето примерок на вода е интегрален дел од хемиската анализа и тој треба да се изврши навремено и многу прецизно. Веродостојноста на еден аналитички резултат зависи од точноста на аналитичкото определување, но и од начинот на кој се зема мострата. Затоа слободно може да се каже дека од една погрешна мостра не можат да се земат веродостојни одговори.

Методите на земање примерок на вода за анализа зависат од:

- целта која се сака да се постигне;
- хемиската природа на супстанциите кои се анализираат;
- природата на водниот објект (вода за пиење од зафати на површински води, речни води, езерски води, подземни води или пак отпадни или урбани води).

Мострирањето на вода треба да ги исполни следните услови:

- да е составен дел на водниот објект или систем кој се анализира;
- да не се загадува при ракување;
- да не се компромитираат или загадуваат реагенсите при ракување;

- да не употребуваат некалибрирани инструменти при моистрирање на лице место;
- да не претрпи промена мострата при конзервирање и транспорт.

## **РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИИ**

Целта на овој труд беше вештачење за претпоставена хаварија на отпаден органски ефлуент во природен екосистем. За таа цел, беа селектирани три пробни точки со различна докажана трофија, односно квалитет на вода.

Мапата подолу ја прикажува географската лоцираност на трите локалитети кои беа предмет на ситуционото вештачење. Најсеверниот е локалитетот „Грашница“ (S<sub>1</sub>G), на градскиот кеј е лоциран вториот локалитет (S<sub>2</sub>D), додека третиот локалитет е лоциран на источната страна на бреговата линија на езерото (S<sub>3</sub>P).

Како составен дел на стандардните оперативни процедури (СОП) за одредување на квалитет на водата беше користен специјално дизајниран Теренски протокол, според кој се бележеа карактеристиките на теренот и водното тело, односно условите под кои е вршено собирањето на примероците на вода. Со цел подетално утврдување на природата на загадувањето, покрај основните теренски податоци добиени со употреба на преносниот кит WTW-197, собраните примероци од вода беа доставени на детална анализа во Одделението за физичко-хемиски истражувања на води, при ЈНУ Хидробиолошки институт - Охрид. Деталните анализи ја потврдија иницијалната карактеризација базирана на податоците од Теренскиот протокол.



**Слика 1.** Графички Приказ - Географска лоцираност на трите локалитети предмет на ситуационо вештачење, [4].

Подолу визуелен приказ на местата кои ќе бидат предмет на ситуационото вештачење  $S_1G$ ,  $S_2D$  и  $S_3P$ , исто така визуелен приказ на инструментите користени при ситуационо вештачење.

### **Мерно место $S_1G$**

*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*



**Мерно место S<sub>2</sub>D**





*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*



**Мерно место S3P**



*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*



**Табела 1.** - Резултати од анализа на физичко-хемиските параметри при ситуационото вештачење

ПАРАМЕТАР	ОХРИДСКО ЕЗЕРО		
	Грашница S <sub>1</sub> G	Денариус S <sub>2</sub> D	Парк S <sub>3</sub> P
Температура (°C)	16.0	16.5	16.2
Електроспроводливост ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	308	214.52	211.6
pH	8.01	8.03	8.09
Боја	10	10	10
Вкупна алкалност ( $\text{mg l}^{-1}\text{CaCO}_3$ )	135	116	113
Растворен кислород ( $\text{mg l}^{-1}\text{O}_2$ )	15.306	14.775	14.722
Биохемиска потрошувачка на кислород (BPK <sub>5</sub> $\text{mg l}^{-1}\text{O}_2$ )	5.648	3.263	2.508



*Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

Потрошувачка на $\text{KMnO}_4(\text{mg l}^{-1})$	6.954	5.057	4.109
Слободен $\text{CO}_2 \text{ mg l}^{-1}$	Н.д	Н.д	Н.д
$\text{N-NO}_2 (\mu\text{g l}^{-1})$	11.984	Н.д	0.395
$\text{N-NO}_3 (\mu\text{g l}^{-1})$	586.57	128.27	100.53
$\text{TN}_{\text{Kjeldahl}} (\mu\text{g l}^{-1})$	357.38	178.31	202.23
$\text{N-NH}_3 (\mu\text{g l}^{-1})$	6.175	Н.д	Н.д
Вкупен азот $\text{TN}(\mu\text{g l}^{-1})$	943.95	306.58	302.76
Вкупен фосфор ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	7,845	5,998	4,521
Суспендирани материи ( $\text{mg l}^{-1}$ )	28.5	20.5	19.0
Органски ( $\text{mg l}^{-1}$ )	11.5	16.0	8
Неоргански ( $\text{mg l}^{-1}$ )	17.0	4.5	11.0
Сув остаток после испарување ( $\text{mg l}^{-1}$ )	217	150	151
Органски( $\text{mg l}^{-1}$ )	165	114	116
Неоргански( $\text{mg l}^{-1}$ )	52	36	35

При собирањето на примероците вода од истражуваните мерни места, може да се констатира дека на локалитетот „Грашница“ беа забележани видливи отпадни материи од органско потекло кои потекнуваа од вегетација која беше исфрлена на брегот и беше во фаза на разградба. На овој локалитет видливо е и присуство на цврст неразградлив отпад.

На локалитетот „Грашница“ беше забележан и мирис поради интензивните процеси на разградба на органската материја и близината на устието на Велгошка Река која претставува реципиент на отпадни води во текот на своето течение.

Добиените резултати од анализираните примероци вода за концентрациите на растворен кислород, укажуваат на значително високи вредности кои се повисоки од  $14,0 \text{ mg l}^{-1} \text{ O}_2$  и според Уредбата за класификација на водите, со сигурност можеме да кажеме дека укажуваат на вода од I класа.

Анализираните примероци од вода укажуваат на релативно високо органско оптоварување во локалитетот „Грашница“. Вредностите добиени за содржината на

### *Затадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

органиските биоразградливи материи изразени како потрошувачка на  $\text{KMnO}_4$ , за примерокот колекциониран од овој локалитет, со сигурност можеме да кажеме дека укажуваат на квалитет на вода од III класа, додека од останатите два локалитети „Денариус“ и хотел „Парк“, добиените вредности укажуваат на квалитет на вода од II класа.

Во корелација со овој параметар, како индикатор за органското оптоварување, претставува и биохемиската потрошувачка на кислород за пет дена. Според Уредбата за класификација на водите („Сл. весник на РМ“ бр. 18/99), примерокот колекциониран од локалитетот „Грашница“ укажува на квалитет на вода од III класа, додека добиените вредности од останатите два локалитети укажуваат на квалитет на вода од II класа.

Резултатите укажуваат на присуство на азотните форми во истражуваните примероци вода и тоа нитритен, нитратен и азот по Kjeldahl. Во примерокот колекциониран од литоралот „Грашница“ евидентирано е и присуство и на амонијачен азот, што најверојатно е резултат на присуство на комунални отпадни води и поинтензивен процес на разградба на органиските биоразградливи материи (како нус производ при процесите на разградба).

Врз основа на концентрациите на вкупен фосфор, со сигурност можеме да кажеме дека водата од литоралот „Грашница“ припаѓа на II класа, додека во литоралите кај „Денариус“ и хотел „Парк“, водата припаѓа на I класа.

Суспендираните материи во анализираните примероци укажуваат на квалитет на вода од III класа, што е резултат на подлогата во овие локалитети (тиња – „Грашница“ и „Денариус“, камен и песок кај хотел „Парк“). Во литоралот кај хотел „Парк“ преовладуваат суспендираните материи од неорганиско потекло, додека кај останатите два локалитети преовладуваат суспендирани материи од органиско потекло.

Според вкупниот сув остаток после испарување, со сигурност можеме да кажеме дека квалитетот на водата е од I класа за истражувани примероци.

Од добиените резултати може да се забележи зголемено нутриентно и органиско оптоварување во водата од локалитетот „Грашница“.

Табела 2. - Класификација според мерните места од одредени параметри при симулација на лице место

<u>Параметри</u>	<u>Мерни места и нивна класификација според Уредбата („Сл. весник на РМ“ бр. 18/99</u>		
	<i>S<sub>1G</sub></i>	<i>S<sub>2D</sub></i>	<i>S<sub>3D</sub></i>
Растворен кислород (mg l <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	I	I	I
Потрошувачка на KMnO <sub>4</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	III	II	II
Биохемиска потрошувачка на кислород (BPK <sub>5</sub> mg l <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )	III	II	II
Вкупен фосфор (μg l <sup>-1</sup> )	II	I	I
Сув остаток после испарување (mg l <sup>-1</sup> )	I	I	I

## ЗАКЛУЧОК

Од целокупната форензичка анализа вклучително и ситуационото вештачење “In Situ” на површинските води во локалитетите S<sub>1G</sub>, S<sub>2D</sub> и S<sub>3D</sub>, може да се заклучи дека на локалитетот „Грашница“ (S<sub>1G</sub>) има индикации за постоење на кривичните дела:

Кривично дело загадување на животната средина (член 218) од Кривичниот законик на РМ [5]: непридржување на прописите за заштита на животната средина во случајот вода, водна површина или водотек во поголем обем или на пошироко подрачје и предизвикување опасност за животот или здравјето на луѓето или уништување на животинскиот или растителниот свет.

Кривично дело загадување на добиточна храна или вода (член 223 став1) од Кривичниот законик на РМ [5]: ќе се казни тој којшто со некоја штетна материја ќе загади вода на: рибници, езера, реки и потоци и со тоа ќе предизвикува опасност за опстанокот на рибите и живиот свет.

Кривично дело загрозување на животната средина со отпадни материи (член 230) од Кривичниот законик на РМ [5]: се состои во дејствие што го презема лице кое спротивно на прописите за заштита на животната средина расфрла отпадни

## *Загадување на Траговиите во Република Македонија: кои се решенијата?*

материј или со нив постапува на начин со кој се менува квалитетот на водата или водотекот, во мера што може да ги влоши условите за живот на луѓето или животните или растенијата и да го згрози нивниот опстанок.

За да можат да се рехабилитираат водите, но исто така оневозможување на понатамошен антропоген притисок врз мерното место S<sub>1</sub>G треба да се почитуваат следните препораки, кои исто така преставуваат конечно решение со ваков вид на загадување односно и начин на докажување на кривични дела во површинските води:

- Изградба на пречистителна станица за отпадни води на Велгошка Река која претставува реципиент на отпадни води во текот на своето течение или пак пред истекувањето на Охридското езеро.
- Подобро менаџирање со комуналниот и цврстиот отпад од страна на комуналното претпријатие во Охрид.
- Чистење на местото од страна на локалните власти што се однесува на вегетација која беше исфрлена на брегот и беше во фаза на разградба.
- Забранет пристап на возила во близина на езерото привремено или стално.
- Организирани редовни инспекциски увиди од страна на овластените инспектори според нивните ингеренции во делот цврст и комунален отпад.
- Организирани почести инспекциски увиди од страна на Државниот Инспекторат за животна средина според нивните ингеренции во делот води.
- Организирани почести инспекциски увиди од страна на Државниот Инспекторат за заштита на природа според нивните ингеренции во делот природа.

### **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] М.М. Саздовска, *Еколошка криминалистика*. Скопје: График Мак Принт – Скопје (2007).
- [2] В. Водинелиќ, *Криминалистика – откривање и докажување - Том I*. Скопје: Факултет за Безбедност – Скопје, **1985**.
- [3] R. Saferstain, *Криминалистика – вовед во форензика*. Скопје. Табернакул – Скопје, **2010**.
- [4] Љ. Љатифи, *Ситуационо вештачење на површинските води во Република Македонија*. УКЛЮ. Факултет за Безбедност, **2018**.
- [5] Б. Симоновиќ, М. Ангелески, Д. Стојановски, *Криминалистичка техника*. Скопје: Службен весник на РМ – Скопје, **2009**.

- [6] P. Salow, *Прирачник за процена и менаџмент на ризициите на живојната средина*. Скопје: Датапонс – Скопје, **2009**.
- [7] Љ. Љатифи, *Проценка на еколошките стандарди на Мавровското Езеро според Европските директиви*. УИЕ. Тетово, **2011**.
- [8] A. Ljuština, *Еколошки делови и полиција*. Београд: ZadužbinaAndrejević – Београд, **2010**.
- [9] Т. Милески, *Еколошка безбедност-одржлив развој-одржлива безбедност*. Скопје: Филозофски факултет – Скопје, **2010**.
- [10] М.М. Саздовска, *Меѓународни стандарди и практики за заштитата на живојната средина*. Скопје: Ван Гог – Скопје, **2010**.
- [11] М.М. Саздовска, *Прирачник за истражи ка еколошки кривични дела*. Скопје: Факултет за безбедност – Скопје, **2013**.
- [12] М.М. Саздовска, *Меѓународна заштитата на живојната средина*. Скопје: Факултет за безбедност – Скопје, **2014**.
- [13] R.W.A. Jackson, M.J. Jackson, *Наука за форензикација*. Скопје: Нампрес – Скопје, **2009**.
- [14] H.S. James, J.J. Nordby, *Форензика – Вовед во научни и истражни техники*. Скопје: Табернакул – Скопје, **2009**.

Издавач:  
Македонска академија на науките и уметностите

Уредник:  
акад. Владо Матевски

Заменик уредник:  
д-р Катерина Бачева Андоновска

Лектура:  
„Момент мал“

Печат:  
„Арт принт студио“

Тираж:  
300 примероци

CIP – Каталогизација во публикација  
Национална и универзитетска библиотека „Св. Климент Охридски“, Скопје

502:504.5(497.7)(082)  
502.1:316.334.56(497.7)(082)

ЗАГАДУВАЊЕТО на градовите во Република Македонија : кои се решенијата? =  
Pollution of the cities in the Republic of Macedonia : what are the solutions? : Зборник на  
трудови. – Скопје : Македонска академија на науките и уметностите, Истражувачки центар  
за животна средина и материјали, 2019. - 426 стр. : илустр. ; 25 см

Фусноти кон текстот. - Abstract. - Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-203-254-2

1. Nasp. stv. nasl.

а) Животна средина - Загадување - Заштита - Градови - Македонија - Зборници  
COBISS.MK-ID 110223114