

# ВРЕДНОВАЊЕ ПРОЈЕКТА У ФУНКЦИЈИ РАЗВОЈА И ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ ПУТНЕ МРЕЖЕ УТИЦАЈ САОБРАЋАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Бојан Анићанасковић

**Резиме:** Низ година приликом доношења одлука о оправданости изградње појединих деоница путева осећала се потреба за стандардизованом методологијом вредновања понуђених алтернатива. Методе вредновања које су се најчешће користиле углавном су се базирале на саобраћајно-економским факторима. У раду је извршена презентација еколошког вредновања на основу једно-димензионалног критеријума тј. максимално дозвољене концентрације олова (МДК) у земљишту које се таложиле емисијом издувних гасова из покретних извора. Такође, приказана је утврђена функционална зависност промена возила на раскрсницама [voz/h] и укупне количине олова у земљишту.

**Кључне речи:** Еколошко вредновање, емисија олова из покретних извора

## EVALUATION OF ROAD NETWORK DEVELOPMENT & EXPLOITATION PROJECTS INFLUENCE OF TRAFFIC ON THE ENVIRONMENT

**Abstract:** Over the years, in situations when experts were making decision whether it was justified to contract a particular section of a motorway (feasibility study), they were in need of a standardized methodology to evaluate all the alternatives. The evaluation methods that were most often used were primarily based on the traffic and economic factors. This paper presents environmental evaluation based on one-dimensional criterion, i.e. the maximum permitted concentration (MPC) of lead (Pb) in soil resulting from the traffic-induced emissions of exhaust gasses. Also, the paper presents the established functional relationship between traffic density at intersections (vehicles/h) and total soil lead concentrations.

**Key words:** Ecological evaluation, emissions plumbs from removal sources

Саобраћај врши негативан утицај на природну средину као и на квалитет човекове животне средине. То се нарочито огледа кроз: загађивање ваздуха, тла и воде, повећање буке, претварање природне у техничку средину (разни облици деградације околине), повећање нечистоће и друго. Све ово доприноси нарушавању еколошког биланса чиме је отежано одржавање динамичке равнотеже сложеног система. Загађивање ваздуха емитовањем штетних материја од моторних возила (угљен-моноксид, азотни оксид, угљоводоник и др.), чађ и прашина од сагоревања и трења пнеуматика и повећана бука погоршавају услове живота и негативно утичу на здравље живота људи.

Загађивање околине од саобраћаја није локално везано као загађивање од индустрије јер су моторна возила мобилна (извор енергије се креће), па постоји изражен интерес за већу сарадњу и на међународном плану. Произвођачи возила су већ интервенисали и одређеним конструктивним и другим решењима допринели да се неповољан утицај смањи (безоловни бензин итд.).

Под појмом вредновање у управљању развојем и експлоатацијом путне мреже подразумева се процедура оцењивања и одлучивања у систему осмишљавања оптималног развоја и коришћења путне мреже, укључујући и поступке дефинисања показатеља и критеријума релевантних за оцењивање и одлучивање. За пружање

аргументованих одговора по питању цитираних основних мерила развијене су основне врсте вредновања и то:

1. Функционално (техничко - експлоатационо) (ФУН);
2. Економско (ЕКН);
3. Инвестиционо (ИНВ) и
4. Еколошко (ЕКЛ).

## 1. ЕКОЛОШКО ВРЕДНОВАЊЕ

Повећањем степена урбанизације, затим куповне моћи грађана а самим тим и пораста степена моторизације долази до повећања броја возила на путевима, све чешћих застоја на саобраћајницама, повећања броја саобраћајних незгода, негативног утицаја на природну средину итд.

Емисија штетних гасова кроз издувне гране моторних возила био је један од разлога да законодавац реагује увођењем критеријума и поступком вршења техничких прегледа. Међутим, на техничким прегледима, а такође од стране власника моторних возила се не посвећује довољно пажње овом проблему. Резултат заједничке акције Ауто-мото савеза Србије, МУП-а Републике Србије - Управе саобраћајне полиције и Асоцијације техничких прегледа: „Исправно возило-безбедна возња“ у периоду од 07.11.-12.11.2005.године показују<sup>1</sup> да је од укупно 1444 возила 135 возила поседовало неисправне уређаје за емисију издувних гасова, што значи да је свако 10 возило имало неисправан такав уређај.

Табела 1: Расподела неисправности возила по категоријама

Категорија возила	Прегледано возила	Неисправних возила		Бр. возила са неисправним уређајима за					
				Управљање	Заустављање	Осветљење	Гасове	Вучу	Остало
А	1	0	0.00	0	0	0	0	0	0
Б	1238	749	60.50	210	528	333	118	3	257
Ц	170	124	72.49	31	79	49	15	3	45
Д	20	14	70	3	10	4	2	0	3
Трактори	7	4	57.14	1	3	4	0	0	0
Остала	8	6	75.50	3	4	3	0	2	2
Укупно	1444	897	62	248	624	393	135	8	307

Разлози за повећање емисије штетних материја кроз издувне гасове могу се тражити у лошем квалитету погонског горива, повећања саобраћајног оптерећења на путевима, застарелости возног парка итд. Према подацима МУП-а Србије<sup>2</sup> просечна застарелост возног парка аутомобила у Србији је преко 15 година, 2003. године просечна старост аутомобила била је преко 15.5 година, а у 2004. години њихова просечна старост смањена је на 15.25 година.

Утицај пута на животну средину зависи од многобројних фактора, а пре свега од постојећих еколошких потенцијала, ранга пута у мрежи и саобраћајног оптерећења. То значи да су потребе и структура процеса истраживања животне средине по ширини захвата, садржају и нивоу детаљности зависни од наведених услова.

<sup>1</sup> [www.amss.org.yu/html/novosti/novosti.html/](http://www.amss.org.yu/html/novosti/novosti.html/)

<sup>2</sup> [www.blic.co.yu](http://www.blic.co.yu) – дневна новина БЛИЦ, дана 23.03.2005. године

## 2. ПРОСТОРНА ДИСТРИБУЦИЈА ОЛОВА У ЗАВИСНОСТИ ОД САОБРАЋАЈНОГ ОПТЕРЕЋЊА

Олово (хемијски симбол Pb), је тешки метал који припада IVb групе периодног система. У природи се веома ретко налази у елементарном облику, а у једињењима је доминантан оксидован облик. У стенама и земљишту га има у траговима (<0.1% масено).

У природном, загађеном земљишту олово је присутно у концентрацијама <20 mg/kg (ppm), али су на многим локацијама констатоване и знатно веће вредности (30-100 mg/kg). Максимална дозвољена вредност концентрације олова у земљишту (МДК) је 100 mg/kg.

Последњих неколико деценија о олову се спроводе многа истраживања тако да се доста зна о његовом присуству у различитим деловима животне средине и токсичним ефектима које изазива.

Олово у животну средину доспева из природних и антропогених извора. Највећи део олова у ваздуху потиче од алкалних једињења олова – тетраетил олова (TEL) и тетраметил олова (TML) која се додају бензину ради повећања октанског броја. Процењено је да је 1983. године од  $332 \times 10^6$  kg укупно емитованог олова у атмосферу, чак 75% потицало из покретних извора<sup>3</sup>.

Ниво олова варира у зависности од развијености регије, а значајно је већи у градским него у сеоским срединама. Концентрације олова у ваздуху у великим градовима развијених земаља достижу вредности<sup>4</sup> од  $1.5-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Расподела нивоа олова у ваздуху није униформна – Концентрације олова веће су поред прометних путева него поред оних са мањим бројем возила. Према подацима из бројних истраживања у различитим градовима, постоји директна веза између концентрације олова у ваздуху и локалне густине саобраћаја.

С обзиром на чињеницу да се у нашој земљи још увек користи бензин са виском процентом оловних адитива (садржај олова  $\cong 0.4$  g/l), као и да је у Новом Саду у последњих неколико година повећан интензитет саобраћаја подстакло је на истраживање просторне расподеле загађења градског земљишта оловом из издувних гасова возила у близини прометних саобраћајница.

За екстракцију приступачног олова коришћена је метода са етил-диамин-тетра-сирћетном киселином (EDTA), а укупни садржај олова одређен је након разарања са концентрованом азотном киселином ( $\text{HNO}_3$ )<sup>5</sup>.

На добијене експерименталне резултате примењен је математички поступак регресионе анализе да би се утврдила корелација између концентрације олова у земљишту поред путева и протока возила, као и удаљеност мерних места од раскрснице (дуж линије пута).

<sup>3</sup> J.O.Nriagu, J.M. Pacyna, Nature 333, 134-139 (1998)

<sup>4</sup> R.L. Zeilhus, P.del Calstilha et al. Concetrations of Lead and Other Metals in Blood of Two and Three Year-Old Children living near a Secundarz Smekter, International Archives of Occupation and Environmental Healt, (1979)

<sup>5</sup> Александра Михаиловић: Просторна расподела загађења градског земљишта Новог Сада оловом из покретних извора-магистарски рад, Нови Сад 2002. године.

### 3. ОЛОВО ИЗ ИЗДУВНИХ ГАСОВА

Главни извор загађивања земљишта поред путева су возила која користе оловни бензин. Загађеност је највећа поред ивице пута-на растојањима до 10m нађене су вредности од неколико стотина па чак и преко 1000 mg/kg, а на 50m од пута 10 до 100 mg/kg. У приградском насељу Новог Сада (Римски Шанчеви) измерене су вредности концентрације Pb од 54.4 mg/kg (у слоју земљишта дубине 0-30 cm), поред регионалног пута Нови Сад-Суботица.

На садржај олова у земљишту и биљкама утичу следећи фактори: врста и број возила (густина саобраћаја), тип земљишта, топографија терена, вегетација. У градовима је концентрација олова у земљишту већа у оним деловима где је саобраћај интензивнији. Упоређујући различите добијене резултате од стране бројних аутора, научници су дошло до закључка да концентрација олова у земљишту експоненцијално опада са удаљеношћу од пута. Моделирана диспозиција олова представљена је експоненцијалном функцијом облика:

$$C_{pb} = A_1 e^{-k'd} + A_2 e^{-k''d},$$

Где је Срв концентрација олова у земљишту на растојању d од пута. Коефицијенти  $A_1$  и  $A_2$  су линеарне функције просечног броја возила током једног дана (ПГДС), а експоненти  $k$  и  $k'$  се односе на две фамилије честица различитих димензија. Крупније честице се депонују до 5m, а ситније на растојањима до 100m од пута.

Загађеност ваздуха оловом из издувних гасова такође се смањује по експоненцијалном закону са повећањем удаљености од пута.

### 4. КОНЦЕНТРАЦИЈА ОЛОВА У ВАЗДУХУ И ЗЕМЉИШТУ У ЗАВИСНОСТИ ОД САОБРАЋАЈНОГ ОПТЕРЕЋЕЊА РАСКРСНИЦА

Узроци земљишта и биљног материјала у наведеном истраживању узимани су у непосредној близини путева на седам локација са великом фреквенцијом саобраћаја (проток возила је близак капацитету саобраћајница) и на седам локација са слабијим саобраћајним оптерећењима (слика 1).

Фреквентне локације :

- 1) Футошки пут (на углу са Хајдук Вељковом улицом и Цара Душана) ;
- 2) Булевар ослобођења (угао са Футошком и Јеврејском улицом) ;
- 3) Успенска (код Српског народног позоришта);
- 4) Кеј жртва рације (код моста на баржама);
- 5) Максима Горког (на углу са Булеваром Ослобођења);
- 6) Цара Душана (на углу са улицом Арањи Јаноша) и
- 7) Кисачка (на углу са Партизанском улицом).

Локације са слабијим саобраћајним оптерећењима :

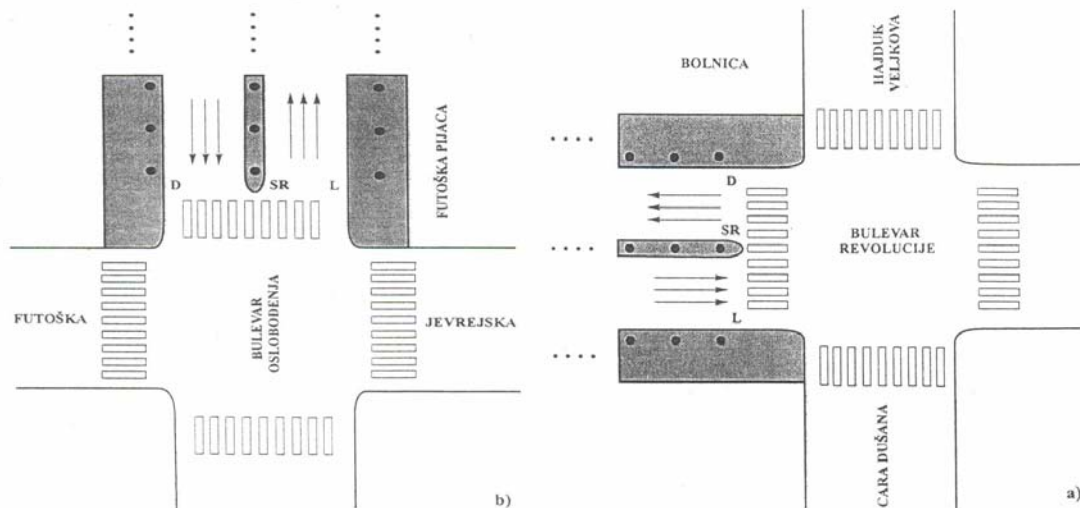
- 8) Душана Васиљева (код основне школе) ;
- 9) Модене (на углу са Илије Огњановића) ;
- 10) Ловћенска (средина улице) ;
- 11) Булевар Деспота Стефана (према Балзаковој улици) ;
- 12) Романијска (код броја 33.) ;
- 13) Браће Дроњак (код основне школе) и
- 14) Пастерова (угао са Ђорђа Јовановића) ;

На фреквентним локацијама узорци су узимани на самим раскрсницама, а на локацијама бр.1 и бр.2 и дуж линије пута (паралелно са правцем кретања возила, слика

5.2.). Циљ истраживања је био да се утврди концентрација олова у земљишту у зависности од удаљености од раскрснице (места заустављања возила).



Слика 1: Нови Сад, Мапа градског подручја, фреквентне (1-7) и локације са слабијим интензитетом саобраћаја (8-14)



Слика 2: Мерна места на фреквентним локацијама бр.1: Футошка улица (а) и бр.2: Булевар ослобођења (б)

## 5. УКУПНО И ПРИСТУПАЧНО ОЛОВО У ЗЕМЉИШТУ И У БИЉНОМ МАТЕРИЈАЛУ

У табелама 2-4. приказане су измерене вредности приступачног и укупног олова у земљишту и олова у биљном материјалу на фреквентним (лева и десна страна, средина) и мање фреквентним локацијама (лева и десна страна). На фреквентним локацијама узорци земљишта на раскрсницама су узети на растојањима 5-15 m од пешачког

прелаза изузев локације бр. 6 где је најкраће растојање на којем је било могуће узети узорак износило  $d=40\text{m}$  дуж линије пута. На фреквентним локацијама то растојање је било у интервалу 10-50m.

Укупно и приступачно олово испитано је за свих 66 узорака, а олово у биљном материјалу за 60 узорака.

Табела 2. Приступачно ( $\text{Pb}_{\text{EDTA}}$ ) и укупно ( $\text{Pb}_{\text{HNO}_3}$ ) олово у земљишту и олово у биљном материјалу ( $\text{Pb}_{\text{bm}}$ ) на фреквентним (1-7) и мање фреквентним (8-14) локацијама (лева страна пута)<sup>6</sup>

Мерно место	d[m]	$\text{Pb}_{\text{EDTA}}[\text{mg/kg}]$	$\text{Pb}_{\text{HNO}_3}[\text{mg/kg}]$	$\frac{\text{Pb}_{\text{EDTA}}}{\text{Pb}_{\text{HNO}_3}}$	$\text{Pb}_{\text{bm}}[\text{mg/kg}]$
1/L1	12	102.3	361.6	0.283	17.1
2/L1	5	15.4	88.8	0.173	18.2
3/L1	15	32.2	155.6	0.207	21.8
4/L1	10	39.2	192.4	0.204	25.6
5/L1	5	15.9	87.9	0.181	24.8
5/L2	50	14.1	127.6	0.110	21.0
6/L1	40	80.0	342.0	0.234	52.4
7/L1	15	41.4	254.6	0.162	25.2
8/L1	10	26.7	126.4	0.211	30.1
9/L1	12	86.4	345.0	0.250	40.8
10/L1	20	19.2	153.6	0.125	46.3
11/L1	40	103.1	378.6	0.272	75.8
12/L1	50	18.1	120.9	0.150	19.5
13/L1	12	9.6	66.1	0.145	10.0
14/L1	10	10.5	52.8	0.199	20.0

Табела 3. Приступачно ( $\text{Pb}_{\text{EDTA}}$ ) и укупно ( $\text{Pb}_{\text{HNO}_3}$ ) олово у земљишту и олово у биљном материјалу ( $\text{Pb}_{\text{bm}}$ ) на фреквентним (1-7) и мање фреквентним (8-14) локацијама (десна страна пута)

Мерно место	d[m]	$\text{Pb}_{\text{EDTA}}[\text{mg/kg}]$	$\text{Pb}_{\text{HNO}_3}[\text{mg/kg}]$	$\frac{\text{Pb}_{\text{EDTA}}}{\text{Pb}_{\text{HNO}_3}}$	$\text{Pb}_{\text{bm}}[\text{mg/kg}]$
1/L1	12	137.9	596.3	0.231	20.1
2/L1	5	43.2	243.4	0.177	34.5
3/L1	15	29.4	83.8	0.351	32.4
4/L1	10	21.7	106.9	0.203	41.9
5/L1	5	30.3	117.6	0.258	22.8
6/L1	40	41.9	194.4	0.216	29.2
7/L1	15	133.0	366.3	0.363	23.4
8/L1	10	32.7	114.2	0.286	19.1
9/L1	12	67.3	293.1	0.230	49.6
10/L1	20	21.4	157.3	0.136	34.0
11/L1	30	128.7	248.8	0.517	122.3
12/L1	50	20.3	123.3	0.165	26.1
13/L1	12	43.7	103.2	0.423	32.2
14/L1	10	7.8	53.7	0.145	5.4

<sup>6</sup> Као лева страна улице означаба је страна са непарним бројевима, а десна са парним

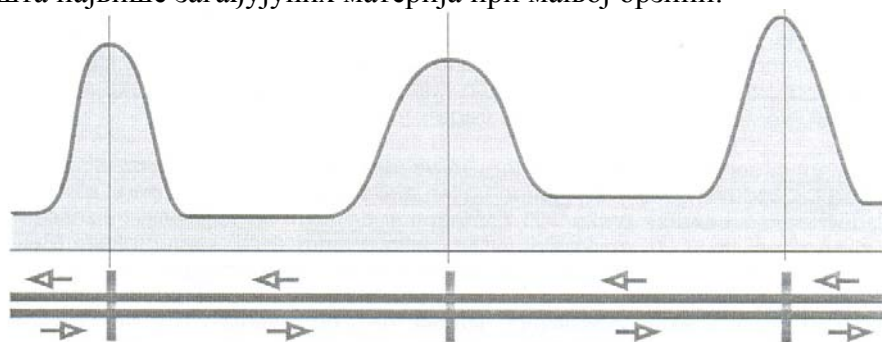
Табела 4. Приступачно ( $Pb_{EDTA}$ ) и укупно ( $Pb_{HNO_3}$ ) олово у земљишту и олово у биљном материјалу ( $Pb_{bm}$ ) на фреквентним (1-7) локацијама (средина)

Мерно место	d[m]	$Pb_{EDTA}[mg/kg]$	$Pb_{HNO_3}[mg/kg]$	$\frac{Pb_{EDTA}}{Pb_{HNO_3}}$	$Pb_{bm}[mg/kg]$
1/Sr1	12	271.2	1013.4	0.268	36.1
2/Sr1	10	161.4	591.3	0.273	36.1
3/Sr1	15	130.5	540.3	0.242	17.6
4/Sr1	-	-	-	-	-
5/Sr1	5	172.7	693.3	0.249	32.7
5/Sr2	50	211.3	603.1	0.350	28.0
6/Sr1	-	-	-	-	-
7/Sr1	15	91.7	488.6	0.188	30.0

## 6. ОЛОВО У ЗЕМЉИШТУ ПОРЕД ПУТА И ПРОТОК ВОЗИЛА НА РАСКРСНИЦИ

Узорци су узети на више мерних места (Слика 2.) и на различитим удаљеностима од раскрснице дуж линије пута (на левој, десној страни и средини).

Очекивано је да загађеност земљишта буде највећа у близини раскрснице (или пешачког прелаза) као места заустављања и задржавања возила и да опада са повећањем растојања. Такође, томе доприноси и чињеница да се у издувним гасовима мотора испушта највише загађујућих материја при мањој брзини.



Слика 3: Генерални приказ концентрације издувних гасова дуж саобраћајнице у граду

На основу података из „Годишњег извештаја о стању комуналне буке у Новом Саду“ Института за заштиту здравља у сврху истраживања добијене су следеће вредности за просечан број возила<sup>7</sup> у току једног часа на седам фреквентних и три мање фреквентне локације:

<sup>7</sup> До података о просечном броју возила за један час дошло се пребројавањем возила у три дневна и два ноћна термина (по 1h у вршном периоду и ван вршног периода) у одређеним месецима у години, па је као пресек узета средња вредност броја возила за дан и ноћ

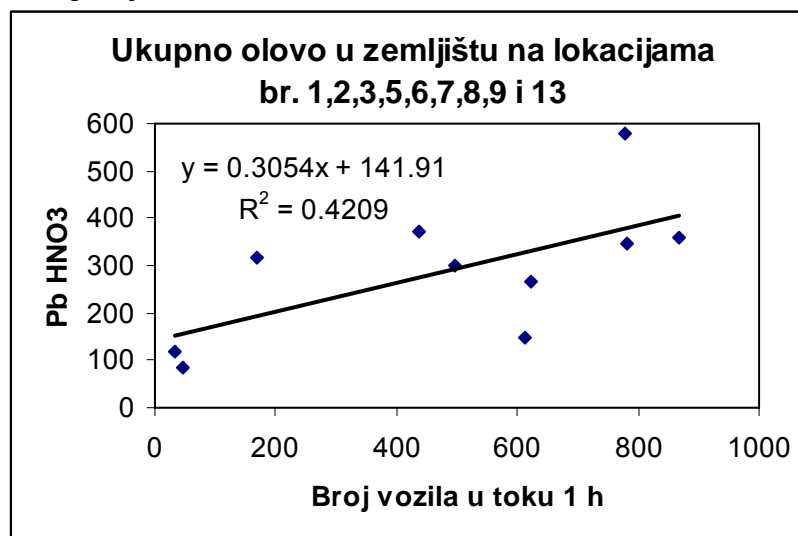
Табела 5. Интензитет саобраћаја на фреквентним (1-7) и мање фреквентним (8, 9,3) локацијама

Локација	Број возила за 1 h	Удео тешких возила (%)	Pb <sub>HNO3</sub> [mg/kg]	Pb <sub>bm</sub> [mg/kg]
1. Футошки пут	779	11.6	578.9	158.6
3. Бул Ослобођења	868	8.8	359.4	82.6
3. Успенска (СНП)	781	8.2	347.0	64.0
4. Кеј жртва рације	611	9.6	149.6	30.4
5. Максима Горког	496	6.0	300.0	73.0
6. Цара Душана	623	8.5	268.0	60.9
7. Кисачка	436	8.9	370.0	88.7
8. Душана Васиљева	32	3.1	120.0	29.7
9. Модене	168	5.3	319.0	76.9
13. Браће Дроњак	45	4.4	85	26.7

Вредности у прве две колоне израчунате су на основу података о интензитету саобраћаја у периоду од 1989-1998. и 2000-те године.

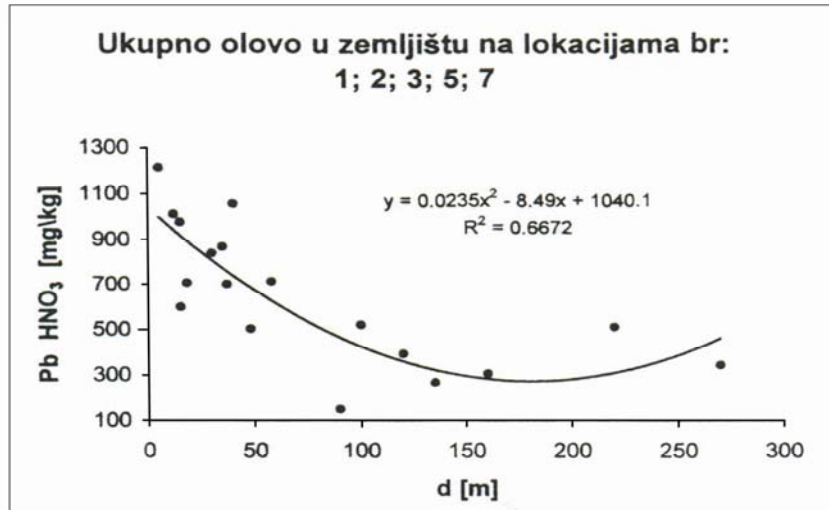
У две последње колоне дате су вредности укупног и приступачног олова у земљишту које су рачунате као средња вредност прикупљених узорака са леве, десне стране и средине.

На слици 4. се види да се ниво укупног олова у земљишту линеарно повећава са повећањем обима саобраћаја.



Слика 4. Садржај укупног олова Pb<sub>(HNO3)</sub> у земљишту у зависности од интензитета саобраћаја на локацијама 1,2,3,5,6,7,8,9 и 13

На послетку, у истраживању као последњи резултат на слици 4 графички је приказан садржај укупног олова у земљишту у зависности од растојања од раскрснице на пет фреквентних раскрсница за које постоје подаци о интензитету саобраћаја.



Слика 5. Релативни садржај укупног олова  $Pb_{(HNO_3)}$  у земљишту у зависности од удаљености возила од раскрснице<sup>8</sup> (дуж линије пута)  $d$  на локацијама бр. 1, 2, 3, 5 и 7.

## 6. ЗАКЉУЧАК

У оквиру еколошког вредновања у раду је приказано истраживање о просторној дистрибуцији олова у земљишту на различитим локацијама (раскрсницама). За оцену теста и добијања коначне оцене коришћена је регресиона анализа. Коначан закључак истраживања је био да је концентрација олова око 3.5 пута већа од МДК (максимално дозвољене концентрације). Овако наведени закључак био би довољан да се размишља о реконструкцији путне мреже на наведеним локацијама.

Међутим треба имати у виду да је закључак изведен на основу истраживања на одређеним локацијама (на само десет раскрсница је успостављена зависност од саобраћајних оптерећења). То значи да остале раскрснице и путни правци нису обухваћени.

Такође вредновање је овде било извршено само на основу једног критеријума (МДК – максимално дозвољене концентрације олова), а приликом вредновања пројектних решења увек се разматра мултикаузалност различитих фактора који се међусобно преплићу и допуњују.

Зарад добијања свеобухватне оцене неопходно би било узети у обзир расподелу саобраћајних токова на градске путну мрежу, распоред намена површина града, услове одвијања саобраћаја, оценити параметре саобраћајног тока и на послетку узети у обзир однос уложених средстава у реконструкцију и добијених укупних вредности након завршетка пројекта.

Препоруке у даљем истраживању могу се односити на утврђивање концентрације олова у земљишту и биљном материјалу у зависности од нивоа услуга на наведеним локацијама или у односу на временске губитке на раскрсницама и путним правцима. Самим тим такав приступ би био сврсисходан ради прерасподеле саобраћајних токова на градску путну и уличну мрежу, реконструкције путних праваца и реконструкције сигналних планова.

<sup>8</sup> Александра Михаиловић: Просторна расподела загађења градског земљишта Новог Сада оловом из покретних извора-магистарски рад, Нови Сад 2002. године.

## Референце:

[1] Михаиловић А.: *Просторна расподела зајатења градокоје земљишта Новој Сага оловом из оокрејних извора*, Нови Сад 2002.

[2] Кузовић Љ. *Вредновање у управљању развојем и експлоатацијом ујине мреже*, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет, 1994

[3] Малетин М.: *Планирање и пројектовање саобраћајница у градовима*, Грађевински факултет Београд, 2005.

[4] *Evaluating Urban Transportation System Alternatives*, U.S. Department of Transportation, Office of Transportation Economic Analysis Washington 1978