



**Друштво за геолошки, инженерскогеолошки,
хидрогеолошки и геофизички истражувања
* ГЕОЛОГИНГ ДОО Скопје ***

**ЗАВРШЕН ИЗВЕШТАЈ
ЗА СПРОВЕДУВАЊЕ НА ВТОРА ФАЗА НА ГЕОХЕМИСКИ
МОНИТОРИНГ ЗА ТЕШКИ ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ И ИЗРАБОТКА НА
ГЕОХЕМИСКИ АТЛАС ЗА ПОЧВИТЕ ВО ГРАДОТ СКОПЈЕ И
НЕГОВАТА ОКОЛИНА**

Скопје, Март 2009 год.



**Друштво за геолошки, инженерскогеолошки,
хидрогеолошки и геофизички истражувања
* ГЕОЛОГИНГ ДОО Скопје ***

ЗАВРШЕН ИЗВЕШТАЈ

ЗА СПРОВЕДУВАЊЕ НА ВТОРА ФАЗА НА ГЕОХЕМИСКИ МОНИТОРИНГ ЗА ТЕШКИ ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ И ИЗРАБОТКА НА ГЕОХЕМИСКИ АТЛАС ЗА ПОЧВИТЕ ВО ГРАДОТ СКОПЈЕ И НЕГОВАТА ОКОЛИНА

Управител:

Новица Столик, дипл. инж. геолог

Скопје, Март 2009 год.



**Друштво за геолошки, инженерскогеолошки,
хидрогеолошки и геофизички истражувања
* ГЕОЛОГИНГ ДОО Скопје ***

БЛАГОДАРНИЦА

**Во оваа прилика посебно и најљубезно се заблагодаруваме на Градскиот Совет,
Скопје за одобрените финансиски средства без кои не би биле спроведени еко-
геохемиските истражувања од II-та фаза на еко-геохемискиот мониторинг.**

Од авторите

СОДРЖИНА:

	Страна
1. ВОВЕД	2
2. ОСНОВНА ЦЕЛ И ЗАДАЧА НА II-ТА ФАЗА НА ГЕОХЕМИСКИ МОНИТОРИНГ НА АГРОКУЛТУРНИ ПОЧВИ ОД СКОПСКО ПОЛЕ....	2
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ	2
3.1 Општи екогеохемиски податоци за As.....	2
3.2 Општи геохемиски податоци за Cd.....	5
3.3 Теренски работи	9
3.4 ICPS резултати за As и Cd.....	9
3.5 Статистичка евалуација на резултатите за As и Cd	18
3.6 Критериуми и методологија за конструкција на еко-геохемиските карти за As и Cd.....	19
3.7 Прелиминарна еко-геохемиска карта на дистрибуција на As.....	20
3.8 Прелиминарна еко-геохемиска карта на дистрибуција на Cd.....	21
3.9 γ -спектрометриски испитувања на агрокултурни почви во Скопско поле	21
4. ЗАКЛУЧОК.....	24
5. ПРЕПОРАКА	25
6. ЛИТЕРАТУРА.....	25

ГРАФИЧКИ ПРИЛОЗИ:

Број на прилог	Наслов на прилог
1.	Карта на земени еко-геохемиски проби во испитуваниот терен од град Скопје и негова околина, размер 1:50 000
2.	Еко-геохемиска карта на дистрибуција на арсен во испитуваниот терен од град Скопје и негова околина, размер 1:50 000
3.	Еко-геохемиска карта на дистрибуција на кадмиум во испитуваниот терен од град Скопје и негова околина, размер 1:50 000

1. ВОВЕД

Согласно добиените резултати од I-та фаза на геохемискиот мониторинг на почви од агрокултурно и урбано подрачје во Скопско поле, е видливо дека состојбата т.е. дистрибуцијата на As е сосема **непозната**. Имено, поради слабата осетливост (долната граница на осетливост) на применетата ESA за As, која изнесува 100 ppm, истиот елемент не беше детерминиран во првата фаза.

Исто така се постави како потреба да се реиспита и Cd како необично високо токсичен елемент во еден индустриски регион, како што е Скопско поле, иако истиот елемент беше детерминиран со ESA во првата фаза.

Поаѓајќи од горепоставените потреби, во II-та фаза на геохемиски мониторинг беше поставено како нужност As и Cd да се доиспитаат со некоја поосетлива-поегзактна метода, како што е ICPS.

2. ОСНОВНА ЦЕЛ И ЗАДАЧА НА II-ТА ФАЗА НА ГЕОХЕМИСКИ МОНИТОРИНГ НА АГРОКУЛТУРНИ ПОЧВИ ОД СКОПСКО ПОЛЕ

Основната цел и задача на овие истражувања, согласно договорот, се состои во следното:

1. **Детерминација на содржини на As и Cd со ICPS методата, на 300 проби од агрокултурни почви, земени во систематска мрежа од 1 x 1 km, на површина од 300 km², од с. Рашче до с. Катланово.**
2. **Детерминација на радиоактивни изотопи во 30 проби од агрокултурните почви со γ -спектрометрска метода.**

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

3.1 Општи екогохемиски податоци за As

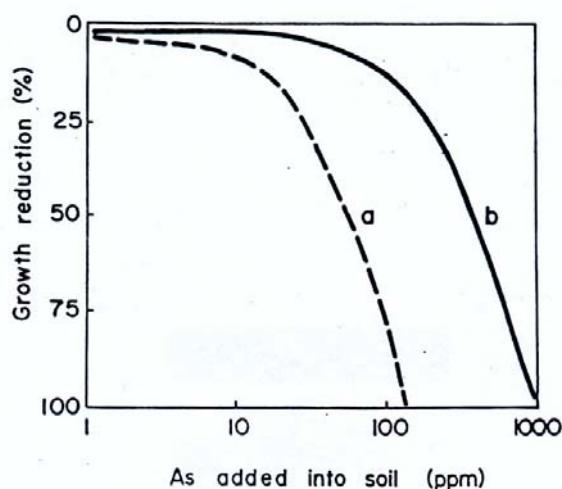
As припаѓа кон елементите од V група, чии геохемиски карактеристики се широко дивергентни. Така, варијацијата во електричниот полнеж и валенцијата се општи особини на елементите во V-та група. Некои поважни карактеристики:

- As како металоид (како и Sb) е високо халкофилен

- Во повеќето стени As е концентриран од 0,5 до 2,5 ppm. Само во глиновитите седименти As е концентриран со 13 ppm.
- Во геохемиските процеси As го следи P.
- As има голем афинитет да формира или да се сретнува во многу минерали (во повеќе од 200 минерали) кои содржат As, а 60% се арсенати.
- As се сретнува во комплексни полиметалични депозити, па истиот е асоциран со многу метали, поради што е добар индикатор во проспекторските цели.
- Иако арсеновите минерали и арсеновите компоненти се лесно растворливи, миграцијата на As е многу ограничена поради неговата јака апсорпција од страна на глините, хидроксидите и органската материја.
- Оксидационите состојби на As се -3; 0; +3 и +5, од кои As^0 и As^{3+} се карактеристични за редуктивни услови.
- Комплексните анјони AsO_2^- ; AsO_4^{3-} ; HAsO_4^{2-} ; H_2AsO_3^- се најмобилните форми на As. Однесувањето на арсенатот (AsO_4^{3-}) е слично на фосфатите и ванадатите.
- Реакциите на As во почвите се во голема мера управувани од неговата оксидациона положба.
- Арсенатните јони (AsO_4^{3-}) во почвите се лесно фиксирали од глините, фосфатните гелови, хумусот и Ca, но најактивни во As-ретенцијата се Fe-хидратите и Al-оксидите. Забележана е јака асоцијација и ретенција на As од Fe (воглавно гетитот) во почвите.
- Ретенцијата на As во почвите е прогресивно расположена со годините. Но, As комбиниран со Fe и Al-оксиди може да биде ослободен со редукција на почвениот потенцијал.
- Некои бактерии ја забрзуваат оксидацијата на арсенитите во арсенати, поради што, тие диригираат со процесите на миграција на As, негова преципитација и волатилизација од почвата до атмосферата.
- Фонските вредности на As во врвните почви се генерално ниски, иако истите вредности за неколку пати ги надминуваат вредностите за As во разни стени.
- Во почвите на САД, содржините на As варираат од < 0,1 до 69 ppm. Средната содржина на As во почви е околу 6,7 и 8,7 ppm.
- Најниски As-содржини се најдени и во песокливи почви, т.е. оние почви кои се изведени од гранити, додека повисоки As содржини

се поврзани со алувијални почви и почви богати со органска материја.

- Значајни антропогени извори на As се однесуваат на As поврзан со индустриски активности (процесирање на метали, хемиски работи базирани на Р и S минерали, согорувањето на јаглените и употребата на As-спрејови особено во овоштарниците).
- Контаминација со As е констатирана за јапонските почви, особено во оризовите почви, каде има значајни As-количини, што се должи на високиот сорпционен капацитет на овие почви, поради транспортот на As со иригационите води. Овде As е акумулиран само во врвниот хоризонт.
- Токсичноста на As зависи од концентрацијата на растворлив As, затоа Na-арсенат, As-триоксид, примарно употребувани како хербициди, се најтоксични. Но, растот на растението (сл. 1) е во обратен однос со totalниот арсен.



Слика 1. Распењето на растенијата зависи од As додаден во два типа на земјиште

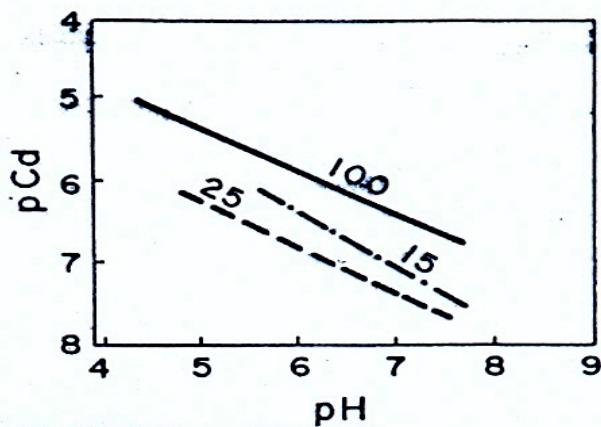
- Лесна почва со ниска содржина на органска материја и со предоминантна каолинитска глина.
- Тешка почва со висока содржина на органски материји и со предоминантна вермикулитска глина.

- Мобилноста на As во почвата е пропорционална со додадениот арсен и обратно пропорционална со времето и Fe и Al содржините.
- Токсичноста на As зависи од концентрацијата на растворлив As
- Фито токсичноста на As е високо зависна од особините на почвата, па додека во тешки почви се случува околу 90% редукција на растот на растенијата при 1000 ppm As, во лесни почви 100 ppm As е еднакво токсична.
- **Максимално дозволива граница на As во оризова почва е предложена 15 ppm. (Kitagishi.K; Yamane I; Japan science Society Press, Tokyo, 1981).**
- Порастот на оксидната положба во оризовата почва ја ограничува As-bioavailability (био-расположивоста на почвата).
- Примената на материјали кои произведуваат преципитати со As во почвата (на пр. Fe^{2+} -сулфати; CaCO_3) е забележано да бидат ефективни и кога се додадени во почви кои имаат помалку од 10 ppm растворлив As.
- Исто така, примената на фосфатни губрива ја намалува As-биорасположивоста на почвата.
- Со пораст на As во почвата, највисоки As-содржини се забележани во старите листови и корењата.
- Печурките се акумулатори на високи As-содржини.
- Симптоми на As-труење се различно описаны, како сушење на листовите, виолетово обојување, обезбојување на коренот и плазмолиза на клетката. **Најопшт симптом на As-труење е редукција на растењето.**
- Wallace et all забележале дека при растењето на гравот во раствор со 42 ppm As, листовите и стеблото имале големи оштетувања. При тоа, опаѓање на Mn, P, Ca, K биле забележани во сите делови на растението. **Општо земено, As е познат како метаболички инхибитор што произведува редуцирање на вегетацијата при високи биорасположиви As-содржини.** Но, As е помалку токсичен ако растението е добро снабдувано со P.

3.2 Општи геохемиски податоци за Cd

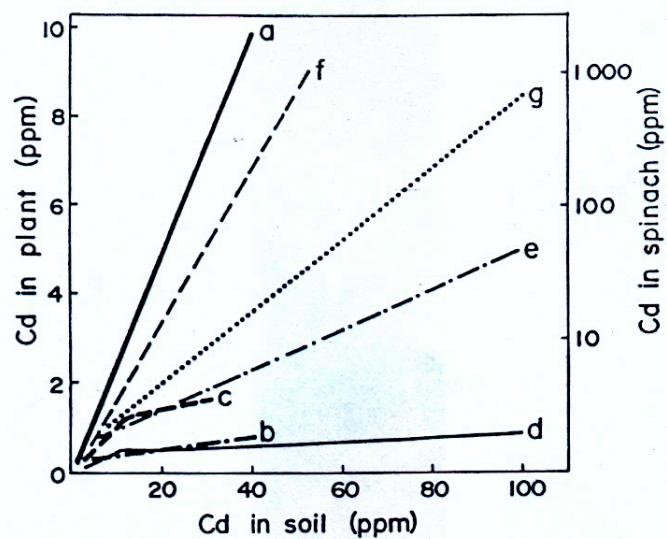
- Обилноста на Cd во магматски и седиментни карпи не е поголема од 0,3 ppm.

- Cd е силно асоциран со Zn, иако изгледа дека Cd има појак афинитет кон S одшто Zn.
- Cd, покажува повисока мобилност од Zn во кисели средини.
- За време на езогените процеси, Cd оди лесно во раствор, како Cd^{2+} , но тој може да формира и комплексни јони ($CdCl^+$; $CdOH^+$; $CdHCO_3^+$; $CdCl_3^-$; $CdCl_4^{2-}$; $Cd(OH)_3^-$; $Cd(OH)_4^{2-}$) како и органски хелати.
- Но, најважна валентна состојба на Cd во природна средина е +2.
- Најважни фактори кои ја контролираат мобилноста на Cd се pH и eh.
- Под услови на јака оксидација, Cd формира минерали како CdO ; $CdCO_3$, а исто така бидува акумулиран во фосфатни и биолитни депозити.
- Главен фактор кој ја определува содржината на Cd во почвата е хемискиот состав на околните карпи. Просечните Cd-содржини во почвите се помеѓу 0,07 и 1,1 ppm. Но, фонските нивоа на Cd во почви не надминуваат 0,5 ppm, па сите содржини над оваа вредност укажуваат на антропоген инпакт на статусот на Cd во најгорната почва.
- Атсорпцијата на Cd од глините е предоминантен процес во врзувањето на Cd во почвите (Farrah, Pickering, 1977)
- Спрема дијаграмот на растворливост на Cd во зависност од pH е јасно дека над pH=7,5 Cd веќе не е лесно мобилен.



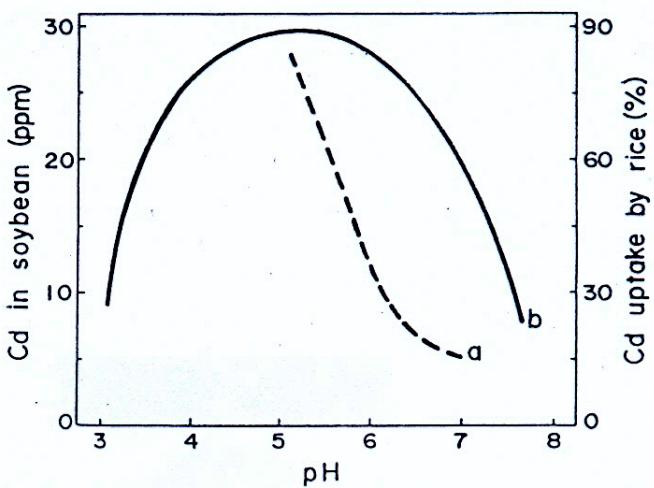
Слика 2. Дијаграм на растворливост на Cd во зависност од pH

- Растворливоста на Cd е високо зависна од pH, но природата на површината на сорбентот и на органските лиганди се исто така важни.
- Спрема John.M.K. (1972) коефициентот на врзивната енергија на атсорпцијата на Cd е повисок за органската материја односно за глините од испитуваните почви. Од друга страна, од други автори (Abd-Elfattah and Wada, 1981) е укажано дека Fe-оксидите, алофанот, имаат највисок афинитет за селективната атсорпција на Cd.
- Cd е најмобилен во кисели почви, со pH меѓу 4,5 и 5,5, додека во алкална почва Cd е имобилен.
- **Контаминацијата на почвите со Cd е најсериозен здравствен ризик.**
- Концентрации на Cd во горните почви се забележани како многу високи во близината на рудниците за Pb и Zn и особено топилничките капацитети.
- **Фосфатните губрива се исто така важни извори на Cd.**
- Cd ефективно се апсорбира од страна на корењата и листовите. **Во скоро сите случаи има еден линеарен сооднос меѓу Cd во растенијата и Cd во почвите.**



Слика 3. Дијаграм на зависноста на Cd во јочви и раселенија.

- Во скоро сите публикации, pH на почвата е главен фактор кој го контролира преземањето на Cd од растенијата.



Слика 4. Дијаграм на зависноста на преземен Cd од расштенијата, во зависност од pH.

- По Bingham at all (1980) содржината на Cd во оризовото зрно е високо зависно од pH и е највисоко изразено при pH=5,5.
- Но, има и контрадикторни резултати кои укажуваат дека Cd е помобилен во алкална почва, што се должи на формирање на комплекси или метални хелати, поради што се смета дека преземањето на Cd е независно од pH.
- Kitagishi и Yamane (1981) описане дека ен потенцијалот во почвите опаѓа до околу -0,14V, пропорцијата на растворлив Cd опаѓа, што одговара на редукцијата на сулфатот до сулфиди.
- Секогаш растворливите форми на Cd во почвите се лесно достапни за растенијата.**
- Chaney and Hornick (1977) покажале дека разни растенија имаат различни афинитети за Cd.**
- Cd како и други тешки метали бидува лесно транспортиран во растението во форма на метало-органски комплекси.
- Фитотоксичноста на Cd е покажана со инхибиторните ефекти на фотосинтезата, оневозможување на транспирацијата и фиксација на CO₂ и промени во пермеабилноста на клеточните мембрани, поради што, повисоките Cd-содржини чинат еден здравствен ризик за животните и човекот.**

3.3 Теренски работи

Во рамките на истражувањот терен во алувионот на Скопска котлина беше извршено опробување во систематска мрежа 1 x 1 km (прилог 1.), при што секоја проба тежеше околу 1,5 kg и истата претставува репрезент од вкупно 5 проби. Беа земени вкупно 341 проба, од кои беа анализирани 300, согласно со потпишаниот договор со Град Скопје.

Земените проби беа лабораториски подгответни, согласно со класична процедура: сушење на собна температура (1-2 недели), просејување низ сито од 1 mm, квадрирање и подготовкa за анализа.

3.4 ICPS резултати за As и Cd

Опис на ICPS метадата:

ICP-MS (индуктивна спрегната плазма со масена спектрометрија) е вид на масена спектрометрија која е многу осетлива и способна за детектирање на низа метали и неколку неметали во концентрации под еден дел во 10¹². Таа се заснова на врзување на методите на индуктивна спрегната плазма, како начин на создавање на јони (јонизација) со масена спектрометрија како метода за раздвојување на јоните.

Главните предности на ICPS конфигурацијата може да се сумираат во следното:

- a. Аксиалниот канал, на температура 5000-8000 K, особено е погоден за мулти-елементарна спектрометриска анализа, било во симултан или секвенциски мод, бидејќи степенот на јонизација досегнат со најмногу елементи е висок. Класичните интерелементни ефекти така се на минимум. Спрема тоа, може да се постигне склоп на оперативните услови кој овозможува скоро оптимални резултати за повеќето елементи.
- b. Заради високите температури во зоната на плазмената реакција и долгото време на престој, дури и огноотпорниот примерок како што се (B, Zr, U, Nb, W) се комплетно дисоциирани.
- c. Додека се одвива јонизацијата во централниот аксијален канал и бројот на честички во страничниот простор е мал, загреаната проба се однесува како тенок оптички извор. Како резултат на тоа, само-апсорцијата е главно занемарлива и конструираните калибрирани криви се линеарни за последните три реда големини.

Овој висок динамички опсег дозволува истовремено или секвенциско определување на главните, споредните и елементите во трагови во истиот примерок, без разредување.

Табела 1. ICPS резултати за As и Cd во анализираните почви од испитувањето јануари на Скочиска котлина (2008/09)

Ред. бр.	Проба бр.	Y (m)	X (m)	As (ppm)	Cd (ppm)
1	1	7521000	4652998	20.5	<0.4
2	2	7521000	4654001	13.1	<0.4
3	4	7521999	4652999	18.4	<0.4
4	7	7522999	4652999	15.5	<0.4
5	9	7524000	4651999	6.5	<0.4
6	11	7525002	4651000	<3.0	<0.4
7	12	7525001	4651999	10.3	<0.4
8	13	7525999	4648000	10	<0.4
9	14	7525997	4649001	6.8	<0.4
10	15	7525998	4651000	12.7	<0.4
11	16	7525997	4651852	<3.0	<0.4
12	17	7527000	4647999	13	<
13	18	7527000	4649000	7.8	<0.4
14	19	7527000	4649999	<3.0	<0.4
15	20	7526999	4651001	11.6	0.6
16	21	7526998	4651999	17.5	<0.4
17	22	7527999	4648999	9.2	<0.4
18	23	7527999	4649998	9.4	<0.4
19	24	7528001	4651000	10.4	<0.4
20	25	7528000	4651999	13.8	<0.4
21	26	7528998	4649997	11.6	<0.4
22	27	7528999	4651001	6.8	<0.4
23	28	7528998	4652000	12.6	<0.4
24	29	7529361	4652999	17	<0.4
25	30	7529210	4654002	18.9	<0.4
26	31	7529287	4654998	15	<0.4
27	32	7529117	4656000	19.9	<0.4
28	34	7530003	4651000	15.2	0.4
29	35	7530002	4652001	14.9	<0.4
30	35a	7529744	4651918	13.9	<0.4
31	36	7530000	4652997	19.4	<0.4
32	37	7530000	4654001	16.6	<0.4
33	38	7529999	4654998	14.2	<0.4
34	39	7530000	4656000	15	<0.4
35	40	7530000	4656997	12.9	<0.4
36	41	7530001	4657999	13.8	0.4
37	42	7530793	4652998	8.6	<0.4
38	43	7530717	4654000	17.7	<0.4
39	44	7530670	4654997	15.4	<0.4
40	45	7530776	4656001	5.4	<0.4
41	46	7530623	4656998	4.3	<0.4
42	47	7530999	4651000	16.1	<0.4
43	48	7531041	4652028	11.9	<0.4

Ред. бр.	Проба бр.	Y (m)	X (m)	As (ppm)	Cd (ppm)
44	48a	7531424	4651841	16.7	<0.4
45	51	7530998	4654998	30	0.5
46	52	7530999	4656000	14.1	<0.4
47	53	7530998	4656998	12.9	<0.4
48	55	7531999	4649999	<3.0	<0.4
49	56	7532000	4650997	6.4	<0.4
50	57	7532000	4652003	10.8	<0.4
51	58	7531999	4652998	13.7	<0.4
52	58a	7532122	4653207	12	<0.4
53	59	7531998	4654003	6.5	<0.4
54	60	7532000	4654999	15.3	<0.4
55	61	7531999	4655998	11.6	<0.4
56	62	7532000	4656995	10.4	<0.4
57	63	7531999	4657999	11.7	<0.4
58	64	7533000	4649999	<3.0	<0.4
59	65	7533000	4650999	12.7	<0.4
60	66	7532998	4652002	14.8	<0.4
61	67	7533000	4652998	5.8	<0.4
62	68	7532998	4654003	18	<
63	69	7533000	4654999	8.5	<0.4
64	70	7533000	4655998	24	0.6
65	71	7533000	4656996	14.1	<0.4
66	73	7534000	4649999	13.3	0.4
67	74	7533999	4650998	11.9	0.4
68	75	7533998	4652002	11.2	<0.4
69	76	7533999	4652999	15.5	<0.4
70	77	7533999	4654003	12.6	<0.4
71	78	7534000	4654998	14.2	<0.4
72	79	7534000	4655997	10.9	<0.4
73	80	7533999	4656995	26	0.5
74	83	7535001	4649998	13.6	<0.4
75	84	7534997	4650998	18.4	0.5
76	85	7534997	4652001	10.6	<0.4
77	86	7534997	4652998	17.4	<0.4
78	87	7534997	4654002	11.5	<0.4
79	88	7534998	4654999	20	<0.4
80	89	7534998	4655998	16.3	<0.4
81	90	7534998	4656996	12.1	<0.4
82	90a	7534835	4657187	10	0.5
83	91	7535998	4647997	25.6	0.4
84	92	7535997	4648998	17.6	<0.4
85	93	7535998	4649997	22.3	<0.4
86	94	7536002	4650998	10.5	<0.4
87	95	7536001	4652002	14.1	<0.4
88	96	7536002	4652999	14.8	<0.4
89	97	7536000	4654003	18.6	<0.4

Ред. бр.	Проба бр.	Y (m)	X (m)	As (ppm)	Cd (ppm)
90	98	7536002	4655000	18.2	<0.4
91	99	7536000	4655998	8	<0.4
92	101	7536998	4647360	37.2	<0.4
93	102	7536996	4647997	10	0.5
94	103	7536996	4648999	14	<0.4
95	104	7536996	4649999	12.3	<0.4
96	105	7536999	4650997	10.8	0.5
97	106	7537000	4652004	21.3	<0.4
98	107	7536996	4652999	17.8	<0.4
99	108	7536999	4654003	18.8	0.5
100	109	7536999	4654999	15.2	<0.4
101	110	7537000	4655999	9	0.6
102	113	7538001	4647001	30.2	0.6
103	114	7538000	4647999	14.1	<0.4
104	115	7538001	4648999	31.9	<0.4
105	116	7538003	4650000	15.6	<0.4
106	117	7537999	4650998	14.5	<0.4
107	118	7537998	4652002	12.4	<0.4
108	119	7537998	4652999	15.1	0.5
109	120	7537999	4654003	12.6	0.6
110	121	7537999	4654999	15.6	<0.4
111	122	7537999	4655998	17.5	<0.4
112	126	7539001	4646999	18.5	<0.4
113	126a	7539379	4647443	13.4	<0.4
114	127	7539000	4647998	12.4	<0.4
115	128	7539002	4648998	18.8	<0.4
116	129	7539001	4649999	21.2	<0.4
117	130	7538999	4650999	19.4	0.6
118	131	7538999	4652002	22.6	<0.4
119	132	7539000	4652999	17.3	<0.4
120	133	7539000	4654002	25.7	<0.4
121	134	7539000	4654999	34	<0.6
122	136	7540102	4646258	7.1	<0.4
123	137	7539998	4646999	11	0.5
124	138	7539998	4647998	12.9	<0.4
125	139	7539999	4649000	19.9	<0.4
126	140	7540000	4649999	19.4	0.5
127	141	7539998	4650997	21.5	<0.4
128	142	7539998	4652002	14.6	<0.4
129	142a	7540132	4652156	13	<0.4
130	143	7539999	4652998	14	<0.4
131	143a	7540108	4653277	7.2	<0.4
132	145	7540999	4644999	12.4	<0.4
133	146	7541000	4646003	14.9	<0.4
134	146a	7541233	4645697	21.2	<0.4
135	146c	7541434	4646545	36.4	<0.4

Ред. бр.	Проба бр.	Y (m)	X (m)	As (ppm)	Cd (ppm)
136	147	7540999	4646999	24.3	<0.4
137	148	7541001	4647998	10.7	<0.4
138	149	7540999	4648999	14.8	<0.4
139	150	7541000	4650000	14.8	<0.4
140	150a	7541000	4650175	19.2	1.3
141	151	7541000	4650997	17.1	0.6
142	151a	7540952	4650753	17.6	0.7
143	152	7541000	4652002	8.3	<0.4
144	152a	7541042	4652252	14	<0.4
145	153	7541000	4652998	11.7	<0.4
146	153a	7541037	4653330	12.4	<0.4
147	154	7541000	4654002	31	0.6
148	155	7541999	4643997	16.3	<0.4
149	156	7542001	4644999	50.6	<0.4
150	157	7542000	4646002	16	0.6
151	158	7541999	4646999	70.1	<0.4
152	158a	7541804	4646685	<3.0	<0.4
153	159	7541997	4648001	16.6	<0.4
154	160	7541998	4648998	7.3	<0.4
155	161	7542001	4650001	20.1	<0.4
156	162	7542000	4651000	16.5	<0.4
157	163	7541998	4651999	15.2	<0.4
158	163a	7541998	4652505	<3.0	<0.4
159	164	7541999	4652997	26.7	<0.4
160	164a	7541926	4653395	5.1	<0.4
161	165	7541999	4654004	21.7	<0.4
162	166	7541999	4654998	29.3	<0.4
163	167	7542000	4656002	11	0.6
164	168	7543000	4644998	25.1	<0.4
165	169	7542999	4646001	54.2	<0.4
166	170	7542998	4646999	18.3	<0.4
167	171	7542997	4648001	21.4	<0.4
168	172	7542996	4648998	10.9	<0.4
169	173	7542998	4650000	8.1	<0.4
170	174	7542999	4651000	8	0.5
171	175	7542999	4651999	16.1	<0.4
172	176	7542998	4652996	13.8	<0.4
173	177	7542999	4654004	25.7	<0.4
174	178	7542999	4654998	22	<0.4
175	180	7544001	4644999	16	0.6
176	181	7544000	4646002	35.7	<0.4
177	182	7543999	4647000	12.4	<0.4
178	183	7543998	4648001	16.2	<0.4
179	184	7543998	4648997	15.5	<0.4
180	185	7544000	4650000	20.2	<0.4
181	186	7544000	4651001	10.8	<0.4

Ред. бр.	Проба бр.	Y (м)	X (м)	As (ppm)	Cd (ppm)
182	187	7544000	4651998	11	<
183	188	7543999	4652996	13.8	<0.4
184	189	7543998	4654004	18.4	<0.4
185	191	7544997	4641996	46	0.7
186	192	7544998	4642998	33.7	<0.4
187	194	7544997	4643998	41.6	<0.4
188	195	7544998	4644998	16.7	<0.4
189	196	7544999	4646002	17.2	0.5
190	197	7544998	4646999	27.3	0.5
191	198	7544998	4648000	15.3	<0.4
192	199	7544998	4648997	6.2	<0.4
193	200	7545000	4650000	11.4	<0.4
194	201	7545000	4650999	27	0.7
195	201a	7545155	4651234	17.5	<0.4
196	202	7544999	4651998	8.8	<0.4
197	205	7545996	4641996	14.1	<0.4
198	206	7545998	4642998	33.5	<0.4
199	206a	7545644	4642998	18.7	<0.4
200	207	7546001	4644380	23.5	<0.4
201	208	7545998	4645000	12.5	<0.4
202	209	7545771	4646003	28	0.8
203	210	7545999	4647000	12.2	<0.4
204	211	7545999	4648000	12.7	<0.4
205	212	7546000	4648994	11.9	<0.4
206	213	7546001	4649999	9.5	<0.4
207	215	7545998	4651999	7.4	<0.4
208	218	7546997	4641996	13	<0.4
209	219	7546997	4642998	13	0.6
210	220	7546998	4644000	5	<0.4
211	221	7546998	4644998	10.5	<0.4
212	222	7546786	4646132	10.1	<0.4
213	223	7547000	4647000	8.5	<0.4
214	224	7546999	4648000	11.9	<0.4
215	225	7546999	4648997	12	0.7
216	226	7546998	4649998	11.6	<0.4
217	227	7546999	4651000	7.2	<0.4
218	228	7546999	4651999	19	0.5
219	229	7546999	4652997	20.7	<0.4
220	230	7547997	4641996	14.3	<0.4
221	231	7547998	4642997	23	0.7
222	232	7547999	4643999	14.3	<0.4
223	233	7547999	4645000	8.1	<0.4
224	234	7547999	4646002	11.4	<0.4
225	235	7548000	4646999	9.7	<0.4
226	236	7547999	4647999	8.7	<0.4
227	237	7547998	4648998	11.7	<0.4

Ред. бр.	Проба бр.	Y (m)	X (m)	As (ppm)	Cd (ppm)
228	238	7547999	4650001	10.3	<0.4
229	242	7549000	4641004	13.4	0.6
230	243	7549000	4641995	12.3	<0.4
231	244	7549001	4642999	33.2	0.4
232	246	7549000	4644998	12.7	<0.4
233	247	7548999	4646002	15	0.7
234	248	7549000	4647000	9.1	<0.4
235	249	7549000	4648000	9.3	<0.4
236	250	7548999	4649000	7.8	<0.4
237	251	7548999	4650000	7.1	<0.4
238	252	7549000	4650999	19.2	<0.4
239	253	7549997	4640224	6.3	0.5
240	254	7549998	4641003	7.3	<0.4
241	255	7549998	4641995	15	<0.4
242	256	7549999	4642997	16.4	<0.4
243	257	7549998	4644001	16	0.7
244	258	7549998	4644998	10.1	<0.4
245	259	7549998	4646002	8.5	<0.4
246	260	7549999	4646998	16	<0.4
247	261	7550000	4648000	9.2	<0.4
248	262	7549727	4648999	13.2	<0.4
249	262a	7550998	4648999	6.9	<0.4
250	263	7549998	4650000	12.8	<0.4
251	264	7550999	4639999	21.1	0.5
252	265	7550998	4641003	15.4	<0.4
253	266	7551001	4641996	16.8	<0.4
254	267	7551001	4642997	16.2	<0.4
255	268	7550999	4644001	13.4	<0.4
256	269	7550999	4644998	11.1	<0.4
257	270	7550998	4646001	6.6	<0.4
258	271	7550999	4646997	14	0.5
259	271a	7550999	4647998	13	<0.4
260	272	7550999	4649999	13.7	<0.4
261	273	7551999	4640001	9.8	<0.4
262	274	7552000	4640998	16.8	<0.4
263	275	7551999	4641998	7.6	<0.4
264	276	7551999	4642999	6.2	<0.4
265	277	7551998	4643999	3.1	<0.4
266	278	7551999	4644997	6.4	<0.4
267	279	7551617	4646001	12.5	<0.4
268	280	7551286	4646998	8.8	<0.4
269	281	7552000	4648000	11.2	<0.4
270	282	7552000	4648998	5.6	<0.4
271	283	7552998	4639686	10.6	<0.4
272	284	7552998	4640998	14.1	<0.4
273	285	7552999	4641996	7.5	<0.4

Ред. бр.	Проба бр.	Y (m)	X (m)	As (ppm)	Cd (ppm)
274	289	7552872	4646242	6.2	<0.4
275	290	7553000	4646999	12.3	<0.4
276	291	7553000	4648000	9.5	<0.4
277	291a	7553998	4648001	13.6	<0.4
278	292	7552998	4648999	38.6	<0.4
279	293	7553999	4639003	11.7	<0.4
280	294	7553999	4639999	17	0.8
281	295	7554000	4640999	10.8	<0.4
282	296	7553998	4648997	10.5	<0.4
283	297	7553999	4649998	10.5	<0.4
284	298	7553998	4650997	9.2	<0.4
285	299	7553999	4652003	11.6	<0.4
286	300	7553999	4652996	8.3	<0.4
287	301	7553998	4654000	9.3	<0.4
288	302	7553999	4655000	8.8	<0.4
289	303	7555002	4639002	10.6	<0.4
290	304	7555003	4639999	11	0.4
291	305	7554998	4649997	<0.3	<0.4
292	306	7554999	4650997	27	<0.4
293	307	7555000	4652003	7.8	<0.4
294	308	7554999	4652996	11.4	<0.4
295	309	7554999	4654000	11.6	<0.4
296	310	7554999	4655000	8.9	<0.4
297	311	7556001	4639002	13.9	<0.4
298	313	7555997	4652996	11	0.4
299	314	7555999	4654000	9.2	<0.4
300	315	7555997	4654998	20	<0.4

Дискусија за дистрибуцијата на As:

Согласно со презентираните аналитички податоци (табела 1) и еко-геохемиската карта за дистрибуција на As (прилог 2) во алувијалните почви од Скопско поле, би можело да се констатира следното:

- Во истражувањот простор има поедини местимични и релативно мали по простор микролокалитети со зголемени содржини-контаминацији со As (цца 20-30 ppm). Такви се на пример микролокалитетите близу с. Рашче, с. Арачиново, населба Шутка и др.
- **Во истражувањот регион има евидентно поголеми простори кои се систематски контаминирани со содржини на As > 19,9 ppm, т.е. од цца 20 до цца 70 ppm. Таков еден систематски контаминиран регион со As, со големина од околу 30-40 km² е детеририран во просторот кој почнува од фабриката Охис по десната страна по течението на р.**

Вардар, т.е. кон Горно Лисиче, с. Долно Лисиче, с. Студеничани до с. Огњанци. Овој истражуван простор бил најверојатно под непосредно влијание на фабриката Охис - некогашен производител на пестициди. Но, исто така не е исклучено дека во овој простор немале свое влијание и агрехемиските средства.

- Како втор по големина контаминиран простор со As претставува регионот на агрокултурни почви во пределот кон С и СИ од фабриката Железара-Скопје, т.е. во регионот околу населба Ченто, с. Стаковци, с. Щрешево и подрачјето околу Бутел. Овој простор е со големина од околу 20-30 km².
- Во регионот околу рафинеријата Окта беа забележани три пункта со аномално зголемени содржини на As од цва 20-40 ppm.
- Во урбаниот дел од градот има многу помали микролокалитети или пунктови окарактеризирани со аномално зголемени концентрации со As (>19,9 ppm). Такви се микролокалитетите на пример кај Чаир, близу стара железничка станица, населба Пролет, населба Железара (училишен центар), хотел Панорама итн.

Дискусија за дистрибуцијата на Cd:

Согласно со презентираните аналитички податоци (табела 1) и еко-геохемиската карта (прилог 3) за дистрибуцијата на Cd во рамките на истражуваниот простор во Скопско поле, би можело да се заклучи следното:

- **Од анализираните 300 проби, во 250 проби (или цва 83% од испитуваните проби) покажаа содржини на Cd < 0,4 ppm, што би било во рангот на големина за Кларк-от (0,35 ppm Cd=Кларк, Bowen, 1979) за истиот елемент. Медианата за Cd е исто така еднаква на < 0,4 ppm Cd.**
- **Нешто позголемени содржини (од 0,4 до 0,8 ppm Cd) беа детерминирани во 44 проби, што е цва 15% од вкупниот број на испитувани проби.** Но и овие содржини се под МДК од 1 ppm Cd во почви. Вредности за Cd во испитуваните почви од 0,4-0,8 ppm беа детерминирани околу разни сообраќајници во Центар, Цементара, Железарница, Бутел, Автокоманда, Маџари, Долно Лисиче, Орешани, Катланово, Рудине, Г. Оризари, Лепенец, Охис, Скопје-Велес, итн.
- **Единствена аномална проба, со содржина од 1,3 ppm Cd, беше констатирана во близина на индустриската Боро Кајевик.**

Заклучок:

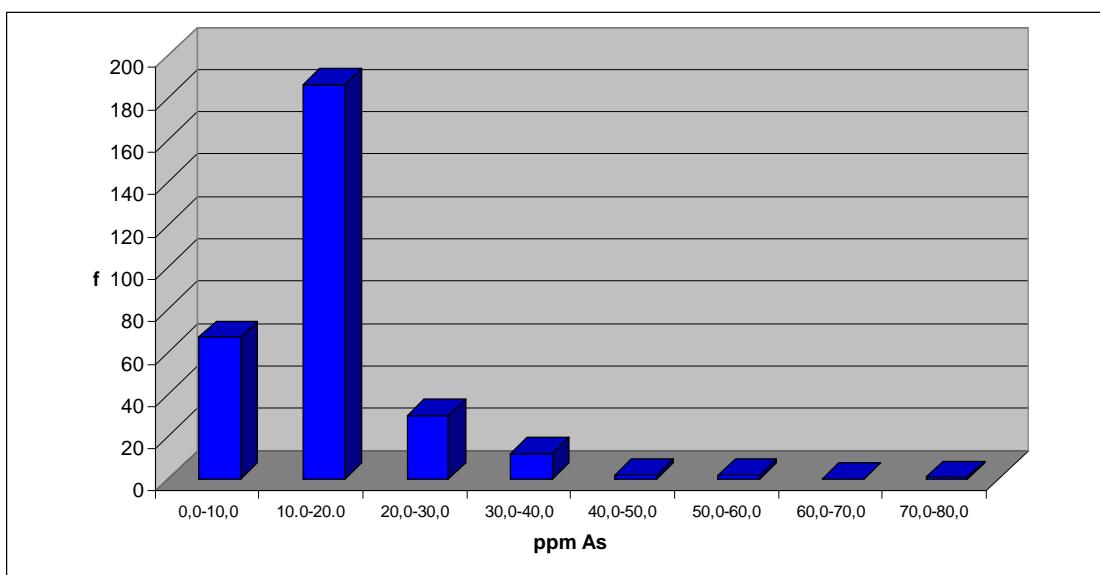
Од аспект на Cd, може да се смета дека почвите од алувионот од Скопско поле во рамките истражуваниот простор воопшто не се контаминирани со Cd.

3.5 Статистичка евалуација на резултатите за As и Cd

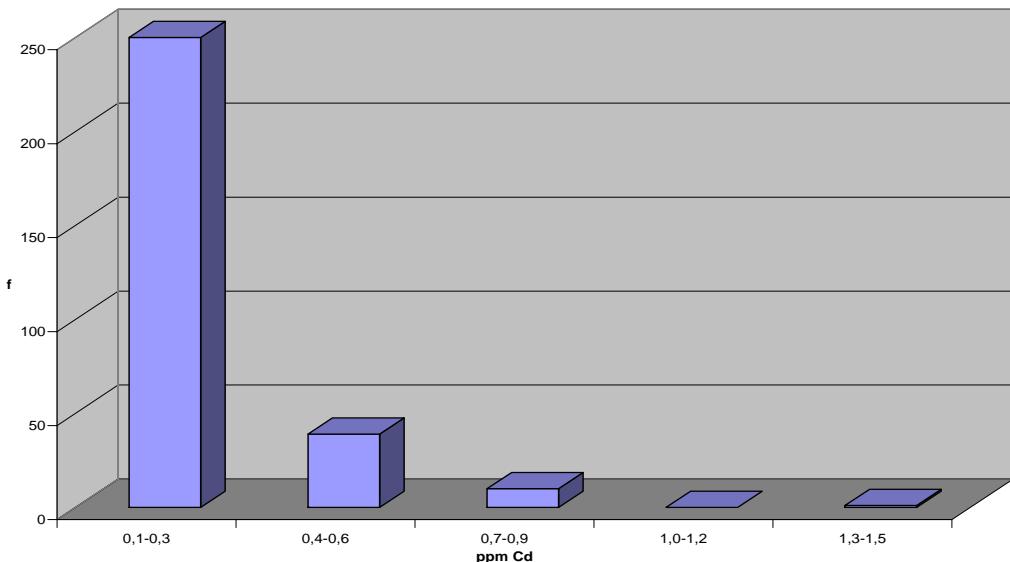
Согласно со вообичаената статистичка постапка и процедура по лог-нормалната методологија, беа добиени податоците наведени во табела 2.

Табела 2. Статистички податоци за As и Cd

Статистички податоци за As и Cd	As	Cd
Број на проби	300	300
Минимум	< 3 ppm	< 0,4 ppm
Максимум	70,1 ppm	1,3
Аритметичка средина	15,24	0,57
Медиана	13,4	< 0,4
Долна детекциона граница	3 ppm	0,4 ppm
Средина (по логаритамска постапка)	13,05	-
Стандардна девијација σ (по лог. постапка)	1,56	-
Праг (по логаритамска постапка)	16,2	-
Двојна вредност на прагот	32,4	-
Четирикратна вредност на прагот	64,8	-
Најверојатна аномална вредност	> 65	-



Слика 5. Хисиограм на зависноста: фреквенција - содржина на As (ppm)



Слика 6. Хистограм на зависноста: фреквенција - содржина на Cd (ppm)

Табела 3. Кларк-ови вредности за As и Cd (ppm)

	Fersman (1933 до 1939)	Goldshmit (1937)	Vinogradov		Taylor (1965)	Vinogradov (1954) за почви
			1949	1962		
As	5	5	5	1,7	1,8	5
Cd	5	0,18	5	0,13	0,2	0,5

3.6 Критериуми и методологија за конструкција на еко-геохемиските карти за As и Cd

Критериумите и методологијата за конструкција на еко-геохемиските карти на As и Cd се базирани на еден единствен извор, а тоа е максималната дозволена концентрација (МДК) на истите во почви. Поаѓајќи од фактот дека во Р. Македонија не постои законска регулатива за МДК на елементите во почви воопшто, па и за As и Cd, ние бевме приморани да се повикаме на расположивите податоци за МДК-вредностите за As и Cd од некои Европски земји. Така, и овој пат, како и за време на I-та фаза се послуживме со литературни податоци валидни за Р. Словенија и Р. Бугарија. Согласно со словенечки извори од литературни податоци како МДК за As во почви се зема 20 ppm, додека за Cd е 1 ppm. Согласно Бугарски критериуми, како МДК

за As во почви се зема 20-25 ppm (зависно од разни pH вредности), додека за Cd е 1,5-3 ppm (зависно од pH на почвата).

Од приложените еко-геохемиски карти се гледа дека истите се добиени на база на следните критериуми:

-Критериуми за конструкција на еко-геохемиски карти за As во почви

- До 15 ppm As територијата е означена со интензивно зелена боја како одраз на еколошки здрава почва од аспект на истиот елемент.
 - Од 15-20 ppm As е означена територијата (со посветло зелена боја) од преоден тип на почва, која е на граница на неконтаминирана-контаминирана почва од аспект на As.
 - Од 20-25 ppm As е означена територија од дефинитивно контаминирана почва од аспект на As, но со интензитет или ранг на послабо изразена контаминација.
 - Територијата ограничена со концентрации $> 25 \text{ ppm As}$, означува почва од дефинитивно интензивно контаминиран тип со поголем, т.е. со најсилно изразен интензитет
- Критериуми за конструкција на еко-геохемиски карти за Cd во почви
- Вредностите до 1 ppm Cd во испитуваните почви се во рамките под МДК и истите ги претставуваат неконтаминираните почви.
 - Вредностите за Cd $> 1 \text{ ppm}$, означуваат вредности на контаминирани почви од аспект на истиот елемент.

Согласно со горенаведените податоци за As и Cd, еко-геохемиските карти на истите елементи се изработени компјутерски со програма SURFER (Surface Mapping System) со методата линеарна интерполација и триангулација.

3.7 Прелиминарна еко-геохемиска карта на дистрибуција на As (прилог бр. 2)

Од прикажаната карта, сосема добро се гледаат солидно маркираните контаминацији во просторите кои се систематски контаминирани од антропогено влијание во минатото од аспект на As (особено источно и југоисточно од фабриката Охис, северно и североисточко од Железара-Скопје и околу рафинеријата Окта) како и неконтаминираните простори во истражуваниот регион. Така, грубо се цени дека околу 30% од вкупната површина на истражуваниот простор е контаминирана од аспект на As.

3.8 Прелиминарна еко-геохемиска карта на дистрибуција на Cd (прилог бр. 3)

Од прикажаната карта со големо задоволство може да се констатира дека освен еден многу мал-ограничен микролокалитет околу фабриката Боро Кајевиќ, почвите од истражуваниот простор на Скопско поле целосно се неконтаминирани од аспект на Cd.

3.9 γ -спектрометриски испитувања на агрогултурни почви во Скопско поле

γ -спектрометриските анализи се извршени на 30 почвени проби од агрокултурни почви од Скопско поле во истражуваниот регион. Испитуваните проби се просечни проби од 5 поединечни проби.

Табела 4. Резултати од γ -спектрометриски анализи (Bk/kg)

Проби	K-40	* Ra ²²⁶	**Th ²³²	Cs ¹³⁷
XI/17	237	14.2	15.1	1.8
I/15	297	17	30	14
XXXI/9	416	25	35	23
XXXVI/17	393	28	36	8.7
XXV/4	423	33	26	36
XIX/16	595	32	40	14
XXIX/10	543	26	34	30
XXIII/9	703	35	32	60
XXXV/13	414	27	29	15
XXXIV/14	310	25	31	18
XXXIV/2	295	22	28	20
XXVIII/5	420	19	28	18
XXVI/8	380	25	30	20
XXV/13	600	30	32	40
XXVI/15	350	18	28	26
XXI/16	280	20	20	31
XX/15	300	17	24	26
XIV/19	240	16	15	2.2
XIII/18	410	18	30	20
XII/20	388	26	16	14
XII/12	400	17	26	20

Проби	K-40	* Ra ²²⁶	**Th ²³²	Cs ¹³⁷
XXVII/11	400	20	25	25
VI/10	300	30	27	22
XVII/12	440	32	26	23
XVIII/11	353	26	36	14
XIX/13	450	25	30	30
XIII/13	257	14.1	16	2
XVI/12	440	33	40	14
XVIII/14	550	32	35	18
XVIII/9	380	18	28	24

Забелешка:

* - Во добиените вредности за Ra²²⁶ се влезени и вредностите од активностите за Pb²¹⁴, Bi²¹⁴, Po²¹⁰, Pb²¹⁰, U²³⁸.

** - Во добиените вредности за Th²³² се влезени и вредностите од активностите за Pb²¹² и Bi²¹².

Дискусија:

Дискусијата за горенаведените резултати е конструирана на основа на компарацијата со резултатите од истите радиоизотопи во средната проба на почвата од Јужна Европа, како што следи:

*Табела 5. Концентрации на радиоизотои во почвата во Јужна Европа
(Bk/kg)*

K-40	Средна вредност: 400	Дијапазон на концентрации: 140-850
U-238	Средна вредност: 35	Дијапазон на концентрации: 16-110
Ra-226	Средна вредност: 35	Дијапазон на концентрации: 17-60
Th-232	Средна вредност: 30	Дијапазон на концентрации: 11-64

Согласно со прикажаните резултати во Табела 2, за Скопските почви може да се каже следното:

- Добиените податоци за K-40, Ra-226 и Th-232 во испитуваните почви, во глобала се вклопуваат во средните вредности за истите радиоизотопи во почвите од Јужна Европа.
- Исклучок од ова, чини вредноста за K-40 (703 Bk/kg), која е скоро двојно повисока од средната вредност за почвата од Јужна Европа. Овој резултат најверојатно се должи на зголемените содржини на К-фелдспати (ортоклас и микроклин) во испитуваните проби. К-фелдспати потекнуваат од делот на Пелагонот од планината Каракица.
- Вредностите од Cs-137 потекнуваат од импактот од Чернобил.

Заклучок:

Податоците од γ -спектрометриските анализи, еднозначно укажуваат на многу слаба радиоактивност на испитуваните почви и истите со својата радиоактивност се вклопуваат во рамките на средните концентрации на испитуваните радиоизотопи од почвите на Јужна Европа.

4. ЗАКЛУЧОК

На основа на II-та фаза на еко-геохемиски мониторинг - детерминација на дистрибуцијата на As и Cd (со ICPS методата) во алувијалните почви од Скопско поле во истражуваниот простор од с. Рашче до с. Катланово, би можноло да се заклучи следното:

1. Детерминирани се три подрачја кои во минатото биле систематски изложени на антропогени влијанија, поради што истите се контаминирани со содржини на As (од цца 20 до цца 70 ppm) кои се 2-3 па и повеќе пати повисоки од МДК (20 ppm) за истиот елемент. Овие три подрачја се однесуваат на териториите:
 - **Од десната страна на р. Вардар од фабриката Охис, преку Горно и с. Долно Лисиче, с. Драчево до с. Огњанци од левата страна на истата река. Површината на оваа контаминирана територија е цца 30-40 km².**
 - **Втората контаминирана територија е регионот позади Рудници и Железарница Скопје, т.е. кон С и СИ од истата железара, а се однесува на просторот помеѓу населба Ченто, с. Стјковци, с. Црешево и просторот кон Лозарство и Чаир-Бутел. Овој простор е со површина од цца 20-25 km².**
 - **Третата контаминирана површина е најмала и изнесува околу 10 km², а се однесува на агрокултурните почви околу с. Текија, с. Миладиновци, с. Мршевци, т.е. просторот околу рафинеријата Окта.**

Контаминацијата на горенаведените три подрачја е од антропогено потекло и тоа како резултат на: најверојатно производните активности на Охис (поранешен производител на пестициди), Рудници и Железарница-Скопје, рафинеријата Окта, а веројатно и делумно како резултат на долготрајната - повеќе децениска употреба на агрехемиски средства (пестициди, вештачки губрива итн.) во земјоделието.

2. **Во оваа II фаза на геохемиски мониторинг не беа детерминирани контаминацији од аспект на Cd, чии концентрации се далеку под 1 ppm (МДК за Cd е 1 ppm). Имено, од 300 проби, во само една проба беше детерминиран 1,3 ppm Cd на просторот околу индустриската Боро Кајевиќ.**
3. Резултатите од гама спектрометиските испитувања на општо задоволство укажуваат дека испитуваните почви не се радиоактивни,

односно нивната радиоактивност е во ранг на интензитети за средна проба од Јужна Европа.

5. ПРЕПОРАКА

Со следните фази од овие истражувања би требало со една подетална мрежа на систематско опробување (на пример 250 x 250 м или 300 x 300 м) подетално да се доистражат горенаведените 3 контаминирани подрачја, детерминирани со овогодишната регионална еко-геохемиска методологија.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Abbey, S., Studies in “Standard samples” of silicate rocks and minerals 1969-1982, Geol. Survey of Canada, Ottawa, 1983.
2. Adriano, D. C. Trace elements in the terrestrial environment, Spr. Verlag, New York, 1986.
3. Alina K. Pendias, Henryc Pendias, Trace elements in soils and plants, USA, 1986.
4. Andjelov, M. Rezultati radiometrčnih in geokem. meritev za karto naravne radioakt, Slovenije, Geologija, Ljubljana, 1994.
5. Bowen, H. J. Environmental chemistry of elements. Acad. Press, London, 1979.
6. Haygart, P.T. et all., Atmospheric deposition of metals to agricultural surfaces. CRC Press Inc., Florida, 1992.
7. Le Maitre, R.W, Numerical Petrology: Statistical interpr. Of geoch. Data, Els. Sci. Pub. Company, Amsterdam, 1982.
8. Miesh, A. T. Geochem. survey of Missouri; methods of sampling, lab. analyzing and statistic. Reduction of data, Geol. Survey, Washington, 1976.
9. Pirc, S. et all, Geochem. surveys on carbonate terrains in Yugoslavia, Knižnica za geologiju, NTF, Ljubljana, 1987.
10. Pirc, S, Geochem. surveys based on statistical sampling design, Knižnica za geologiju, NTF, Ljubljana, 1985.
11. Sandercor, G. W. et all, Statistical methods, The Iowa State Univ. press, Iowa, 1967.
12. Šajn R. et all, Gech. atlas of the Ljubljana urban area, 3rd Int. Symp. on Env. Geoch., Krakow, 1994.

13. Šajn R. et all, Factor analysis of elemental distribution in soil of Ljubljana, 2nd Int. Symp., Budapest, 1994.
14. Pirc, S., et all. Geochem. Mapping of carbonate terrains, 28th Int. Geol. Congress, Washington, 1989.
15. Pirc, S., et all. Distribution pattern of mercury in Slovenia, 2nd Int. Symp., Budapest, 1984
16. M. Maletić, S. Jančev, K. Davkova, Heavy metals contamination of topsoil in the surroundings of the smelting-furnace Zletovo-Veles, Journal of Environmental Protection and Ecology, 2002.
17. Јанчев С., Малетиќ М., Тасев М., Давкова К., Влијание на антропогените фактори врз контаминацијата почвите во Велес, 2004.
18. Јанчев С, Богоевски С., Детална геогемиска проспекција на тешките метали-микроелементи (Pb, Zn, Cd, Cu, Sn, Cr, Ni, In, Ge, Ga) во агрокултурните почви на просторот помеѓу Башино село-Речани, Велес, 2004.
19. М. Арсовски, Тектоника на Македонија, 1997
20. S.Bogoevski, S.Jancev, Regional geochemical surveys on heavy-toxic metals (Pb, Zn and Cd) in soil samples from the Veles city area and its surroundings, Journal of Environmental Protection and Ecology, 2007.
21. S.Jancev, S.Bogoevski, E.Hristova, Geochemical surveys on toxic heavy metals Pb, Zn and Cd in agricultural soil samples from Bashino village-Rechani at the Veles city area, Macedonia, Journal of Environmental Protection and Ecology, 2007.

С О Р А Б О Т Н И Ц И :

Д-р Благица Близнакоска, вон. проф.

Емил Петрушев, дипл. инж. геолог

Никола Димов, дипл. инж. геолог

Дејан Павлов, дипл. инж. геолог

С О С Т А В И Л Е :

Д-р. Симеон Јанчев, проф.

Новица Столик, дипл. инж. геолог

Д-р. Слободан Богоевски, вон. проф.