

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
БИОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ**

Миљана М. Стојановић-Милосављевић

**ПРАВЦИ КРЕТАЊА
ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА У ВОДАМА
НАКОН НАТО БОМБАРДОВАЊА**

докторска дисертација

БЕОГРАД, 2002.



АБСТРАКТ

Докторска дисертација "Правци кретања полихлорованих бифенила у водама након НАТО бомбардовања" даје нови научни приступ у праћењу кретања полихлорованих бифенила у површинским и подземним водама, као последица ратних дејстава. Проучавањем су обухваћени акцидент, дистрибуција, прерасподела, инфилтрација, миграција, место и начин узимања узорака и принцип и поступак хемијске аналитике.

Истраживано подручје је водоток и седимент речног дна Лепенице од уласка у Крагујевац до ушћа у Мораву, водоток и приобални седимент речног дна Мораве и изворске и бунарске воде алувијона Лепенице, низводно од "Заставе", до завршетка крагујевачке котлине. Истраживано подручје карактерише: сиромаштво водом, бујични карактер водотока, песковито-глиновити алувијон са хумусом, где је дошло до продора полихлорованих бифенила у животну средину из трансформатора и кондензатора, 9. и 12. априла 1999. године услед НАТО бомбардовања "Заставе".

Полихлоровани бифенили имају моларну масу већу од воде, теже дну суда, изузетно су хемијски стабилни, добро се растварају у мастима (масном ткиву) и декларисани су као опасан отров. Својим присуством у води и земљишту, укључују се у ланце исхране, захваљујући својим кумулативним својствима имаће највеће последице на кичмењаке, а посебно на човека као крајњег конзумента. Полихлоровани бифенили доспеју у воду, таложе се, њима се хране ситне биљке и животиње, овима ситне рибе, па крупније, па птице... Увек је на крају човек, кога ће овај и други отрови просути НАТО бомбама деценијама хранити.

Израдом ове дисертације, дат је нов научни приступ у проучавању и истраживању праваца кретања полихлорованих бифенила у површинским и подземним водама, а у циљу заштите, очувања и унапређења животне средине, као и очувања и унапређења људског здравља и квалитета људског живота.

Кључне речи: полихлоровани бифенили, акцидент, вода, земљиште, концентрација, отров, здравље, кретање.

ABSTRACT

The doctor thesis "The distribution of polychlorinated biphenyls in waters after NATO bombardment" offers a new scientific approach in following the distribution of polychlorinated biphenyls in surface and deep waters as a consequence of war actions. The research includes accident, distribution, redistribution, infiltration, place and way of obtaining specimens and the principle and procedure of chemical analytics.

The investigated area is current and sediment of the river bed of the Lepenica from its entrance into Kragujevac to its empty into the Morava, the current and bank sediment of the river Morava bed, as well as spring and well waters of the Lepenica alluvion downstream from "Zastava" to the end of Kragujevac valley. The investigated area is characterized by privation of water, torrential character of current, sandy and clay alluvion with humus into which polychlorinated biphenyls penetrated from transformers and condensers due to NATO bombing of "Zastava" on 9th and 12th April 1999.

Polychlorinated biphenyls have molar mass greater than water; they tend to the bottom of the vessel; they are extraordinary chemically stable, well resolved in fats (adipose tissues) and proved to be very dangerous poisons. They enter the food chain when present in water and soil; owing to their cumulative properties they will cause the strongest effects on vertebrates and especially on the human as a final consumer. Polychlorinated biphenyls penetrate into water, and as deposited, they are consumed by small plants and animals which are consumed by small fish, than by bigger ones, later by birds... In the end, there is always the man who will consume this poison, as well as the other ones thrown by NATO bombs, for decades.

While doing this research, a new scientific approach was given to the study and investigation of the distribution of polychlorinated biphenyls in surface and deep waters in order to protect, preserve and improve the environment as well as to preserve and improve human health and quality of human life.

Key words: polychlorinated biphenyls, accident, water, soil, concentration, poison, health, distribution.

САДРЖАЈ:

1.	УВОД.....	1
2.	ОПШТИ ДЕО.....	4
2.1.	НАУЧНИ ЦИЉ И ЗНАЧАЈ.....	6
2.2.	РАНИЈА ИСТРАЖИВАЊА.....	7
3.	ОДЛИКЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА.....	9
3.1.	ХИДРОГЕОЛОШКЕ И ХИДРОЛОШКЕ ОДЛИКЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА.....	9
3.2.	ЕРОЗИЈА ТЛА.....	19
4.	СВОЈСТВА ВОДЕ И ВОДЕНИ ЕКОСИСТЕМИ.....	22
4.1.	ВОДЕНИ ЕКОСИСТЕМИ.....	22
4.1.1.	Извори.....	23
4.1.2.	Брзи потоци.....	23
4.1.3.	Споре текућице.....	24
4.1.4.	Подземне воде.....	25
4.1.5.	Стајаће воде.....	26
4.1.6.	Језера.....	27
4.1.7.	Баре.....	29
4.2.	ЗАГАЂЕЊА ВОДА.....	29
4.3.	ЕПИДЕМИОЛОШКИ ЗНАЧАЈ ВОДЕ.....	34
4.4.	ХИГИЈЕНСКИ ЗНАЧАЈ ВОДЕ.....	37
4.5.	ФИЗИОЛОШКИ ЗНАЧАЈ ВОДЕ.....	48
4.6.	ФИЗИЧКА И ХЕМИЈСКА СВОЈСТВА ВОДЕ.....	43
4.6.1.	Кружење воде у природи.....	46
4.7.	ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА.....	48
4.8.	ПОЛИХЛОРОВАНИ БИФЕНИЛИ У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ.....	54
5.	МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ.....	58
5.1.	ПРОДОР ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА У ЖИВОТНУ СРЕДИНУ (АКЦИДЕНТ).....	58
5.2.	УЗОРЦИ.....	68
5.2.1.	Правила узорковања.....	68
5.2.2.	Време и место узорковања.....	69
5.2.3.	Узорци површинских вода.....	70
5.2.4.	Узорци подземних вода.....	71
5.2.5.	Узорци седимента.....	71
5.2.6.	Начин узимања узорака.....	73
5.3.	ПРИПРЕМА УЗОРКА И АНАЛИТИЧКИ ПОСТУПАК.....	73

6.	РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА	75
6.1.	СТАЊЕ ПАДАВИНА У ИСТРАЖИВАНОМ ПЕРИОДУ.....	75
6.2.	ИСТРАЖИВАНЕ ВОДЕ.....	76
6.3.	ПОВРШИНСКЕ ВОДЕ	77
6.4.	РЕЧНИ СЕДИМЕНТ	84
6.5.	ИЗВОРИ И БУНАРИ	90
6.5.1.	Извори	91
6.5.2.	Бунари	93
6.6.	КРЕТАЊЕ ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА У ПОВРШИНСКИМ ВОДАМА.....	98
6.7.	КРЕТАЊЕ ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА У СЕДИМЕНТУ РЕЧНОГ ДНА	100
6.8.	ПРАВЦИ КРЕТАЊА ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА У ВОДАМА ИЗВОРА И БУНАРА.....	102
6.9.	ПРЕДЛОЗИ ЗА ДАЉЕ ПРАЋЕЊЕ КРЕТАЊА ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА	104
6.10.	ОЧЕКИВАЊА.....	107
7.	ЗАКЉУЧЦИ.....	109
8.	ЛИТЕРАТУРА.....	116



1. УВОД

Разарањем великих индустријских постројења током НАТО бомбардовања вишеструко је угрожена животна средина и прекршене су следеће конвенције из области заштите животне средине:

- Међународна конвенција о спречавању загађивања мора уљем (усвојена 12. маја 1954. године);
- Међународна конвенција о интервенцији на отвореном мору за случај несреће коју проузрокује загађење нафтом (усвојена 29. новембра 1969. године);
- Споразум о рибарству, водама Дунава, између влада ФНРЈ, НР Бугарске, Румунске Народне Репблике и СССР (закључен 29.02.1958. године);
- Конвенција о заштити птица (усвојена 18. октобра 1950. године);
- Конвенција о мочварним подручјима која су од значаја нарочито као станишта птица мочварица "Рамарска конвенција" (усвојена 02. фебруара 1971. године);
- Конвенција о заштити светске културне и природне баштине (усвојена 23. новембра 1972. године);
- Конвенција о заштити културних добара у случају оружаног сукоба "Хашка конвенција" (усвојена 14. маја 1954. године);
- Протокол о посебно заштићеним подручјима Средоземног мора (усвојен 03. априла 1972. године);
- Споразум о заштити вода реке Тисе и њених прихода од загађивања (усвојен 03. априла 1982. године);

- Конвенција о прекограничном загађивању ваздуха на великим удаљеностима (усвојена 13. марта 1979. године);
- Бечка конвенција о заштити озонског омотача (усвојена 22. марта 1985. године);
- Конвенција о риболову и очувању биолошког богатства отвореног мора (усвојена 26. априла 1958. године);
- Конвенција о контроли прекограничног кретања опасних отпада и њиховом одстрањивању "Базелска конвенција" (усвојена 22. марта 1989. године);
- Конвенција ОУН о промени климе (усвојена 1992. године);
- Конвенција о биолошкој разноврсности (усвојена у Рио Де Жанеиру јуна 1979. године);
- Конвенција о очувању биљног и животињског света и природних станишта Европе "Бернска конвенција" (усвојена 19. септембра 1979. године);
- Конвенција о очувању миграторских врста дивљих животиња "Бонска конвенција" (усвојена 23. јуна 1979. године).
- Поред наведених конвенција, прекршене су и многе друге из области заштите животне средине, заштите вода, заштите ваздуха и посебно, заштити, очувању и унапређењу људског здравља и квалитета људског живота.

Током НАТО бомбардовања ракетан је и разорен велики број индустријских објеката из којих су продрле у животну средину токсичне и опасне материје у великим количинама са непроцењивом штетом по животну средину. Приликом бомбардовања хемијска средства нису употребљавана, али по количинама које су се излиле, токсичности и стабилности великог броја хемијских једињења и супстанци из разорених индустријских објеката као и стварним штетама и трајним ефектима на животну средину може се рећи да је било и хемијског рата.

Према подацима Уједињених нација перманентно се смањују количине незагађене воде из постојећих извора, а загађење је двоструко веће од стопе раста популације.

Такође, према подацима Уједињених нација вода је узрок смрти око 25 милиона људи годишње, а половина заразних болести преноси се управо путем воде. Недостатак и лош квалитет воде угрожава 22% становништва у Медитерану, тј. 47% у Африци. Не постоје званични подаци за нашу земљу колико је становништва угрожено и у ком степену због загађења воде било пре НАТО бомбардовања, а колико после.



2. ОПШТИ ДЕО

Вода је извор живота на земљи и најобимнија материја у природи, Најраспрострањеније је једињење кисеоника и водоника у природи, основни је елемент биосфере, представља јединствену материју која се не може заменити ни једном природном нити вештачком материјом.

У атмосфери се вода налази у облику паре, у литосфери у облику подземних вода, а у биосфери у форми океана, мора, језера, река, бара, снега и леда. Вода је "колевка живота", чини општу основу свих живих бића, а на земљи готово да нема воде без живота. Само нека жива бића могу се одржати у животу у апсолутно сувој средини, али само у латентном облику, док је за њихов раст и размножавање неопходна вода.

Људска цивилизација и прва организована насеља људи настала су поред воде, на обалама река, језера, мора... Данас око 80% човечанства живи у низијама и побрђу до 500 м надморске висине, а већина милионских градова налази се на обалама великих река и морских приобаља.

Развојем цивилизације човек троши све више воде као примарну и секундарну сировину у сврху израде материјалних добара, коју у току технолошког процеса производње загађује, те се као таква не може употребити.

Развојем индустрије дошло је до изградње разноврсних технологија, повећања пратећих насеља и урбаних средина, зато долази до наглог повећања потреба за чистом технолошком питком санитарном водом.

На почетку развоја светске индустрије воде се нису пречишћавале, већ их испуштали у основном облику и тако загађивали подземне и површинске воде, земљиште (копно) и атмосферу, тј. вишекомпонентну средину у којој сва жива бића обављају своје животне функције.

У садашњем времену изузетно је тешко пронаћи незагађене воде и снабдевати становништво хигијенски исправном водом, а индустрију технички прихватљивом водом. Садашња цивилизација врши све већи притисак на повећање потрошње воде, па се нагло повећава искоришћавање подземних вода.

Крагујевачки регион спада у пределе који су изузетно сиромашни водом. Крагујевачку котлину чине различити типови земљишта, биљни свет је знатно измењен у односу на прошлост, посебно шумски покривач (што има за последицу смањену количину падавина), велики број извора и водотока су сиромашан водом, а један од узрока је недовољна количина падавина. Зато је и настала изрека "Обилази као киша Крагујевац".

Снабдевање града Крагујевца водом за пиће и проблеми који из њега произилазе везани су за природно географске одлике, неповољне климатске, хидролошке и хидрогеолошке услове, као и нагли пораст становништва.

Поремећај квалитета вода и поремећај водоснабдевања становништва водом за пиће могу настати у време мирнодопских и ратних катастрофа. Ови поремећаји настају услед поплава, суша, земљотреса, ратних разарања и загађења вода, водних објеката и водотокова, хемијским, биолошким и радиоактивним материјама.

У мирнодопским условима забележено је више поремећаја квалитета вода (тј. више загађења), не само водотокова већ и водних објеката.

Загађења водотокова су настала као последица поплава или као последица прекомерног испуштања непрерађених индустријских отпадних вода.

Воде водних објеката су загађиване првенствено због необезбеђених зона санитарне заштите, а ређе поплавама.

2.1. НАУЧНИ ЦИЉ И ЗНАЧАЈ

Не постоје писани документи који говоре о загађењу вода полихлорованим бифенилима као последици ратних дејстава (Први и Други светски рат).

Циљ ове дисертације је да на подручју крагујевачког региона, адекватним одабиром места узорковања вода, прописаним и одговарајућим начином узорковања, правилним транспортом и чувањем узорака и провереним и поузданим аналитичким методама, идентификује и одреди полихлороване бифениле и утврди правце њиховог кретања у водама, као последице НАТО бомбардовања 1999. године.

Ово проучавање обухвата:

- *физичкохемијска и токсиколошка својства полихлорованих бифенила;*
- *поступак, принцип и начин узорковања;*
- *адекватан одабир места и врста узорка;*
- *принцип и поступак аналитичких метода најпоузданијих за одређивање концентрације полихлорованих бифенила;*
- *природу акватичних екосистема;*
- *геолошке, хидрогеолошке, хидролошке и хидрохемијске одлике средине, односно истраживаног подручја;*

- *пут, начин и време продора полихлорованих бифенила од места акцидента до површинских и подземних вода;*
- *правац, пут и време продора полихлорованих бифенила у површинским и подземним водама;*
- *количину полихлорованих бифенила у површинским и подземним водама у функцији времена и у односу на климу и годишње доба;*
правце кретања полихлорованих бифенила у површинским подземним водама са предлогом мера за даље праћење кретања.

2.2. РАНИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Крагујевац је основан 1476. године у крагујевачкој котлини, где се стичу крајњи огранци Гледићких планина, Рудника и Црног Врха, између којих протиче река Лепеница.

У Лепеницу се уливају: Грошничка река, Драчка река, Ждраљица, Дивостински, Ердоглијски, Сушички и Бреснички поток.

Када је 1818. године, Крагујевац постао престоница ослобођене Србије, повећао се број становника, а повећавале су се и потребе за водом. Зато, од тада почиње трагање за извориштем за снабдевањем водом, а самим тим и истраживање квалитета вода. Први запис о изливању Лепенице сачинила је трочлана комисија 4. маја 1820. године, а од тада па до данс формиран је велики број различитих екипа и комисија које су се бавиле истраживањем и проучавањем вода, са веома истакнутим и познатим појединцима, из разних научних области. Циљ истраживања ових комисија био је да пронађу адекватно извориште за снабдевање водом за пиће Крагујевца на дужи временски период (што, на жалост, ни до данас није успело).

Постоје записи да је Кнез Милош још 1835. године, помишљао на "навраћање" воде из Ибра или Мораве, али је тек 1868. године, комисија

која је основана за снабдевање водом Крагујевца, оставила запис о квалитету воде и утврдила да је "вода из два бунара слана".

Крајем XIX века др Марко Лeko и др Вукашин Панајотовић су хемијском анализом утврдили да је бунарска вода "загађена".

Немачки путописац Феликс Каниц, при путовању кроз Србију (1859-1868) записао је да у Крагујевцу "нема довољно воде и да је лоша за пиће".

Тодор Секуловић и Никола Стаменковић, професори Велике школе, 1886. године, објавили су први рад о квалитету и количини воде, а од тада до данас објављен је велики број радова и истраживања која се односе на воде крагујевачког региона.

Први обимнији рад је "Језерска пластика Шумадије" Јована Цвијића, са геолошким и геоморфолошким подацима, "Веgetација у околини Крагујевца", В. Вељовића, "Крагујевац и околина", Ж. Степановића и М. Милановића, "Хидролошке одлике крагујевачке котлине" Ж. Степановића, "Река Осаница" С. Станковића... (20, 21, 22, 23, 24, 25, 26).

Постоји велики број радова који се односи на квалитет вода и воде за пиће у Крагујевцу, међу чијим ауторима је и аутор ове дисертације.

Полихлоровани бифенили нису нађени у водама све до НАТО-бомбардовања 1999. године.



3. ОДЛИКЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА

3.1. ХИДРОГЕОЛОШКЕ И ХИДРОЛОШКЕ ОДЛИКЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА

На позив кнеза Милоша Обреновића, саксонски рудар, барон Зигмунд Аугуст Волфганг Хердер, 1835. године, започео је прва геолошка истраживања. Од првог истраживања па до данас, објављен је велики број научних радова из ове области. Најсвеобухватније радове о крагујевачкој котлини дао је почивши професор крагујевачке Гимназије др Живадин Степановић.

Вома разноврстан стратиграфски и литолошки састав карактерише крагујевачку котлину.

Стратиграфски састав је сложен јер су заступљене све три геолошке ере по начину постанка, а такође и по времену настанка (159).

Прекамбијска ера: најстарије метаморфне стене чине грађу Црног Врха и заузимају знатно пространство источног обода крагујевачке котлине.

Од Жежеља од Шушњаје и на левој страни Лепенице од Ресника и Бадњевца до Војиновице, на површини од око 62 м² (111) пружају се кристални шкриљци ове ере, а такође налазе се у облику две мање оазе у пределу Гледићких планина и на Липовој глави.

Палеозојска ера: метаморфне стене ове ере настале су метаморфозом седиментних стена јер се осим шкриљавости уочава и слојевитост. Флиш се налази међу метаморфним стенама. Мермер се јавља у виду мањих оаза као слојевит, плочаст и претежно поремећени и заузима површину од 3 км² (75).

Мезозојска ера: тријес није заступљен у крагујевачкој котлини, док креда и кредне творевине чине пространство од око 135 км² (75) на јужном ободу котлине. У крагујевачкој котлини јавља се посебан тип дијабаз-ројничке формације горње јуре са серијом шкриљаца, која је означена као шкриљасто глиновита рожначка серија, а чине је црни и сиви глинци, црвенкасти рожнаци и мрки шкриљци, који су јако убрани и у распадању.

Титон-валендијски комплекс је заступљен на северозападном делу котлине и чине га пешчари, глинци и рожнаци. Творевине доње креде су најраспрострањеније и заступљене су на западном ободу котлине.

Кенозојска ера: око 250 км² крагујевачке котлине је заступљено кенозојским седиментима, што је око 53,3 % укупне површине (16).

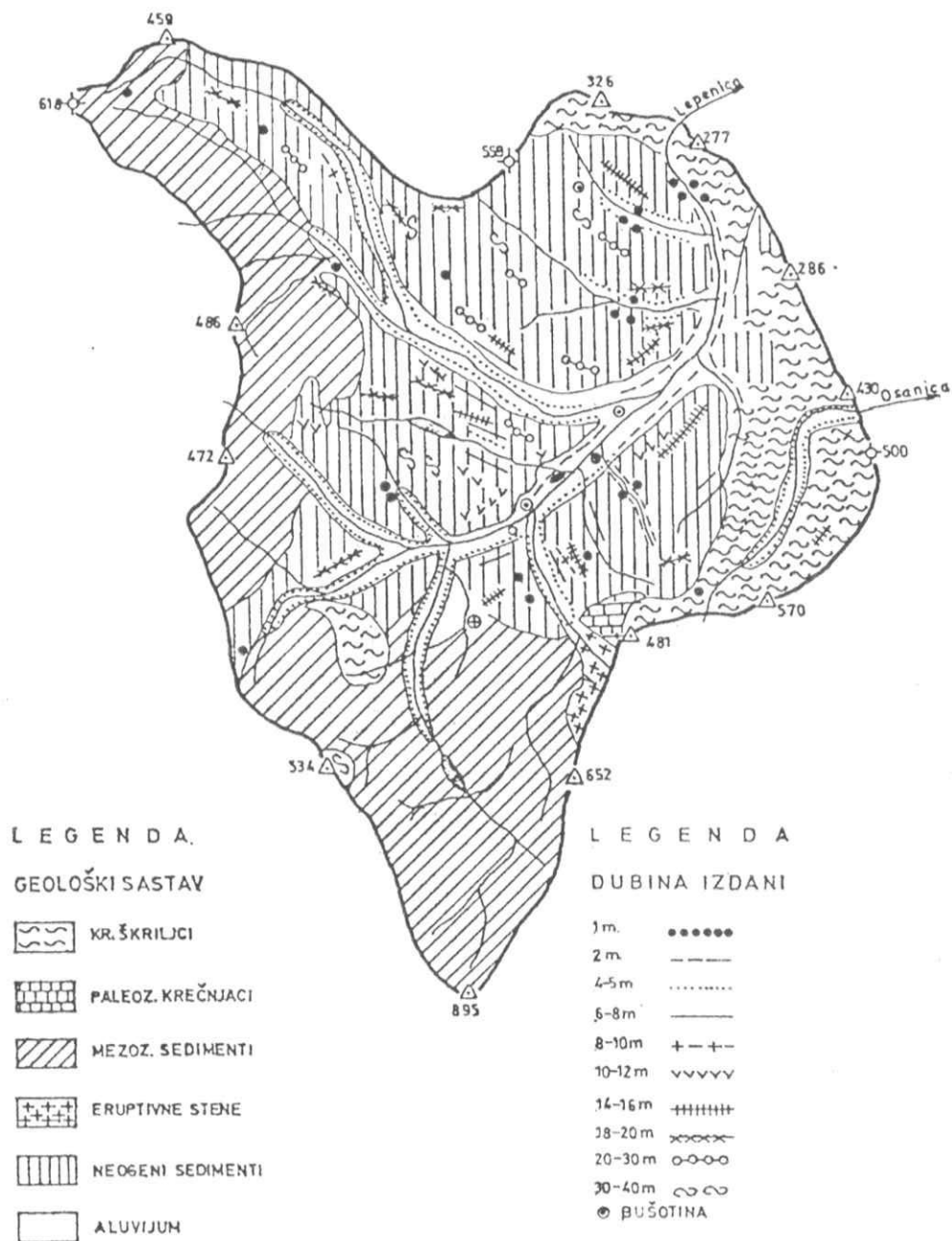
Неогене седименте чине: песак, глина, лапорци и кречњаци, наталожени за време постојање језера у крагујевачкој котлини, средње и горње миоценске старости.

Квартер је представљен дилувијумом и алувијумом, а чине га глина, песковите глине, шљункови, пескови и слично, а леже преко неогена.

Дилувијум је запажен на тераси Лепенице од 38 метара, код железничке станице у Грошници (140), а пронађени су остаци мамута у дилувијалној глини у Белошевцу и Петровцу (111).

Алувијум је заступљен у виду речног наноса по дну речних долина и најмлађи је стратографски члан.

Најизраженије алувијалне равни имају Лепеница и њене притоке: Ждраљица, Грошничка река, Драчка река и Петровачка река. Пошто ове реке протичу преко глиновитог терена, то је алувијални нанос дебљине до 5 метара претежно муљевит и ситан.



Слика бр. 1

Хидрогеолошка скица Крагујевачке котлине (168)

На хидролошке одлике крагујевачке котлине утичу: геолошки састав, рељеф, клима, вегетација и, наравно, човек. Ова котлина је специфична по томе што има разноврстан стратографско-литографски састав, рељеф (бројне епигеније, површи и урвине) и велики број извора и водотока изузетно сиромашних водом. Један од узрока што је ово подручје сиромашно површинским и подземним водама је недовољно падавина. Због тога је ово подручје сиромашно површинским и подземним водама, воде остале предмет интензивног истраживања још почетком XX века.

Подземне воде налазе се на различитој дубини: у виду издани са слободним нивоом, са нивоом под притиском, (субартерске и артерске издани).

Алувион и растресити неогени седимент су главни резервоари подземних вода, а од старијих стена најводопрпусније су кречњаци и мермери. Остале творевине су слабо водопрпусне или водонепрпусне. Алувијални нанос је најбољи колектор подземних вода, али ова издан чини само десети део, па нема већи значај. Ова издан не обилује водом, јер се претежно састоји од крупног шљунка са хумусом дебљине 5 м, а испод је слој водонепрпусне глине, дебљине до неколико десетине метара (81). Дебљина издани у алувиону у близини речних корита је један до два метра (168), а ка ободу повећава се до 4 метра и налази се у заглињеним шљунковима и песковима. Ова издан се храни на рачун воде од падавина, сливањем површинских вода, дотицањем подземних вода из виших делова и речним водама. Код максималног водостаја река, отапања снега и обилних падавина (крајем зиме, почетком пролећа) издан је најплића и најбогатија водом, а крајем лета и почетком јесени издан је дубља и сиромашнија водом. Крајем зиме и почетком пролећа, због слабог отицања снежанице и због високог водостаја река, упијање земљишта иде до засићења, тј. до површине терена где се вишак воде задржава у виду бара.

Издан у неогеним наслагама јавља се на различитим дубинама и у више слојева. Ове издани најчешће чине слојеви песка и шљунка, испод

којих су непропусни слојеви глине, који се смењују у хоризонталном и вертикалном правцу и чине централни део крагујевачке котлине. У овој издани има више хоризоната воде са најчешћом дужином од 12 до 14 метара (али су нађени и на 5 м и на 36 м) (168). Ове издани се, углавном, хране инфилтрацијом вода од падавина, а на ободу котлине од издани из виших делова.

Издан неогеног терена ове котлине је изузетно слабе издашности, јер од 160 извора, 140 има издашност 0,2 lit/sec, а бунари 1 lit/sec (168).

Издани у теренима од старијих стена, због локалног распрострањења немају већи значај.

Извори у кристалним шкриљцима имају слабу издашност, али не пресушују.

У брдско-планинском делу котлине подземне воде јављају се на већим дубинама и то од 26 до 32 м (168).

Субартерска и артерска издан слабо је заступљена на простору са кристалним шкриљцима и мезозојским стенама, док се у неогеном терену појављује под пристиском и слојевима песка и шљункова. Истраживања су показала да је ова издан најразвијенија, али није и довољно поуздана јер бушотином од 260 метара на тргу "Код крста" 1963. године, није пронађена вода (6).

Температура подземних вода се у зимском периоду креће од 7 до 10 °С, а у летњем од 11 до 14,5 °С. Постоје бунари и извори чија температура воде није променљива (81,83).

На површини од 452 км² налази се 520 извора, што просечно износи 1,1 извор на 1 км². У зависности од геолошког састава, највише извора налази се на источном ободу у метаморфним стенама, затим у мезозојским стенама, а најмање у неогеним теренима, У односу на начин постанка, ови извори су гравитациони и узлазни.

Гравитациони извори су распоређени по странама речних долина, на додиру речног корита и обале, и долињских страна и алувијалне равни.

Узлазни и пукотински извори су јако ретки, нешто мало гасираних, затим више гравитационо-пукотинских и ерозијских, док је највише гравитационо-контактних извора (168).

Минералних извора има у занемарљивом броју и углавном садрже мање минерала.

Мерењем издашности извора у сушном и кишном периоду потврђено је да се хране водама од падавина. Сви извори на овом подручју су слабе издашности, од 0,1 до 0,2 lit/sec, што, када се прерачуна на 520 извора, даје укупну издашност од 104 lit/sec. Овај податак најбоље говори о сиромаштву водом крагујевачке котлине (103).

Извор на највећој надморској висини је извор "Хајдучка вода" на Гледићким планинама, који се налази на 800 м надморске висине, а извор на најнижој надморској висини је "Јоксимовића извор" у Реснику на 134 м надморске висине (71).



Слика бр. 2

Карта размештаја извора у Крагујевачкој котлини (168)

У крагујевачкој котлини заступљени су скоро сви типови тла који се јављају у нашој земљи: смоница, гајњача, црвеница, подзол, алувијум, и скелетно земљиште. Неки типови су заступљени у подтиповима, због чега

се на краћем растојању запажа прави мозаик типова тла. Од типова тла зависи степен ерозије тла, појава урвина, инфилтрација воде од атмосферских падавина, испаравање и сл. За размештај типова тла од посебног је утицаја рељеф, јер је у долињским равнинама река заступљен алувијум на нижем побрђу - на долињским странама и површинама је смоница, затим на вишем побрђу је гајњача и делимично подзол, а на планинском земљишту преовлађује скелетно земљиште.

Раније формиран тип тла под утицајем климе су зонална-климатогена тла: **смоница, гајњача, црвеница и подзол**. Ту су зонална тла, алувијум и скелетно земљиште.

Смоница је основни тип земљишта у крагујевачкој котлини, налази се у средњем и нижем делу, претежно на осојним, долињским странама. Настала је из муља неогеног језера и садржи око 70% честица глине што јој даје неповољна физичко-хемијска својства, које јој умањују вредност. Она је збијено земљиште, тешко за обраду, а у сушном периоду очврсне и испуца. Кроз пукотине понире вода, те је смањено упијање и задржавање воде у површинском делу. У влажном периоду је лепљива и чини глиб, што подсећа на смолу, вероватно је отуда и име смоница.

На терену са смоницом чешћа је појава клижења земљишта. Ђубрењем вештачким и природним ђубривима земљиште добија мрвичасту структуру, повећава се упијање влаге, смањује се исушивање и пуцање, лакше се обрађује и већи су приноси. Деловањем природних фактора смоница је изложена разним процесима деградације па осим праве смоница има и: смонице огајњачење, у огајњачавању, затим у уподзољавању и еродирание.

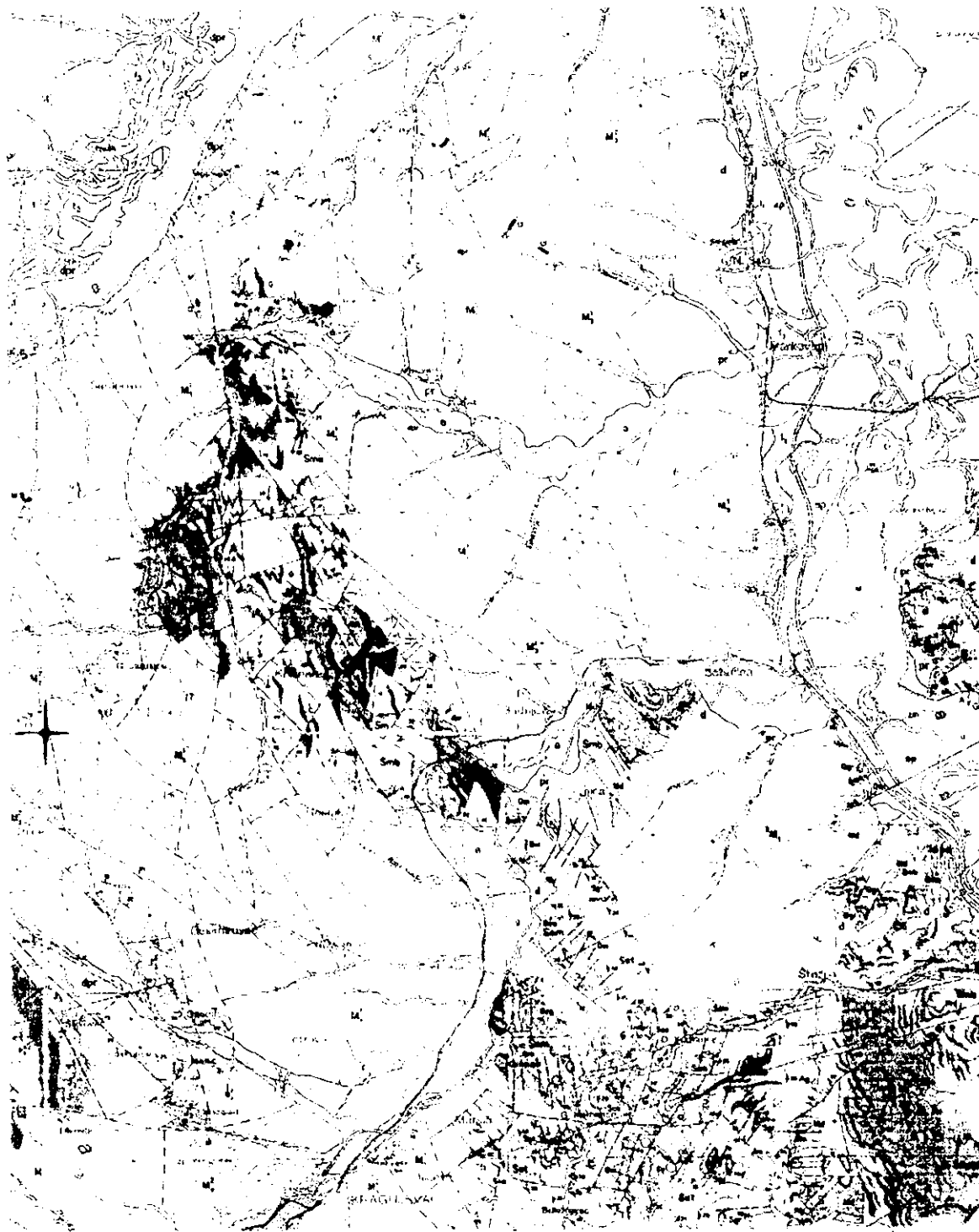
Гајњача је секундарни тип земљишта у крагујевачкој котлини, јер је настала од смонице уништавањем шума - гајева и деловањем падавина; при чему је испирањем хуминског слоја смоница изгубила црну боју и прешла у гајњачу мрке од боје цигле. Мање је плодна од смонице, јер су у сушном периоду због већег сливања воде од падавина и мањег упијања приноси умањени. Деловањем кишнице и променом биљног покривача настали су под типови: гајњача у подзољавању, плитка гајњача и оподзољена гајњача. Гајњача се јавља на вишем терену изнад смонице.

Подзол је заступљен на малом пространству, а формирао се из гајњаче на вишем заравњеном терену, где су веће падавине и већа влажења, а мања отицања. Садржи врло мало хумуса и представља најнеплодније земљиште. Због већег присуства песка и иловаче има сиво-пепељасту боју (пепељуша).

Црвеница је тип земљишта који је заступљен на најмањем простору котлине, јавља се на терену доњокредних кречњака и горњокредних сенонског флиша. Црвеница је плитко земљиште са малим садржајем хумусних материја.

Алувијум у крагујевачкој котлини спада у тла која се формирају под дејством водотокова, чини га речни нанос у коме преовлађује песковито глиновите насlage. Богат је хумусом зато представља најплоднији тип земљиште. Најчешће је смеђе боје, а са дубином се мења у сиву. Ово земљиште је влажно, добро чува влагу и ретко се суши и испуца. У њему је плитка издан; а код отапања снега и пролећних киша дуго је под водом и честе су поплаве овог земљишта. Алувијум је заступљен на 46 км² (169) по дну речних долина, у алувијалним равнинама река Лепенице, Грошничке реке, Ждраљице, Петровачке реке, Осанице, Груже, као и алувијалним равнинама појединих потока.

Скелетно земљиште после смонице заузима највеће пространство, а јавља се на оголелом вишем побрђу посебно на планинском земљишту. Настало је распадањем и ситњењем стена из подлога или деловањем ерозија, зато је плитко и сиромашно плодним честицама. Хетерогеног је састава и састоји се од растресите земље и делова распаднутих стена разних величина и фракција. Слабо задржава воду, због већег сливања низ нагибе терена, па је за прављење физичких и хемијских особина и плодности потребно ђубрење. Скелетно земљиште је млађи тип тла, који је у формирању под утицајем: рељефа, геолошких састава, климе и биљног покривача. Најчешће је смеђе, затим сиве и руде боје што зависи од геолошког састава.



Слика бр. 3

Геолошка карта истраживаног подручја

3.2. ЕРОЗИЈА ТЛА

Ерозије су процеси разарања и одношења материјала са виших у ниже делове земљине површине. Настаје као последица дејства воде (клиничког и хемијског), ветра, леда, таласа. Ерозијама се најчешће јављају састојци са терена, а текуће воде их односе до језера и мора, или се налазе у долинама река градећи тзв. алувијалне наслагае. Састав алувијалних наслага мења се дуж речног тока, пошто се крупнији материјал одложи, а ситнији касније, јер га вода лакше носи.

Ерозијама тла у крагујевачкој котлини погодују природни и антрополошки услови. У овој котлини су стене отпорне и везивне моћи, расчлањеност рељефа са нагибом земљишта, густа мрежа водотока са израженим речним падовима, разни типови растреситог тла, чести пљускови јачег интензитета, а такође начин коришћења земљишта и обезшумљеност терена омогућавају текућој води и кишници при сливању да испоље велику разорну моћ.

Ерозијом тла крагујевачке котлине настале су бројне вододерине и јаруге, а од таложења спратног материјала на ушћима бујичних токова су бројне плавине незнатних димензија. Ерозија на овом подручју се развила као последица нерационалног коришћења шума и пољопривредних површина, па је претежно антропогеног карактера.

На истраживаном подручју заступљен је рецентни ерозивни процес у облику вододерина, јаруга, ерозивни облици рељефа. На ушћима еродираних токова, таложењем еродираниог материјала, стварају се плавине, као и акумулативни облици рељефа.

Мерењима и истраживањима групе стручњака из Института "Јарослав Черни" утврђено је да је за 13 година, од 1938. до 1950. године, Грошничко језеро засуто са 320.287 м³ наноса. Тиме је смањена првобитна запремина басена за 14,8 %. Највећи део наноса доспео је за време катастрофалне

провале облака у Трешњеваку 1943. године, када је срушена заштитна брана на улазу у Грошничко језеро.

Вода је животна средина у којој су настали први облици живота. У природи се разликују заједнице океана и мора и заједнице копнених вода: потоци, реке, баре, језера и њима сличне познате као текуће и стајаће воде.

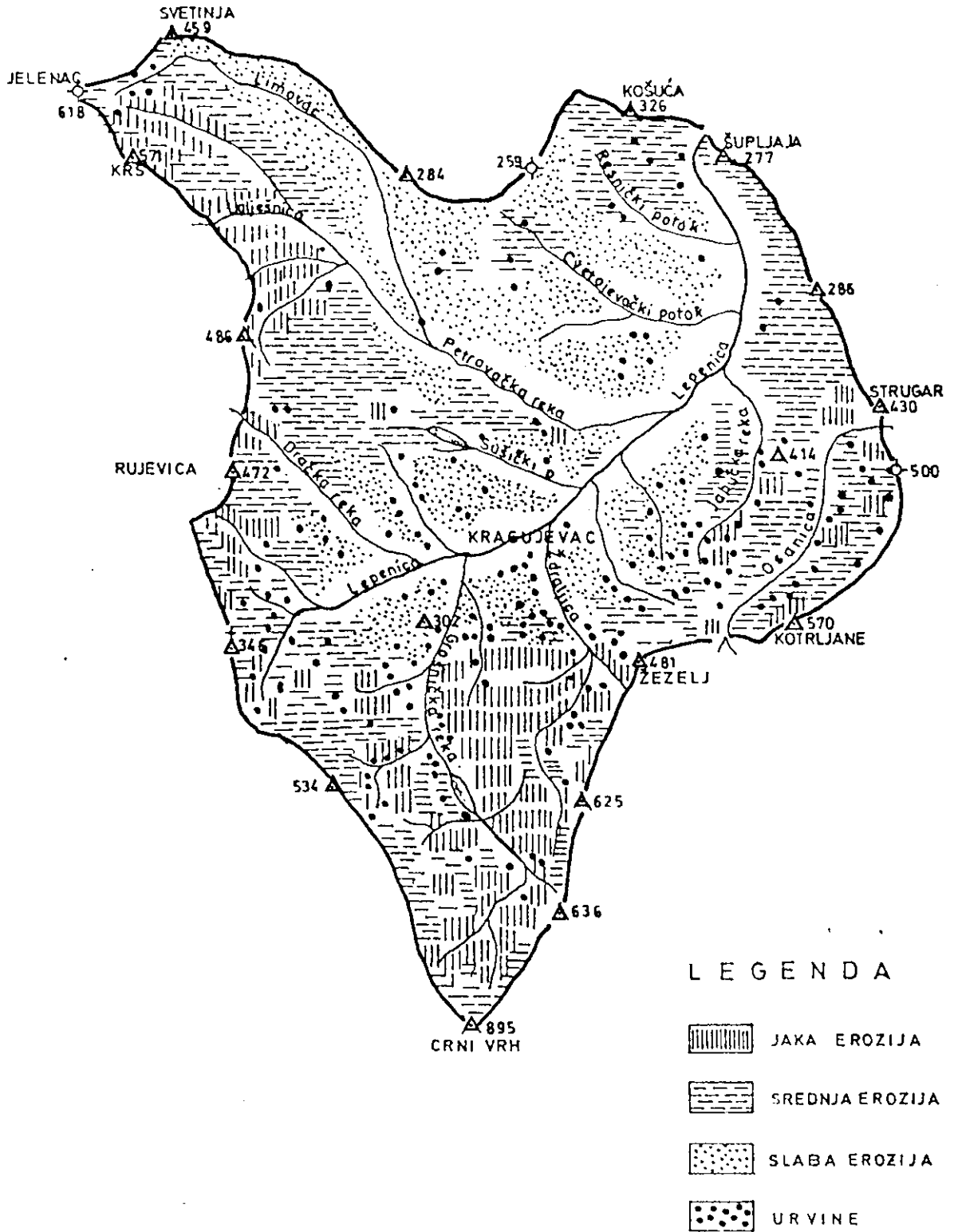
Контролни и ограничавајући фактор у текућим водама представља ток воде који је условљен нагибом речног корита. У брзини воденог тока једне реке постоји уздужни градијент, бржи је у горњим деловима, а опада према ушћу, где се може свести на минимум. Брзи токови вода еродирају подлогу и носе низводно еродирани материјал до "одређеног депонирајућег места".

Велику концентрацију кисеоника у води која брзим планинским поточима некада достиже степен засићења, омогућава релативно мала дубина, велика изложена површине воде и стално мешање и кретање воде.

Физичко-хемијске и хемијске особине текућих вода, као и други природни фактори чине различите комбинације еколошких услова на појединим деловима уздужног профила, па се као последица јављају животне заједнице текућих вода зонално распоређене.

Текуће воде су извори, реке и подземне воде, а могу бити брзе текуће воде (планински поток) и споре текуће воде (равничарске реке).

Стајаће воде су језера и баре.



Слика бр. 4

Карта ерозије тла и урвина у Крагујевачкој котлини (168)



4. СВОЈСТВА ВОДЕ И ВОДЕНИ ЕКОСИСТЕМИ

4.1. ВОДЕНИ ЕКОСИСТЕМИ

Вода као животна средина има многоструки и примарни значај у природи, јер је у њој настао живот и још увек се одржава. У природи се разликују заједнице мора и океана и заједнице копнених вода које чине потоци, реке, баре, језера и њима сличне, познате као текуће и стајаће воде. У текућим водама основни контролни и ограничавајући фактор представља ток воде условљен нагибом речног корита. По правилу у брзини воденог тока једне реке постоји уздужни градијент, тако да је бржи у горњим деловима, а опада према ушћу где се може свести на минимум. Последица тока воде је пре свега физичка природа дна реке и потока. Брзи ток воде еродира подлогу и носи низводно захваћен материјал до одређеног "депонирајућег" места. Грубљи материјал (ситно и крупно камење) се прво депонује, затим ситнији камен и шљунак, а са смањивањем брзине воденог тока депонују се ситније минералне (песак и муљ) и органске честице. Велику концентрацију кисеоника у води која у брзим планинским потоцима често достиже степен засићености омогућава релативно мала дубина, велика изложена површина воде и стална кретања и мешања воде. Физичка и хемијска својства текуће воде као и други природни фактори праве различите комбинације еколошких услова на појединим деловима уздужног профила, па се као последица јављају

животне заједнице текућих вода зонално распоређене. Уобичајена подела текуће воде на горњи, средњи и доњи ток заснива се на разликама у брзини воденог тока и углавно одговара зоналном распореду живог насеља. Текуће воде су извори, потоци, реке и подземне воде. Могу бити брзе текуће воде (планински потоци) и споре текуће воде (равничарске реке). Стајаће воде су језера и баре.

4.1.1. Извори

Извори заузимају мали простор али су веома значајни за проучавање, јер представљају својеврсне природне лабораторије у којима је скоро константан хемијски састав воде, брзина тока и температура. У изворишном станишту основне животне заједнице чине маховине, амфиподни рак, планарије, пуж, ефемероптерска ларва, колепотерски инсекти и друге.

Крагујевачка котлина обухвата 452 км² и на њој се налази 520 извора укупне издашности 104 lit/sec, или 0,2 lit/sec по једном извору (68).

Најмање извора се налази у неогеним седиментима.

Према начину постанка извори су : гравитациони (ерозиони, контактни и пукотински) и узлазни (пукотинско-раседни и гасирани).

4.1.2. Брзи потоци

Брзина тока воде је изнад 2 m/sec (2), а одликује их и оскудица водне вегетације, мала дубина и дно прекривено камењем које вода често помера.

Температура воде је ниска, са мањим варирањима, те њихову животну заједницу чине многи стенотермни организми.

Ова животна заједница је богатија од заједнице извора.

Већи део становника брзо текућих вода има низ карактеристичних адаптација на брзи водени ток, као што су сесилни и хемисесилни начин живота, појава органа за причвршћивање, спљоштени облик тела... Ове адаптивне особине су се јавиле да би спречиле струју воде да однесе животиње.

У саставу поточне фауне издвајају се три еколошке групе: реобинити, реофилне животиње и реоксни организми.

На истраживаном подручју налазе се три потока бујичног карактера, а по брзини тока не припадају брзим планинским потоцима. То су: Дивостински поток, Сушички поток и Ердоглијски поток (Петровачки поток - Угљешница).

4.1.3. Споре текућице

У споре текућице се убрајају реке у доњем току и низијске реке и одликује их мала брзина воденог тока.

Велике равничарске реке имају изражена колебања водостаја, што доводи до поплава и сезонских температурних колебања, док су светлосни услови углавном константни. Дно реке је прекривено муљевитим и песковитим наносима. Миран ток воде ствара повољне услове за развитак микрофитне вегетације.

Водотоци на истраживаном подручју имају бујични карактер, сиромашни су водом, хране се кишницом и снежаницом, па за време отапања снега, пљускова и провала облака набујају и изливају се.

Ово подручје припада сливу две реке: Лепенице, којој припада 420 км² или 93 % укупне површине и Осанице којој припада 32 км² или 7 % укупне површине.

Укупна дужина свих токова у сливу Лепенице је 369,8 км, а у сливу Осанице 21,5 км, што укупно чини 391,3 км дужине свих водотокова (168).

Оба слива су асиметрична, с тим што је код Лепенице лева страна слива пространија и нижа, а десна ужа и виша, а код Осанице је лева страна нижа и ужа, а десна страна виша и пространија.

Све реке на подручју Крагујевца су сиромашне водом, али не пресушују већ у сушном периоду теку са мањим количинама воде, а у време јаким мразева на свим водотоцима се појављује лед, осим Лепенице због притицања топлих отпадних вода (60). Све реке на овом подручју хране се водама од падавина (киша и снег) и имају бујични карактер.

Лепеница је главна и највећа река у крагујевачкој котлини и лева је притока Велике Мораве. У њу се кроз Крагујевац уливају: Грошничка река, Ждраљица, Драчка река и три потока. Највећи водостај Лепенице је у току зиме због отапања снега и смањене испарљивости. Почетком пролећа, у марту, такође је висок због отапања снега и у мају због максималних падавина. Лети се водостај смањује због високих температура и повећаног испаравања, падавине су обилне па су кратки високи водостаји. Најнижи водостај је у јесен када су падавине најмање. Највећи забележени протикај Лепенице био је 6. априла 1910. године ($920 \text{ m}^3/\text{sec}$) када је била поплава, а најмањи је од 25 до 27. јула 1963. године: $0,04 \text{ m}^3/\text{sec}$ (168).

Највећи и главни загађивач Лепенице је аутомобилска индустрија "Застава". Ову воду карактерише велика биолошка и хемијска потрошња кисеоника и велико присуство боја, фарбе и лакова.

4.1.4. Подземне воде

Подземне воде су, у ствари, површинске воде које пониру кроз порозне слојеве и спуштају се до нивоа непропустљивих стена.

Према нагибу непропустљивог слоја, подземна вода се лагано креће. Одлике живота подземних вода су једноличност и константност. Ове воде

су сиромашне хранљивим материјама, светлост је одсутна, температура је ниска и скоро константна током читаве године, микрофлора је састављена од бактерија и гљива (2).

За све животиње подземних вода карактеристичне су прилагођености које се испољавају у одсуству пигмената тела, редукцији или потпуном одсуству очију, добро развијеним органима хемијских чула.

Ранија истраживања и проучавања подземних вода испитиваног подручја показала су да су ове издани слабе издашности и да немају довољно воде за снабдевање Крагујевца.

Подземне воде су заступљене као: фреатска, субартерска и артерска издан.

Фреатска издан се јавља на дубини од 0,6 до 40 м, у старијим и чвршћим стенама, као локална издан пукотинског типа, а у неогеном терену је збирног типа.

Артерска издан је слабо проучена, а субартерска је истраживана у бушотинама у Јовановцу и Реснику, где је установљена на дубини од 67 м и 63 м (6).

4.1.5. Стајаће воде

Одликује их одсуство струјања воде у одређеном правцу, што их чини хемијски стабилнијим од текућих вода. Минералне соли, које потичу од подлоге или су донете водотоцима, остају у води знатно дуже него у текућим водама.

У погледу порекла, величине, дужине, физичко-хемијских и биолошких карактеристика међу стајаћим водама постоје велике разлике.

У категорији плитких стајаћих вода уврштене су вештачке стајаће воде које су подвргнуте сталној контроли човека, као на пример, рибњаци и базени.

4.1.6. Језера

Језерски екосистем чине три основне животне заједнице:

- планктонска;
- нектонска;
- бентоска;

Језерско дно се састоји од више различитих биотопа, који у међусобно тесно повезани.

У вертикалном правцу код језерског дна разликују се три региона:

- литорални (обалски);
- сублиторални;
- профундални.

У хоризонталну сферу литорал чини већи број биотопа, којим се означава заједничким именом као обала и изложен је таласним ударима па се одликује посебном вегетацијом.

Литорални регион одликује се великом локалном разноликошћу еколошких услова.

Стално кретање воде, сортира еродирани материјал, крупнији делови остају на плићем дну, а ситни се таложе знатно дубље.

Овај регион је на читавом простору осветљен и у њему је омогућен живот продуцентата примарне органске материје, а температура је варијабилна. Животна заједница у овом региону је разноврсна и бројна, јер

има конзументе, редуценте и продуценте. У овој животној заједници срећу се сесилни облици способни да се одупру таласним покретима воде.

Сублиторални регион је мање разновстан. Дно овог региона чине богате наслаге празних љуштура мекушаца и ситан еродирани материјал.

Профундални регион одликује велика дубина, знатно већи простор, одсуство светлости, ниске и констатнтне температуре, непокретност водених маса, једнолична и фина муљевита подлога. У профундалној животној заједници не срећу се зелене биљке због одсуства светлости, већ је за њих везан фитопланктон и зоопланктон. Језерски планктон има сезонски карактер, па колебањем фитопланктонске компоненте зависи од колебања температуре светлости и хранљивих материја у језерској води.

Нектонску животну заједницу чине добри пливачи, чија су локомоторна кретања независна од водених струја, чине је, готово искључиво, рибе.

Град Крагујевац се снабдева водом из два вештачка језера, која представљају водне објекте.

Грошничко језеро је вештачка акумулација оформљена 1934. године и припада крагујевачкој котлини. Представља водни објект за водоснабдевање града Крагујевца у оквиру Грошничког водоводног система и може обезбедити воду за пиће за 20 до 30 хиљада становника, зависно од падавина (95). Овај водни објект има обезбеђене три зоне санитарне заштите.

Гружанско језеро је вештачка акумулација која је формирана 1984. године и 70% укупне запремине представља плићак (од 0,5 до 1,5 м), а 30% чини кањонски део. Укупна запремина језера, при пуњењу до квоте максимума је 60 милиона m^3 воде (85), а запремина корисног простора је 48 милиона m^3 воде. Средња дубина акумулације, при највишој радној квоти је 6,5 м, при чему спада у веома плитка језера. Нема обезбеђену ни једну зону

санитарне заштите. Из ове акумулације водом се снабдева за пиће око 70% становника града Крагујевца.

4.1.7. Баре

Баре представљају све плитке стајаће воде различите величине, порекла и века трајања, које испуњавају плитке депресије земљишта. Имају малу дубину, зато немају изражен слој водене масе између површине и дна. Мала дубина омогућава брза колебања температуре воде. Карактерише их мала водена маса у односу на површину, што омогућава већи садржај растворених материја у води, а тиме и интензивнији развитак акватичне вегетације. Животна заједница бара подсећа на животну заједницу литоралног језерског региона. Баре су, углавном, периодичног карактера, јер се пуне за време поплава, а суше по повлачењу воде у речно корито.

4.2. ЗАГАЂЕЊА ВОДА

Квалитет воде представља степен чистоће животне средине. Процес загађења се јавља у свим фазама њеног кружења природом, У атмосфери се вода среће са различитим штетним примесима које лебде у ваздуху, у облику димова и пара, гасова, као и разних микроорганизама. На површини земље вода долази у додир са разним неорганским и органским материјама које захвата, спира и раствара са површине тла и односи их са собом. На путу кроз земљиште вода захвата и раствара разне органске и неорганске супстанце и односи их са собом.

Испуштање отпадних вода на површину тла, омогућава продор отпадним водама у подземне воде, које се међусобно мешају. Површинске воде се загађују директним испуштањем, отпадних вода као продуктом људске активности.

Главни извор загађења вода су отпадне воде.

Извори отпадних вода су људски и животињски отпади, отпади из домаћинства, отпади настали од прања улица и најзначајнији- индустријски отпади.

Људски и животињски отпади су, углавном, излучевине које се испуштају у канализацију испирањем санитарних уређаја и од извесног степена животињских излучевина, које се уливају у канализацију спирањем са земљишта и улица.

Отпади из домаћинства потичу од прања рубља, купатила, кухиња, прања посуђа, стамбених просторија и друго. Ови отпади, углавном, садрже сапуне, детерџенте, делове хране, смеће од чишћења просторија...

Индустријски отпади се разликују према типу и количини и зависе од врсте индустрије. Многе врсте индустријских отпадака садрже хемијске супстанце које кородирају и уништавају канализационе цеви и загађују животну средину, због чега не смеју бити директно испуштане у канализацију или животну средину, него се предходно морају третирати- пречишћавати на специјалан начин.

Отпадне воде чине течни и чврсти део који може бити растворен или суспендован и то као органске и неорганске материје. Отпадне воде садрже велики број микроорганизама, па је то додатан разлог за њихово пречишћавање (152).

Биолошка активност у отпадној води доводи до многих промена у хемијском саставу чврстих материја које се налазе у њој. Највећи проблем стварају нерастворене органске материје. Оне се приликом испуштања отпадних вода у реципицијенте, временом, наталоже на дно, где труле, развијају отровне материје и смрдљиве гасове и течне продукте који загађују реципицијент, атмосферу и чврсту средину око испуста.

Овако загађена вода постаје отровна за флору и фауну. Водене биљке у таквој води обично, веома брзо угину, њихова стабла прелазе у трулеж и повећавају опште труљење.

Рибе у таквој води угибају и не насељавају је, пошто таква вода није за њих погодна средина за живот. Растворени део органских материја изазива сличне нежељене појаве, када је отпадна вода већ пре испуста прешла у трулеж и смрад или када се испушта у какав релативно мали одводник где се налази довољно чисте воде засићене кисеоником. Вода се у одводнику инфицира, пређе и она у труљење и смрад, водене биљке у њој угину, рибе такође. Таква речна вода постаје неупотребљива за било какву практичну сврху.

Ова појава се погоршава нарочито преко лета, када се водостај смањује, разређеност опадне, брзина протока се смањује а труљење органског материјала је веома интензивно, пошто му погодује висока температура и ослабљена моћ апсорбовања кисеоника из ваздуха.

Природа поседује своје механизме одбране од загађења површинских вода. Кретање воде у рекама доприноси пречишћавању вода. При кретању воде концентрација донетих материја се смањује, активира се апсорпција кисеоника из ваздуха, уситњава се крупни материјал све до најмањих честица, онемогућава се систематско нагомилавање уља у дебелјим слојевима и слично. Природна заштита је задовољавајућа само онда када постоји повољна сразмера између величине и интензитета природних фактора, с једне стране, и квалитета и квантитета органске материје, тј. отпадне воде, с друге стране. Природне силе које обављају процес минерализације или процес неутрализације неорганских материја, не пружају сигурну заштиту због велике загађености отпадних вода пре њиховог испуштања у природни одводник, земљу или подземље, те се морају вештачки пречишћавати.

Пречишћавање отпадних вода је неопходан услов за очување квалитета вода.

Отпадне воде које се отпуштају у површинске токове, представљају стални извор њиховог загађења, а то су: градска канализација, папирна индустрија, текстилна и кожарска индустрија, хемијска индустрија, металуршка и рударска производња, аутомобилска индустрија, фабрике за производњу месних и других производа...

Индустријска загађења временом постају све сложенија и мање позната, пошто се свакодневно јављају нова загађења (хемијске суспензије), чије дејство на човека и спољну средину није довољно истражено. Јављају се нови, непознати, ефекти, са могућим продуженим утицајем на генетску структуру живе материје и могућим мутагеним ефектима.

Вода се загађује живом и мртвом органском материјом, хемијским елементима и једињењима органске и неорганске природе, базама и киселинама, најразличитијим солима, стабилним и радиоактивним материјама са брзим и спорим дезинтеграцијама и лаким трансформисањем у друге хемијске облике под утицајем присутне сунчеве енергије или под утицајем микроорганизама. Поједине материје и загађивачи су довољно истражене, па се зна њихово понашање у организму, пут уношења и лучења, неке су познате по томе што се нагомилавају у организму и да се скоро излучују преко неких метаболита.

Неки загађивачи се растварају у води и представљају најтеже облике загађења са становишта пречишћавања, тј. налазе се као прави или колоидни раствори.

Поједине материје, као загађивачи у води се налазе у облику суспензија и имају тенденцију таложења на дну површинских вода, док се

загађивачи у води могу наћи и у облику емулзија и имају тенденцију налажења на површини воде...

Загађивачи отпадним водама у крагујевачком региону који имају уређаје за предtretман индустријских вода су:

Група "Застава":

- Фабрика аутомобила-недовршен,
- Пресерај - није у функцији,
- Алатница - у функцији,
- Ковачница - у функцији,
- Енергетика - таложник у функцији,
- Фабрика камиона - делимично ради, дограђује се,
- Наменски производи - не ради,
- Застава промет и Сервис - у функцији.

Остали загађивачи:

- Млекара "Младост",
- Аутосаобраћај,
- Партизан,
- Пролетер,
- Заштитна радионица "ДЕС",
- Индустрија меса "Црвена звезда",
- Централно постројење за прераду отпадних вода у Цветојевцу.

4.3. ЕПИДЕМИОЛОШКИ ЗНАЧАЈ ВОДЕ

Хидричне епидемије су масовне појаве заразних болести, које се шире воденим путем на просторно ограниченом подручју и у релативно кратком временском периоду.

Хидричне епидемије се карактеришу наглим почетком и масовним бројем оболелих, уз предходно учестале акутне проливе, такозване "водене болести". Ове епидемије карактерише нагли престанак после отклањања узрока настајања, ограничене су само на оне особе које су користиле загађену воду, независне су од годишњих доба и често се јављају такозвани контактни репови после престанка епидемије, који представљају случајеве контактних инфекција. Често имају полиетиолошки карактер, тј. истовремено се јављају две или више заразних болести које се преносе водом, а понекад и продужени инкубациони период неких цревних заразних болести. За хидричне епидемије вирусног хепатитиса, није карактеристична појава такозване "водене болести" као код хидричних епидемија бактеријске природе.

Хидричне епидемије се разликују по тежини оболења, просторном опсегу, дужини трајања и току епидемиолошког процеса. Тежина оболења зависи од врсте заразе и биолошких особина узрочника заразних болести. Просторни опсег хидричне епидемије зависи од биолошких особина узрочника заразних болести, интензитета загађења воде, врсте и количине загађеног објекта и броја особа које су користиле заражену воду.

Хидричне епидемије могу бити породичне, кућне, бунарске, мале - просторно ограничене на мала насеља и велике - које захватају насеља градског типа или више насеља која се снабдевају водом из заједничког водовода.

Према току и дужини трајања, хидричне епидемије могу бити акутне или експлозивне, прогресивне или хроничне и интермитентне. Дужина и ток

трајања епидемије зависе од начина, врсте, степена и дужине загађења воде.

Појава хидричних епидемија је последица неправилног третирања сирове воде, супротно основним принципима хигијене и санитарне технике.

Вода представља врло погодну средину за размножавање микроорганизама, изазивача заразних болести, извесних паразита опасних за човека, зато, уколико се већи број људи снабдева из једног нехигијенског водовода, утолико је већа могућност појаве хидричне епидемије.

Главни показатељ хидричних епидемија је тај што долази до наглог оболевања великог броја људи, свих узраста и занимања, који живе на истом подручју. Најчешће су то цревне болести, трбушни тифус, колера, паратифус, бациларна и амевна дизентерија, дизентерија и сличне инфективне болести.

Узроци ових епидемија у води живе извесно време, а нестају из воде, највероватније као и остале бактерије, пробавног тракта.

Утврђено је да се водом преносе узрочник туларемије и вирус слинавке.

Патогени микроорганизми који изазивају оболење човека, а преносе се водом су: *salmonella*, *salmonella typhi*, *shigella*, *dysentheriae*, *antameba histolytica*, *B.tularensis*...

Вирусне хидричне епидемије су најчешће дечија парализа и хепатитис, а настају као последица загађења пијаће воде фекалним водама.

Водом се могу преносити паразити који у њу доспевају из отпадних вода које су из људског и животињског пробавног тракта. Паразити ређе изазивају епидемије а чешће појединачна оболевања, зато су, као хидричне епидемије мање проучени.

Потврђено је да поред цревних зараза, вода може да изазове и болести друге природе, у зависности од присуства или одсуства појединих материја.

Одсуство јода доводи до појаве струме.

Смањена количина флуора проузрокује каријес, смањење присуства калцијума и магнезијума олакшава појаву болести срца и крвних судова.

Према подацима Светске здравствене организације (СЗО), око 500 милиона људи у свету годишње оболи од болести које су повезане са водом за пиће. Око 10 милиона људи годишње умре због загађене воде, а нешто више од половине чине деца. Недовољна количина воде за пиће за одржавање личне хигијене, доводи до болести коже и поткожног ткива, а такође је тешко обезбедити потребне стандарде животних намирница чиме се потенцирају тровања храном.

Код централног снабдевања водом, хидричне епидемије најчешће настају после:

- постављања пумпних станица за црпљење воде из водотока низводно од места где се излива канализациони колектор
- загађење каптиране воде загађеним површинским водама
- оправки и реконструкција водоводне мреже
- неадекватне технологије прераде воде у воду за пиће
- оштећења водоводне мреже и инсталација
- стварања негативног притиска у водоводној мрежи услед нестанка воде и кварова
- саботажа (намерна загађења)

Хидричне епидемије карактеришу:

- изненадна учестала појава пролива, који траје 2-3 дана а проузрокују их патогене и условно патогене бактерије са општим симптомима бактеријске инфекције,
- велики број оболелих у кратком периоду,
- епидемије се откривају у време максималне инкубације одређене болести. Уколико је вода загађена дуже време, онда хидричне епидемије добијају хронични ток,
- Хидричне епидемије нису везане за годишња доба,
- због великог разређења проузроковача инкубација болести се продужава,
- бактериолошки налаз показује индикатор фекалног загађења,
- хемијски налаз говори о повећаном присуству амонијака, нитрита, органских материја и промени органолептичких својстава,
- Могућа су масовна хемијска тровања водом у ексцесним ситуацијама, непосредно или преко ланаца исхране, морским животињама (шкољке), воћа, поврћа, житарица... Забележено је 1957. и 1958. године у две јапанске провинције тровање кадмијумом преко пиринча који је заливан отпадном водом из фабрике која је била контаминирана кадмијумом.

4.4. ХИГИЈЕНСКИ ЗНАЧАЈ ВОДЕ

Хигијенски значај воде је тешко проценити јер се он огледа у неопходности воде за одржавање личне и опште хигијене, за одржавање чистоће и негу тела, прање рубља и одржавање чистоће предмета опште употребе, за припремање хране и прање посуђа, за спорт, рекреацију и разоноду и за задовољавање низа других животних потреба савременог човека. Вода има примеран значај за одржавање неопходног хигијенског режима јавних површина и објеката у насељеним местима, прање улица,

поливање зелених површина, одстрањивање фекалних и других отпадних материја из домаћинства и јавних објеката у насељима.

За хигијенске и остале животне потребе човека потребне су много веће количине воде од физиолошких потреба за водом, па зато потрошња воде је показатељ хигијенских услова живота. Обезбеђивање довољних количина хигијенски исправне воде, побољшавају се услови живота и рада, погодује стварању хигијенских навика, повећава хигијенску свест и здравствену културу, смањује општи морбидитет, посебно специфични морбидитет цревних заразних болести, унапређује здравље становништва тако што повећава неспецифичну отпорност организма на неповољна дејства свих фактора, животне и радне средине човека.

Вода је човеку поробна за одмор и активну рекреацију, односно за задовољење физичких и духовних потреба. Са развојем опште здравствене и физичке културе и хигијенске свести становништва повећава се здравствена, естетска, спортска и рекреативна вредност воде. Своју основну хигијенску улогу вода може испунити само ако је има у довољним количинама и ако својим физичким, хемијским и микробиолошким својствима не може неповољно утицати на здравље и ако нема таква органолептичка својства која ограничавају њено коришћење.

Вода представља добро од посебног општег интереса, чини богатство сваке земље и представља опште национално добро и служи задовољавању општих и појединачних потреба. Неопходна је за нормалне функције свих живих бића, за одржавање опште и личне хигијене и чини најзначајнији фактор привредног развоја и стандарда људи.

Вода је основна животна намирница која је неопходна за одржавање живота и здравља.

Још на почетку људске цивилизације, човек је уочио значај воде, зато су прве људске насеобине управо формиране поред довољно издашних извора воде. Данас, приликом одабира локација за изградњу насеља, поред

осталог, али пре свега води се рачуна да ли има довољно воде за пиће и остале људске потребе.

Вода се користи за:

- снабдевање насеља и индустрије,
- наводњавање пољопривредног земљишта,
- пловидбу и водени транспорт,
- добијање електричне енергије,
- рибогојство у природним и вештачким условима,
- рекреацију и спортове на води.

Хигијенска оцена квалитета воде за пиће врши се на основу теренског прегледа водног објекта и резултата физичко-хемијских и бактериолошких узорака воде. У зависности од хигијенских индикација на терену врши се вирусолошко, токсиколошко и радиолошко испитивање воде.

Квалитет и хигијенска исправност воде за пиће оцењују се на основу резултата добијених:

- испитивањем органолептичких и физичких својстава воде;
- испитивањем физичко-хемијских и хигијенско-хемијских анализа воде (одређивањем специфичних хемијских материја у води);
- токсиколошком анализом воде (идентификацијом и одређивањем токсичних материја у води);
- радиолошким прегледом воде (детекцијом радиоактивних материја у води);
- микробиолошком анализом воде (идентификацијом и бројем микробиолошких организама у води).

Природна сирова вода (из река, језера, бунара) по свом квалитету обично не одговара захтевима које треба да испуњава да би се могла употребити као пијаћа, јер најчешће у себи садржи стране материје, као и

живе организме. Према саставу садржаних материја и организама одређује се квалитет воде, степен њене употребљивости за пиће и производњу, као и мере за њено побољшање. Свака вода која се користи за јавно снабдевање становништва водом за пиће, мора се пречишћавати због народног здравља.

Вода се пречишћава:

- из здравствених разлога (уклањање материја и организама штетних по људско здравље),
- из естетских разлога (отклањање боје, мутноће, мириса и неповољног укуса),
- из економских разлога (тврде и непречишћене воде изазивају штете на водоводним инсталацијама, апаратима, поскупљују топлотну енергију...),
- из разлога спречавања заразних болести, хроничних болести и хидричних епидемија,
- из других разлога (припремање воде за пливање, обрада воде због редукције њене кородивности...).

Према подацима Уједињених нација, перманентно се смањују количине загађене воде из постојећих извора, а загађење воде је двоструко веће од стопе раста популације. Према истим подацима узрок смрти око 25 милиона људи годишње је неодговарајућа вода, а половина заразних болести преноси се, управо, путем воде. Недостатак и лош квалитет воде угрожава 22 % становништва у Медитерану, а у Африци 47 %.

Утврђивање потребне количине воде за разне врсте потрошача у насељима и индустрији веома је сложено, јер зависи од величине и карактера насеља, климатских прилика, степена комуналне опремљености, процеса индустријске производње, врсте индустрије, хигијенских навика становништва и слично. Дневна потрошња воде по једном становнику, код

нас је разнолика и има велике варијације а највише зависи од броја становника у насељеним местима, чија се потрошња воде мери.

Вода коју човек користи за припремање животних намирница, за чишћење уређаја и посуда које са њима долазе у додир, за негу тела, за домаћинство, занатство и индустрију, мора да испуњава све захтеве као и вода за пиће.

Основни захтеви које вода за пиће мора да испуњава су:

- не сме да садржи изазиваче заразних болести и не сме да има својства која су штетна по здравље;
- може да садржи мали број клица и то непатогених;
- мора да буде укусна и да својим физичким својствима подстицајно делује, тј. мора бити без боје, мириса, бистра, хладна и потпуно укусна;
- садржај растворених материја у води не сме да прелази границе МДК;
- не треба да изазива корозију;
- мора да је има увек у довољним количинама и под довољним притиском;
- приликом одабира водозахвата препоручљиво је бирати воду која по природи задовољава захтеве које мора да испуњава вода за пиће, а уколико је то немогуће одабира се водозахват са најприближнијим особинама, уз обавезну прераду;
- заштита воде за пиће по количини и квалитету мора да има предност у односу на све друге конкурентне интересе;
- постројења за снабдевање водом, изградити према пројекту, тако да се потребна количина воде може ставити на располагање и да вода на путу од водозахвата до потрошача не буде изложена нарушавању њених својстава, односно квалитета;

Приликом водоснабдевања насеља и индустрије водом за пиће треба обезбедити следеће услове:

1. неопходне услове за пројектовање, односно отварање изворишта за водоснабдевање;
2. избор најадекватнијег начина за захватање воде и режим експлоатације и његово одржавање;
3. контролу квалитета воде у процесу експлоатације, дистрибуције и коришћења;
4. спровођење сталних и повремених мера санитарне заштите изворишта и објеката за водоснабдевање;
5. рационалну и ефикасну организацију водоводних предузећа и осталих служби за обезбеђење довољних и квалитетних количина воде за пиће;
6. такође, усавршавање метода истраживања квалитета вода, адекватну организованост и структуру истраживача, као и школовање адекватних кадрова.

Санитарна заштита вода, осим обезбеђивања зона санитарне заштите, захтева и заштиту од отпадних вода, па је неопходно њихово пречишћавање.

Пречишћавањем отпадних вода се обезбеђују:

- очување природне животне средине за флору и фауну;
- очување квалитета површинских и подземних вода;
- очување потенцијалних изворишта за снабдевање водом за пиће од прекомерног загађења;
- очување здравља људи и заштита од разбољевања од заразних и других болести;
- очување естетског изгледа водотока и спречавање неугодности (непријатан мирис, ружан изглед водотока и слично);
- очување чисте воде за купање и рекреацију;
- очување воде за индустрију и агрокултуру;
- заштита од замуљивања пловних токова.

Уређаји за пречишћавање отпадних вода морају имати такве капацитете да уклоне довољно органских и неорганских метрија, тако да приликом испуштања у животну средину отпадна вода не изазива било какву штету или незгоду.

4.5. ФИЗИЧКА И ХЕМИЈСКА СВОЈСТВА ВОДЕ

Физичка и хемијска својства воде, везана су за структуру молекула и њихову способност да ступају у најтешњу везу са јонима, молекулама и сложеним колоидним честицама, као и другим "необичним" особинама, познатим као "аномалије" воде.

"Необична" особина воде је што се у природи налази у три агрегатна стања (чврсто, течност и гасовито), што јој омогућава непрекидно кружење у природи и кондензовање у биосфери, а нарочито неуништивост. Вода чини јединствену материју у природи, која се, практично не може, заменити другим природним материјама, као што се међусобно могу замењивати неки природни извори топлотне енергије (угаљ, нафта, природни гас), нити другим вештачким материјама, као што су неке природне материје (чак и оне неопходне за живот човека, могу замењивати вештачким материјама).

Потребе човека и осталих живих бића за водом не могу се задовољити ничим другим осим водом.

Топлотна својства воде у природи имају велики значај због великог капацитета, мале топлотне проводљивости, велике скривене топлоте испаравања и велике скривене топлоте топљења. Захваљујући овим особинама воде, ублажавају се температурна колебања великих маса и олакшава регулација телесне температуре топлокрвних животиња. При преласку из чврстог у течност агрегатно стање, вода повећава своју запремину, тј. на 0 °C се претвара у лед који је лакши (има мању

специфичну густину од воде) због чега плива на површини воде и чува је од прекомерног хлађења. Све материје се приликом загревања шире, а приликом хлађења скупљају, што важи и за воду али само до извесне границе. На температури од 4 °C вода има највећу специфичну густину, са даљим опадањем температуре вода се шири и добија мању специфичну густину. Зато, чим температура слатких површинских вода, приликом расхлађивања, пређе праг од 4 °C један мањи део воде исплива изнад дубљег слоја који је нешто топлији и због тога има већу специфичну густину. Лакши, површински, слој више се не меша са дубљим слојевима и на тај начин чува површинске воде од дубљег расхлађивања, што је од великог значаја за биљни и животињски свет, тј. за читав акватични екосистем. када се површинска вода охлади до 0 °C тада се претвара у лед који је лакши од воде и зато плива на површини. Ова особина воде спречава површинске воде да се приликом расхлађивања до 4 °C постепено претварају у лед, све до самог дна, што би довело до изумирања свих живих бића у тој води.

Топлотна својства воде омогућавају води да се користи као носилац топлоте и вода се зими полако хлади а лети полако загрева, па зато хидросфера има улогу природног регулатора температуре на земљи.

Површинске воде се споро загревају а исто тако се и споро хладе. Оне за време хладних годишњих доба загревају атмосферу, а помоћу веома спорих топлих и хладних морских струја, заједно са ветровима преносе топлоту на огромне даљине и на тај начин уједначавају и ублажавају климу на земљи.

Водена пара у атмосфери ублажава температурна колебања. Кретање водених и ваздушних маса спречава тропске врућине и поларне хладноће да буду тако јаке да угрожавају живот већине биљака и животиња у тим областима.

Од свих пориродних материја вода има највећу скривену топлоту испаравања и топљења, која се објашњава распадом асоцираних молекула

приликом загревања. Распад асоцираних молекула захтева потрошњу топлотне енергије, па се приликом загревања воде топлота троши не само на повећање температуре воде већ и на разградњу асоцираних молекула. Захваљујући овој особини воде постоји велики број површинских плитких вода, нарочито језера, која не пресушују, а пресушивање би довело до изумирања целокупног биљног и животињског света.

Вода има велики површински напон (једино жива има већи), зато се површина воде понаша као да је покривена танком опном од молекула, повезаних међусобно великом силом кохезије. По овој опни као по плочи јуре и скачу водене бубе и други инсекти, а такође је значајна при постанку таласа. Захваљујући великом површинском напону и релативно великој густини воде, омогућена је исхрана биљног света на копну. Сила површинског напона потискује воду са свим неопходним хранљивим материјама из земље кроз корење у стабло и лишће биљака.

Захваљујући високој диелектричној константи вода има веома велику способност растварања и дисоцијације у односу на друге течности, што је чини универзалним и најбољим растварачем. Вода раствара скоро све чврсте, течне и гасовите материје, а при томе сама остаје инертна, односно не мења се од многих материја које је растворила. Захваљујући овој особини, вода је постала "носилац живота". Само у течној воденој средини се могу одвијати животни процеси у ћелијама и ткивима живих бића.

Поред температуре воде и растворених материја најважнији услов за живот у води је присуство кисеоника, који доспева у воду из атмосфере или се у њој ствара у току фотосинтезе водених биљака.

Услови за живот у води су много повољнији него на копну. У води су биљке са свих страна окружене хранљивим растворима, а на копну узимају воду и у њој растворене хранљиве материје из земље преко корена. Да би се одржале у животу биљкама су на копну потребни чврсти корени, а животињама снажни екстремитети. На копну је највећа животиња слон, а у

води кит, који је 20 до 25 пута тежи од слона. Тако велика животиња на копну се не би могла кретати и брзо би угинула. Пошто на свако тело у води делује хидростатски притисак који је раван течности коју истисне потопљени део тела, због тога је свако тело потопљено у води привидно лакше за тежину истиснуте течности. Зато кит, и поред његове огромне тежине, троши далеко мању снагу при кретању у води, него што би трошио за кретање на копну.

Температура површинских вода је далеко постојанија од температура ваздуха на копну. Животиње које живе у води нису принуђене да зими траже заштиту од хладноће а лети од топлоте.

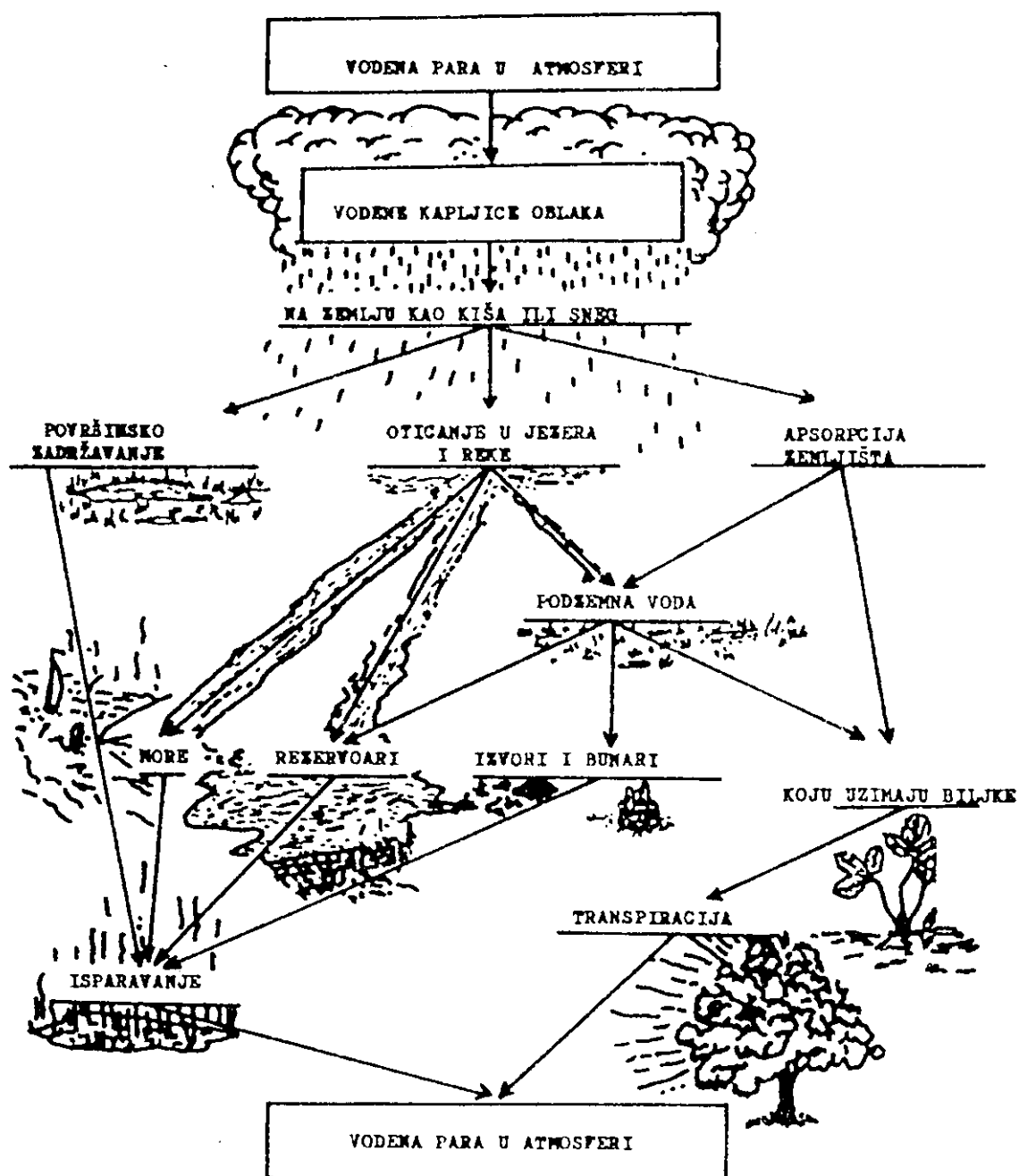
Да вода нема само неку од наведених "необичних" особина земља би потпуно изменила свој лик и не би био могућ ни један познати облик живота на њој.

4.5.1. Кружење воде у природи

Вода је најраспрострањеније једињење кисеоника и водника у природи, заузима око 71% земљине површине и заузима једно од централних места у развоју људске цивилизације. Вода испуњава мора и океане, реке и језера и налази се у великим количинама у земљишту и ваздуху. У поларним пределима и на високим планинама налази се велике количине воде у облику леда и снега. Велике количине има у живим бићима и и без ње ни један живи организам не би могао опстати, јер не постоји ни једно, чак ни најпростије живо биће у чији састав не улази вода и које би могло опстати у животу без воде.

Вода и њена хемијска својства омогућавају кружење у природи. Своје кружење вода почиње испаравањем са површине тла, са површине водених басена, површине биљака, одлази у атмосферу где долази до кондензовања тј. концентрисања и образовања облака из којих се преко различитих облика падавина поново враћа на земљу. Посматрано на нивоу планете кружење се изражава у размени воде између океана и копна, тако што

вода која испарава са океана се преноси ветром на копно где управо и пада, а одатле речним и подземним токовима поново доспева до океана.



Слика бр. 5

Схема кружења воде у природи (2)

Кружење воде у биосфери није само механички процес, већ је и биолошки и хемијски процес, а посебно њено својство идеалног растварача, јер на свом путу кружења раствара органске и неорганске материје. Својим кружењем и растварањем вода у природи изазива процесе као што су: ерозије, транспорт, гомилање механичких и хемијских талога како у океанима тако и на копну. Вода је веома покретна материја и она се у облику течности постојано креће од виших ка нижим пределима и морима, а као водена пара стално кружи од површине копна ка атмосфери, одакле се поново враћа на копно у облику кише, града или снега, чиме се и задржава хидролошки циклус воде.

4.6. ФИЗИОЛОШКИ ЗНАЧАЈ ВОДЕ

У човечијем организму вода улази у састав свих ткива и биолошких течности и омогућава синтезу живе материје у ћелијама и у њој се одвијају сви животни процеси у организму. Вода просечно чини две трећине телесне тежине одрасле особе. Пошто је вода универзални растварач за већину органских и неорганских материја, она представља идеалну средину у којој се одвијају сви процеси везани за промет материја и енергије у организму.

Водом се преносе хранљиве материје, одржава структура свих ткива у организму, елиминишу коначни продукти метаболизма, промета материје и енергије из људског организма и врши терморегулација. У људском организму је непрекидна прерасподела воде и у њој растворених материја између појединих органа и ткива, између крви и лимфе, са једне стране, и појединих органа и ткива, са друге стране. Промена осмотског притиска у крви, која је условљена променом концентрације у њој растворених соли и других материја повлачи прерасподелу воде у лимфу и ткива. Промене осмотског притиска имају искључиво физиолошки значај и одређују интезитет и правац одвијања животних процеса у организму. Помоћу ових промена ћелије се ослобађају штетних и непотребних материја, а из водених

раствора узимају све хранљиве и друге материје неопходне за одвијање животних процеса у њима.

Интрацелуларна вода активно учествује у многим биохемијским процесима и стално се обнавља. Утврђено је да се најмање 25 % воде, која се налази у свим ткивима човечијег организмa, свакодневно обнавља.

Процеси варења хране и апсорпција хранљивих материја у органима за варење могу се одвијати само у течной средини. Кроз зидове органа за варење у крв могу прећи само оне материје које су растворене у води.

У органе за варење свакодневно доспева, поред 2,5 до 3 литра воде, колико одрасла особа уноси са храном и напицима, још и 8 до 9 литара ендogene воде које излучују поједине жлезде у току варења хране и апсорпције хранљивих материја.

Са водом се из организма излучују штетне материје и продукти метаболизма. Необлаговремено излучивање продукта метаболизма, доводи до тровања организма а у тежим случајевима и до смрти.

Учествујући у бројним физиолошким функцијама организма вода се непрекидно губи, излучује се из организма преко плућа, коже, бубрега и органа за варење. Губитак воде из организма се мора надокнадити да не би дошло до поремећаја животних функција и оштећења здравља. Код нормалних температурних услова и лаког физичког рада, одрасла здрава особа свакодневно уноси у организмa 2,5 до 3 литра воде, што се сматра физиолошком потребом за водом. При високим температурама ваздуха и тешког физичког рада, физиолошке потребе за водом у организму се повећавају. Понедак чак и на 10 до 12 литара услед повећаног излучивања воде преко коже, знојењем. Утврђено је да здрава одрасла особа може излучити преко 10 литара зноја у току дана.

Људски организмa тешко подноси недостатак воде. Губитак од 1 до 1,5 литра воде изазива потребу за успостављање водног минералног

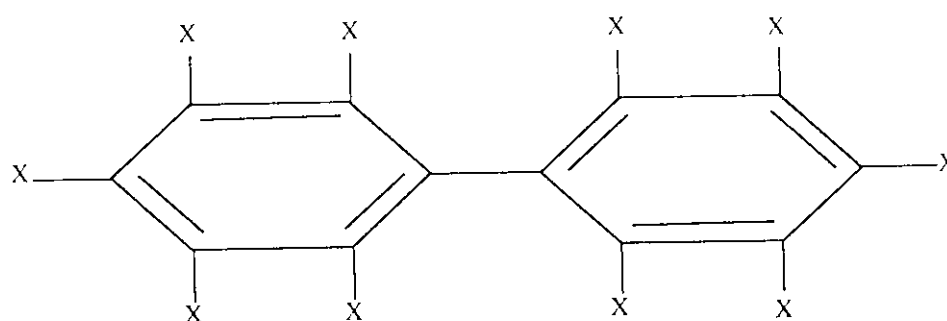
баланса (равнотеже) у организму, услед чега се појављује осећај жеђи изазван надражајем дела централног нервног система који учествује у регулацији и попуни воде у организму. Основни узрок појаве жеђи је поремећен однос између воде, соли, и органских материја у крви, услед чега долази до промене осмотског притиска течности у организму. Ако се губитак воде не надокнади долази до поремећаја физиолошких процеса и погоршава се субјективни осећај. При високим температурама ваздуха ремети се и механизам терморегулације што може изазвати озбиљне поремећаје животних функција у организму, па чак и смрт. Губитак воде из организма од 6 до 8 % телесне тежине, код здравих одраслих особа, доводи до озбиљних поремећаја животних функција, а при губитку воде из организма у количини преко 12 % телесне тежине наступа смрт.

Вишак воде у организму преоптерећује кардиоваскуларни систем, изазива претерано знојење, праћено губитком соли и витамина растворљивих у води.

Физиолошки значај воде види се и по томе што без хране човек може живети и више од месец дана (по неким ауторима и више од два месеца) а без воде свега неколико дана.

4.7. ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА

Општа формула:



X = H или Cl

Синоними: хлоровани бифенили, полихлоровани бифенили, најпознатије име пирален, познат као веома опасан отров. У свету се сусрећу и називи AROCHLOR, CHLORPHEN, FENCHLOR, KANECHLOR.

Физичко-хемијске особине: Зависе од садржаја хлора тј. боја - адираних атома хлора.

- Моларна маса, такође, зависе од садржаја хлора (преко 320).
- Углавном жута вискозна течност.
- Тачка кључања: 365 до 390 °C.
- Тачка паљења: 220 °C.
- Растворљивост у води: 20 °C (мања од 1 mg/ml).
- Запреминска маса: 1,5 g/cm³.

Пошто има велику моларну масу "тежи" је од воде и увек се налази на дну суда.

Реактивност: Спадају у групу изузетно стабилних органских једињења што се може закључити из њихове хемијске формуле (стабилнији су од ДДТ).

Полихлоровани бифенили, као и други хлорисани угљоводоници, спајају се са органским материјама из тла, талога и биолошких ткива, или са раствореним органским угљеником у системима воде.

Продукти сагоревања: зависе, пре свега, од температуре и присуства материја које могу деловати као катализатори.

У бомбардовању НАТО снага регистровани су следећи појавни облици опасни по човека и околину:

- пирален у облику аеросола;
- неразрађен пирален који продире у земљу и загађује подземне воде;
- диоксини, изузетно токсични по човека, биљни и животињски свет, воду и ваздух;
- метилен-хлорид;
- етилен-хлорид;
- хлороформ;
- фозген и др.

Продукти сагоревања пиралена изазивају физиолошка дејства и то:

- браон пигментацију коже;
- летаргија;
- оштећење респираторних органа;
- смрт, за случај удисања већих концентрација продукта сагоревања пиралена.

Употреба: полихлоровани бифенили, у индустрији познати под називом пираленско уље, користе се као расхладно средство енергетских трансформатора, без обзира на њихову снагу и напонски ниво. Пираленско уље је опасан отров, чија је производња и употреба, у свету, забрањена 1977. године, док је употреба у постојећим трансформаторима била дозвољена до 2000. године.

Токсичност: постоје докази који повезују полихлороване бифениле и друге халогене ароматске угљоводонике са репродуктивним и

имунолошким ефектима у дивљем свету (животиње и биљке). Деловање на јетру, кожу и имунолошки систем, репродуктивни систем, дигестивни тракт и тироидну жлезду потврђена су и полихлоровани бифенили су класификовани као вероватни људски канцерогени.

Полихлоровани бифенили настају супституцијом једног од 10 атома водоника хлором у бифенилном ланцу. Граде 209 конгенера. Већином су бистре, незапаљиве високо диелектричне течности, слабо растворљиве у води и веома растворљиве у мастима и органским растварачима. Користе се као средство за пренос топлоте, у хидрауличним системима, вакуум-пумпама, у кондензаторима, трансформаторима, при изради пластичних маса, боја, воскова и др. Уносе се ингестијом, инхалацијом транскутано. Акумулирају се у масном ткиву и у јетри. Подлежу процесима био трансформације; једињења са мање атома хлора брже се трансформишу од више хлорованих. Посредством цитохрома П450 полихлоровани бифенили се трансформишу, према интермедијара ареноксида и фенол који се даље претвара у катехол. Ареноксид се може хидролизовати посредством апоксихролазе у дихидродиол, који касније дихидрогенацијом даје катехол или се коњугује с глутатинолом посредством глутатион-S-трансаминазе дајући метил сулфон.

Ареноксид као електрофил ковалентно везује нуклеофиле ћелијских макромолекула (протеине ДНА, РНА) чиме се објашњава већина њихових токсичних ефеката. Хидроксилирани метаболити највероватније инхибирају оксидативну фосфорилацију у митохондријама, активност цитохрома П450 и транспорт тироксина. Одређивање концентрације полихлорованих бифенила у крви може послужити као добар биолошки показатељ експозиције. Локално иритирају кожу и слузокожу. Узрокују стварање тзв. хлорних акни, ерупције на кожи различитих делова тела, које потичу као мали комедони или цисте, затм настају чврсте цистичне елевације са слојастим садржајем кератина, праћене су сврабом, некада изазивају оштећење јетре, поремећаје у ендокрином систему супресију хуморалног и ћелијског имунитета. Ређе настаје оштећење бубрега и централног и периферног нервног система. Често се уз полихлороване бифениле налазе

бихлоровани и полихлоровани дибензофурани, супстанце са изразитијим имуносупрасивним и мијелотоксичним деловањем. Ефекти се објашњавају индукцијом изоензима цитохрома П450, глутатион-С-трансферазе, епоксидихидролазе, глукуронитрансферазе, алдехид-дехидрогеназе и арилхидрокарбоксилазе, уз истовремену инхибицију бројних других енизма.

4.8. ПОЛИХЛОРОВАНИ БИФЕНИЛИ У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ

У домаћој и страној литератури нису забележени случајеви загађења животне средине полихлорованим бифенилима, као последица ратних дејстава, све до НАТО бомбардовања СРЈ 1999. године.

Приликом настајања самог акцидента, оштећени су трансформатори и кондензатори, који су садржавали полихлороване бифениле и тако је дошло до њиховог изливања у животну средину, најпре у земљиште, а даљим кружењем у воду. Акцидентна ситуација је настала услед ракетирања односно бомбардовања заставе, што је узроковало пожар и том приликом су настали и регистровани су одређени облици полихлорованих бифенила у ваздуху. Појавни облици полихлорованих бифенила у ваздуху су повезани са температуром која је постигнута током пожара и са интензитетом експлозије. Регистровани су следећи појавни облици: полихлоровани бифенили у облику аеросола, диоксини, метилхлорид, етилхлорид, хлороформ, фозген и други хлоровани угљоводоници.

Појавни облици полихлорованих бифенила у ваздуху, на живи свет делују контактено преко површине тела изазивајући хлорозе и друге промене, док су улазна врата органи за дисање (стоме и плућа). Полихлоровани бифенили и њихови појавни облици преко аерозагађења изазивају најпре морфолошко промене на листовима биљака и то:

- различити типови хлороза: бледа обојеност листова међу жилицама, појава жуте боје на ивицама или појединим деловима листова, појава мрке или браон боје на листовима, појава сребрнасте боје на површини листова као и промена изгледа листова као да су натопљени водом;
- различити типови некроза: одумирање органских сегмената од ткива, тачкасте и мрљасте некрозе, међужиличне некрозе, ивичне некрозе, вршне некрозе, некрозе семене кесице, чак опадање лишћа односно дефолијација.

На ове промене је осетљивије младо лишће, тако да се у време листања јављају скоро сви облици оштећења листа, што зависи од интензитета и времена експозиције, као и других фактора животне средине.

Забележени су примери промене правца раста корена маслачка код мењања нивоа подземних вода, а уколико се у таквим водама налазе хлоровани угљоводоници онда долази и до оштећења кореновог система и некротичних промена на њему.

Полихлоровани бифенили имају тератогена, мутагена и канцерогена својства, па се у живом свету срећу овакве промене како код биљака тако и животиња, и то не само као последица загађења ваздуха већ и као последица загађења земљишта и воде. Полихлоровани бифенили се сматрају једним од узрока не само модификација, већ и селекције јединки са одређеним морфолошким обележјима генетски условљеног полиморфизма са примерима екоморфозе, сезонског диморфизма, цикломорфизма и екотипских модификација. Забележене су промене скулптуре површи код: биљне ваши, бауљара, ларви водених инсеката, крупнокрилних инсеката са диморфозом на задњим крилима и то код тек основаних популација, као и промена крилног индекса код медоносних пчела. Забележене су промене боје тела код инсеката нарочито код зглавкара где преовладавају беле и жуто-мрке нијансе. Код пужева је примећен неједнаки распоред различитих врста шара, док се полихлоровани бифенили сматрају такође једним од узрочника албинизма, и непотпуног албинизма код појединих птица.

Полихлоровани бифенили своју токсичност најјаче испољавају у популацијама кичмењака. Токсичност на кичмењаке се објашњава њиховом хемијском постојаношћу, способношћу нагомилавања, добром расворљивошћу у масном ткиву и пролажењу кроз ланце исхране у организме животиња. У последњим карикама ланца, нагомилавање може да буде толико велико да изазива токсично - летално дејство. Полихлоровани бифенили се укључују у ланце исхране преко примарних продуцентата, њихов пут се наставља преко деструктора и конзументата, поготово кичмењака као крајњих конзументата.

Први пример утицаја полихлорованих органских једињења на смањење плодности дивљих животиња је забележен 1966. и 1967. године код истраживања смањења популације дневних птица грабљивица, посебно сокола (*Falco peregrinus*) чије смањење популације је утврђено у целом свету. Истраживање је показало одступања у биологији полагања јаја, пре свега смањење величине положених јаја, повећање смртности ембриона и птића, као и све тању љуску јаја. Ово и каснија истраживања су потврдила да је за ово стање одговоран ДДТ (органохлорно једињење врло блиско полихлорованим бифенилима по хемијским својствима).

Показало се да штетни ефекти органохлорних једињења и полихлорованих бифенила на живи свет се најпогодније истражују преко ефеката на јаја дневних птица грабљивица и морских птица као крајњих карика у ланцу исхране. Смањење плодности женки код птица условљено је:

- променом диференцијације фоликула,
- успореним формирањем јаја,
- смањеном оплодњом и излегањем пилића,
- све тањом љуском јаја,
- дужим седењем на јајима,
- разарањем јаја,
- поремећеним понашањем у току седења на јајима.

Код мужјака је смањење плодности условљено:

- променама у развоју семеника,
- slabим развојем сперматогеног ткива,
- повећањем удела деформисаних сперматозоида,
- мањом израженошћу секундарних полних одлика.

Поред већ описаних ефеката које има ДДТ, полихлорованим бифенилима се приписују и промене понашања птица које су довеле до смањења плодности, нпр. код белорепих врапчијих жутокљунки (*Zonotrichia albicollis*) дошло је до кашњења миграционог немира, што резултира касним стицањем на територију гнездења, скраћује период гнездења и умањује шансе за успешно одгајање потомства.

Велика распрострањеност полихлорованих бифенила је забележена у популацијама риба, птица, сисара, змија и бескичмењака, што се сматра последицама индустријских загађења. У шведским воденим акумулацијама садржај полихлорованих бифенила у разним популацијама риба и птица се повећава од севера према југу.

У овом и претходном поглављу су наведени природни услови и услови који су настали људском активношћу а који владају у сливу реке Лепенице. Наведена је такође хемијска природа полихлорованих бифенила и њихова токсичност на човека и живи свет. У сливу реке Лепенице се десио акцидент услед НАТО бомбардовања и дошло је до продора полихлорованих бифенила у животну средину. Хидрогеолошки и еколошки услови који владају у сливу реке Лепенице, хемијска природа и токсичност полихлорованих бифенила, су фактори који утичу на сагледавање последица које су произашле из акцидента, као и за предузимање мера за ублажавање штетних последица на живи свет, а посебно човека.



5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

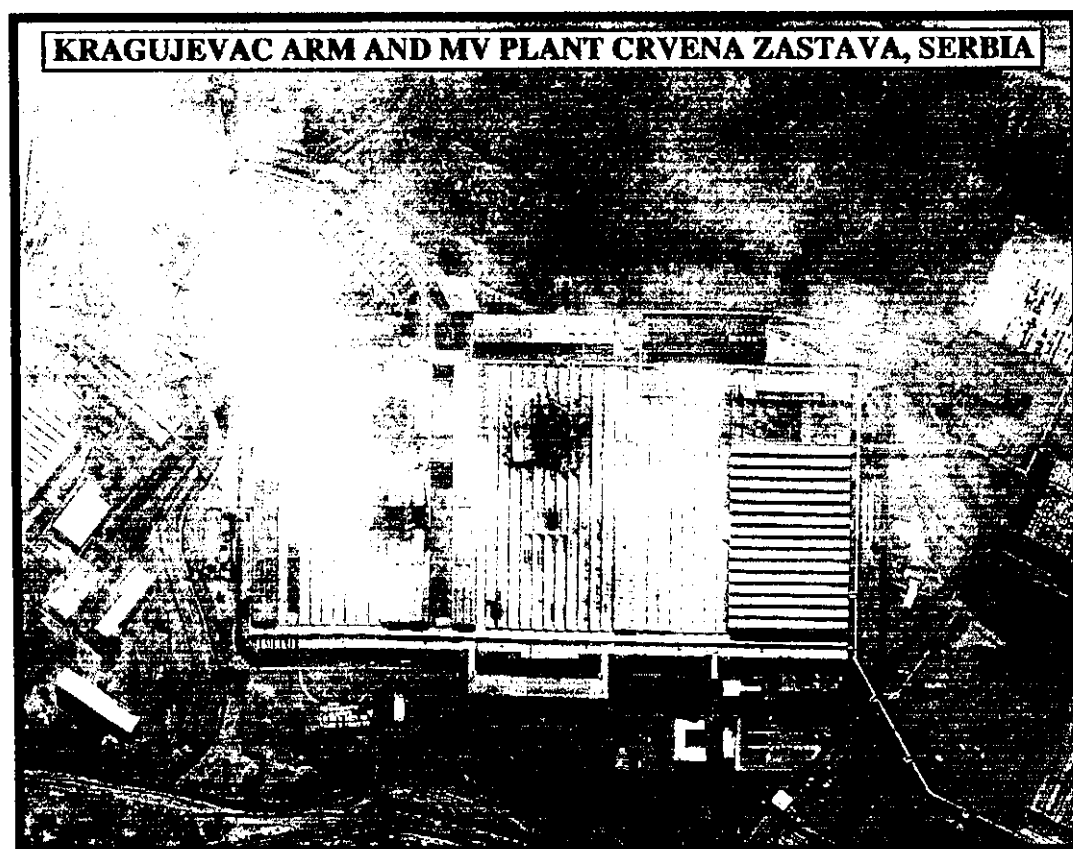
5.1. ПРОДОР ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА У ЖИВОТНУ СРЕДИНУ (АКЦИДЕНТ)

Крагујевац је смештен у крагујевачкој котлини, кроз њега протиче река Лепеница и има према попису из априла 2002. године 175.182 становника. "Застава" је индустријски комплекс који обухвата више десетина фабрика широког дијапазона производа, али се углавном идентификује са делом који се бави производњом аутомобила и машина.

Дана 09.04.1999. године, у 01.15 часова, од стране НАТО, ракетирани су објекти "Заставе" у Крагујевцу.

Са два пројектила погођен је објекат ПЈ "Монтажа" Д.Д. "Застава аутомобили" и потпуно је уништено одељење монтажне траке "Југо", док су остали погони тешко оштећени.

Са једним пројектилом погођен је објект "Лакирница". Поновним нападима 12.04.1994. године у 02.45 сати и 02.55. сати са шест пројектила директно су погођени објекти ПЈ "Каросерија" (два пројектила), ПЈ "Лакирница" (један пројектил), "Информациони системи" и зелена површина 15 метара од портирнице и 20 метара од пословне зграде, док је један пројектил остао неактивиран на спољној саобраћајници 20 метара испред портирнице (улаз "Шест топола"). Поједини погони "Застава - енергетике", која снабдева грејањем 15.000 стнова у граду, потпуно су уништени, као и цео објекат "Застава - привредна возила".

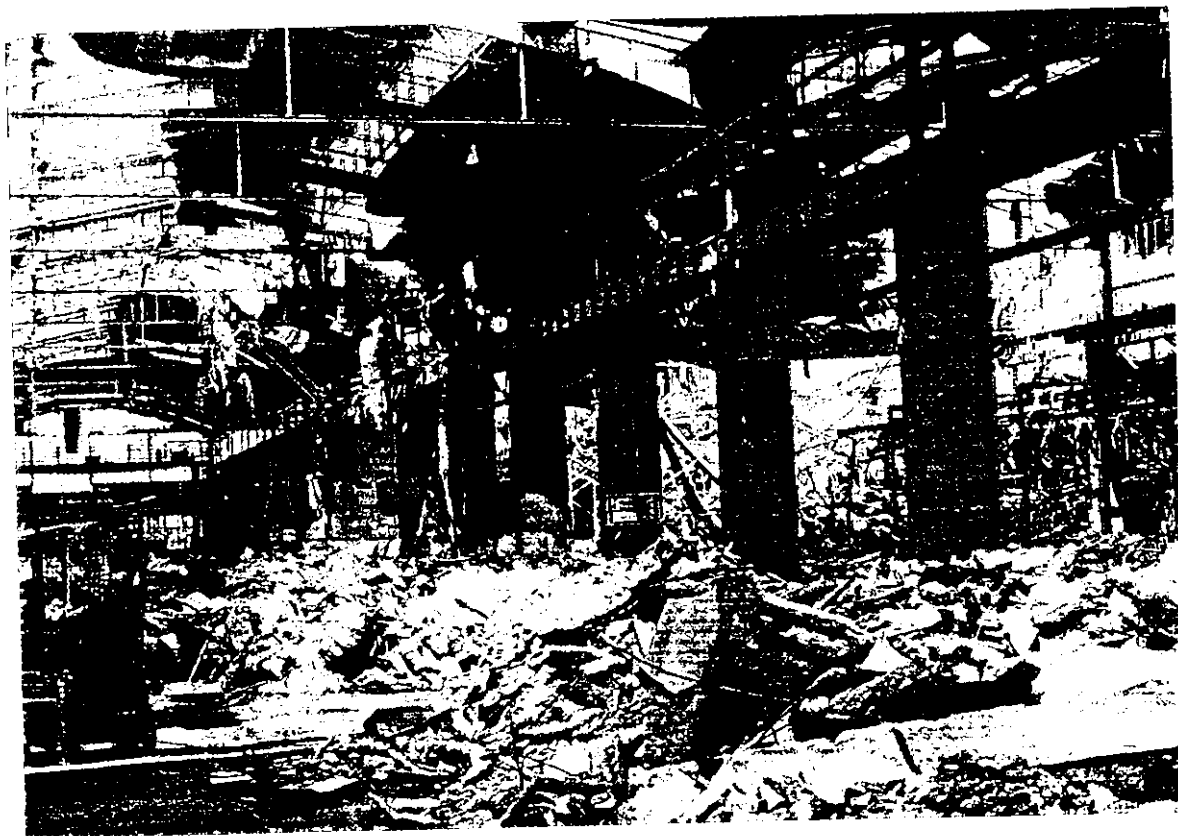


Слика бр. 6

Снимак "Заставе" после ракетирања (из ваздуха)

Дана 15.04.1999. године, у 01.20 сати, са више пројектила је гађано градско језгро Крагујевца и то објекти у близини железничке и аутобуске станице. Том приликом је оштећен објекат ДОО "Застава транспортна шпедиција", као и 10 породичних кућа у близини овог објекта. Услед експлозија оштећена су 64 цивилна објекта у друштвеном и приватном власништву у центру града и у непосредној околини предузећа. Последице бомбардовања на животну средину би биле још драстичније да стручњаци нису пре бомбардовања извршили обезбеђење и преузели мере заштите и првентивне (посипање песка око трансформатора, обезбеђење складишта материјала, итд.).

У ПЈ "Застава аутомобили" је изгорело 94.625 килограма разне робе и материјала (91.625 чврстих материјала, 2.200 килограма заптивне масе, 800 кг. пиралена), а оштећена су и постројења за пречишћавање отпадних вода која су чинила посебне целине у склопу јединственог система за пречишћавање отпадних вода града. Као последица сагоревања у току пожара је у атмосферу према прорачуну емитовано 30 тона угљен диоксида, 9,4 тоне угљен-монооксида, 1,8 тона азотних оксида, 2.815 килограма сумпор-диоксида, 23,4 тоне чађи, 14,8 тона органских испарљивих материја, 9,4 тона остатка разних хемијских материја и 0,06 тона хлора.

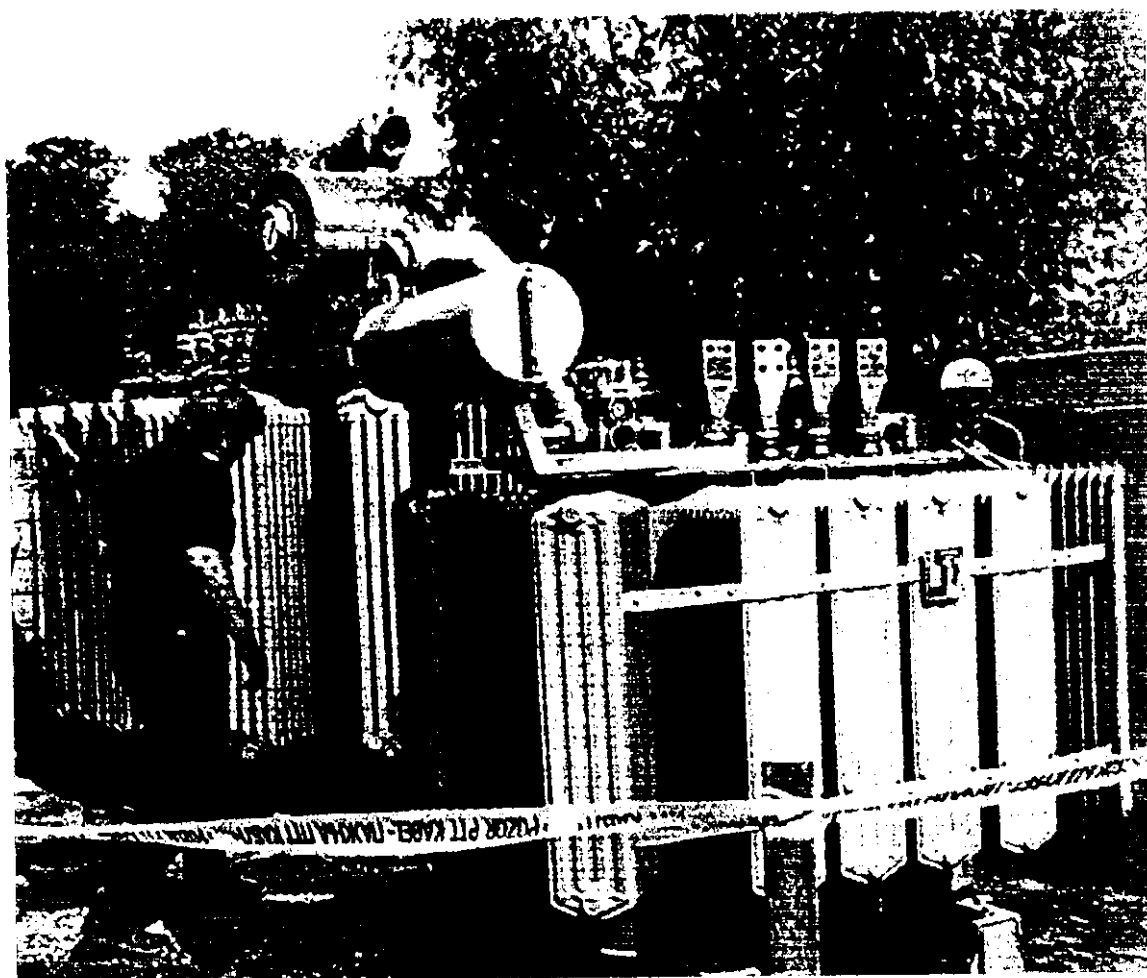


Слика бр. 7

Део фабрике аутомобила

Слика бр. 7 је снимљена у оквиру пројекта "Савремена средства заштите животне средине"

Услед рушења објекта, технолошке опреме, разводних система за флуиде дошло је до стварања отпада. У укупном отпаду је и опасан отпад (800 кг остатка експлодираних пројектила, 25 јонизирајућих јављача пожара растурених у грађевинском шуту, оштећени трафо у којима је био пирален, делови и отпадни материјал натопљен пираленом, отпад боја, итд.).

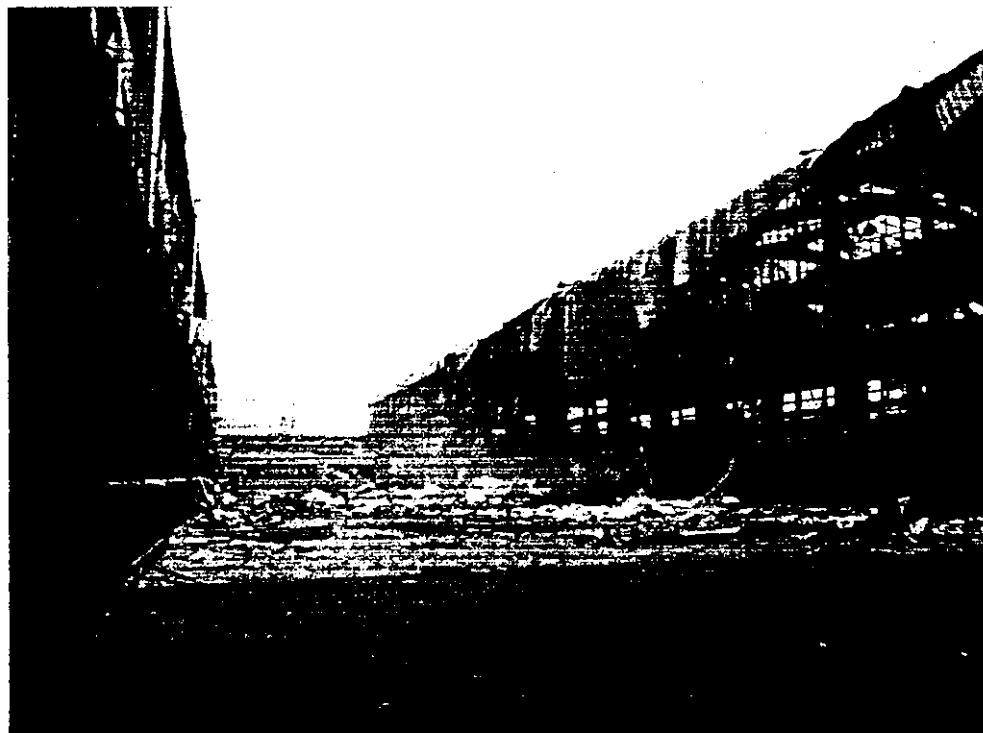


Слика бр. 8

Један од погођених трансформатора у "Застави"

Из два оштећена трансформатора изливени пирален који се делом задржао у јамама за декантацију у којима се налази велика количина отпадне воде, део се просуо по порушеном погону, део је преко кишне канализације отишао у водотокове (река Ждраљица), а део пиралена је

изгорео. На већој површини (око један хектар), уништено је дрвеће, травњаци, украсне ограде и друго.

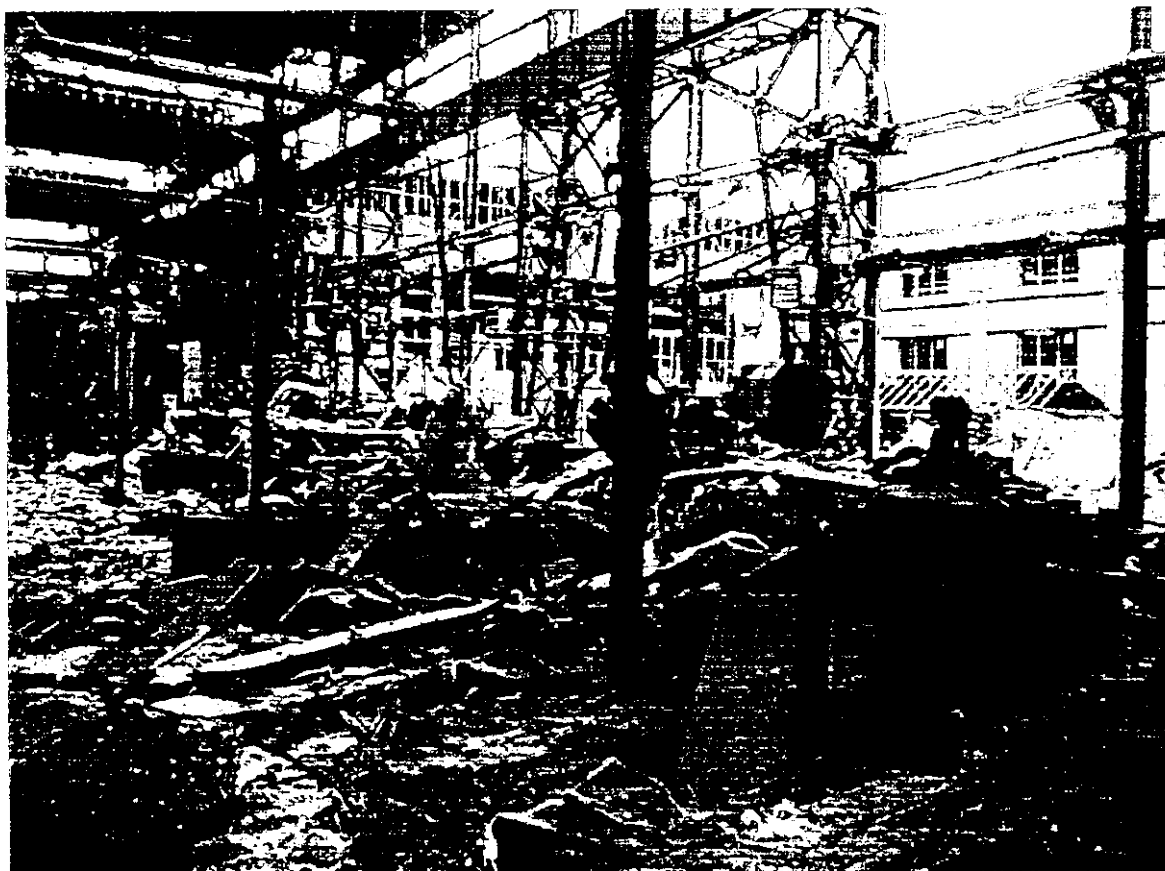


Слика бр. 9

Део комплекса Заставе

У ПЈ *"Застава - енергетика"* уништена су два трансформатора из којих је истекло расхладно средство, а у једном од њих је био пирален. Услед овог оштећења око 300 килограма пиралена је преко кишне канализације отишло у водотокове, док је мањи део просут по порушеним објектима и проливен у локално земљиште. Око 600 килограма је прихваћено, а остала количина је прикупљена са песком и отпадним материјалом. Сав прикупљени материјал натопљен пираленом је прописано ускладиштен. Сматра се да је било укупно око 1.400 килограма пиралена. Истовремено је оштећена инсталација техничких гасова, земног гаса, опреме за допрему угља, опрему пепела, котловска постројења, постројења за производњу комприминираног ваздуха, као и хемијску припрему воде.

Дејством на објекте "Застава-енергетике" створен је отпад грађевинског и другог материјала око 300 м³ отпадног лима, 1,500 м³, металних профила 300 тона, стакленог отпада око 50 м³, стаклене вуне у количини око 100 м³, као и отпада од азбестних плоча у количини од 50 м³. Због насталог оштећена демонтиран је и ускладиштен радиоактивни громобран.



Слика бр. 10

Део Заставине ковачнице

У ПЈ "Застава камиони" просута је, уништена и сагорела већа количина средстава за хлађење и подмазивање, индустријских уља, као и нафтних деривата. После бомбардовања настао је пожар у коме је сагорела већа количина флуида и опасних материјала. Створене су велике количине отпада: грађевинских материјала, металних делова, инсталација, стакла укупно око 1000 тона. Оштећена су и два радиоактивна громобрана. Дошло

је до загађења водотока јер су просуте хемијске материје преко кишне канализације отишле у Лепеницу и даље речним сливом.

У ПЈ "Застава алатница" дошло је до изливања свих расхладних средстава, средстава за подмазивање хемијских материја из технолошког процеса услед чега је формирана велика количина опасног отпада (8.500 кг различитих соли и других опасних материја и 800 литара уља за термичку обраду). Ове материје су угрозиле водотокове и земљиште, а до повећаног загађења ваздуха је дошло због пожара који је настао после бомбардовања.

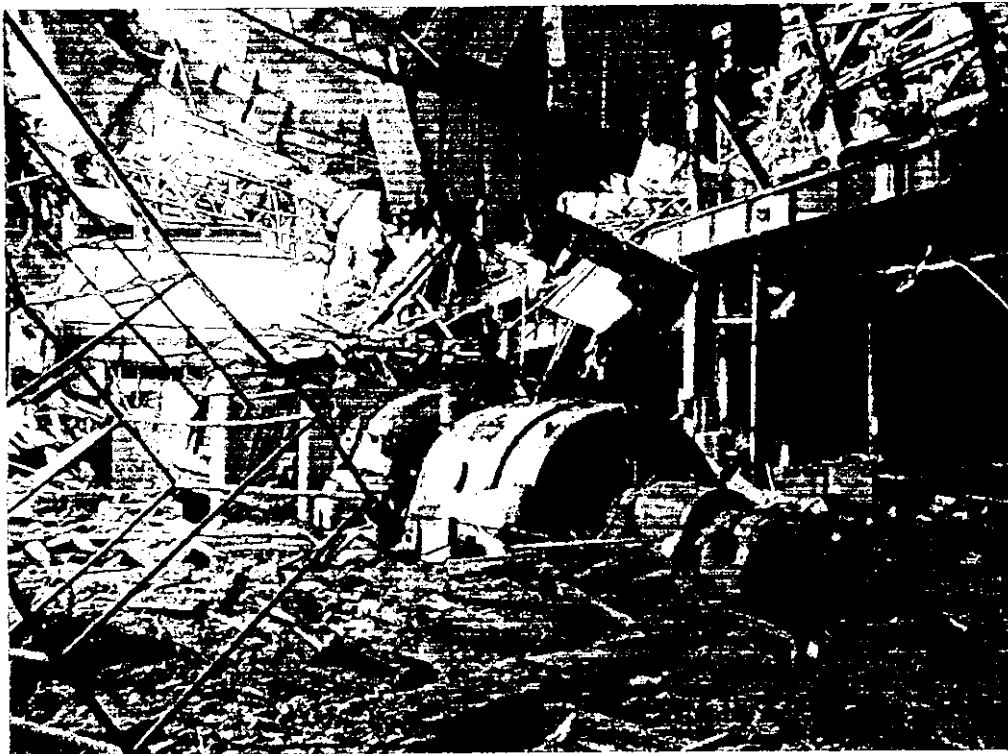


Слика бр. 11

Део фабрике камиона

У делу "Застава - наменски производи" оштећена су два трансформатора. Из једног оштећеног трансформатора изливано је 920 литара пиралена који је мањим делом присут по постројењу, а највећим делом прикупљен у бетонски прихватни базен за пирален. Обзиром да је

бетон пропустан вероватно да пирален постепено продире у околно земљиште што обавезује што хитнију санацију целог загађеног простора. Уништено је 23.896 килограма средства за подмазивање и хлађење као и 200 килограма сумпора. Створен је опасан индустријски отпад у количини већој од 10.000 литара. Услед пожара који је настао после бомбардовања због сагоревања 23.896 литара средстава за хлађење и подмазивање и 200 килограма сумпора у праху, у атмосферу је емитовано око 1.200 килограма сумпор диоксида; 2,8 тона азотних оксида; 1,5 тона оргаских испарљивих материја и других материја. Поред опасног индустријског отпада створено је и око 5000 м³ грађевинског отпада, отпада инсталације, вентилационих система и пречистача ваздуха. Уништен је и заштитни зелени појас.



Слика бр. 12

Део Заставине ковачнице

У ПЈ "Ковачница" је уништено или просуто око 150 тона уља, масти, нафте, бензина, боје и разређивача, услед чега је нестала велика количина опасног отпада. Пошто је у потпуности уништен објекат за производњу откивака дошло је до стварања отпадног грађевинског материјала од 3000

м³, отпада металних делова од крова и конструкција око 2.000 тона, као и од уништених инсталација и опреме око 1.000 тона. Дошло је и до загађивања водотока јер је излила велика количина опасних материја (50 тона уља за каљење, 45 тона уља за подмазивање, 12 тона масти за подмазивање, 12 тона масти за подмазивање ковачких алата, 4 тоне емулзије за хлађење, 1 тона бензина и 4 тоне нафте, 1,5 тона боје и 0,5 тона разређивача).

У оквиру комплекса сагорело је више од 100 тона гуме. Оштећена су и три радиоактивна громобрана, који су одмах демонтрани и ускладиштени.



Слика бр. 13

Хала фабрике аутомобила

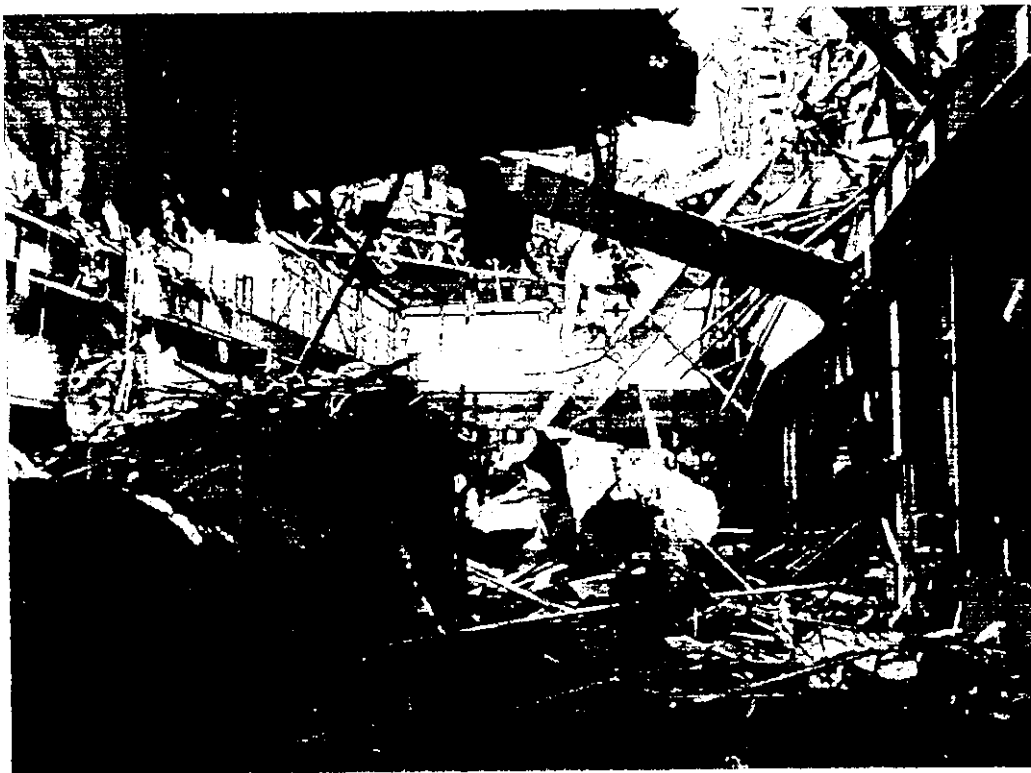
Слика бр. 13. Унутрашњост уништене хале.

Као последица разних дејстава дошло је до истицања 1.428 литара пираленског трафо-уља, од тога у облику раствора и емулзије са водом у количини од око 250 литара је задржавано у сабирним јамама. Уништени делови трафо-станице, објекта и опреме имају карактеристике опасног

отпада, а исте карактеристике има и вода сакупљена у сабирним јамама након спирања око трансформатора.

Резултујуће количине опасног отпада су велике: око 300 тона отпадне боје, 5-6 тона отпадног РСВ уља у бурадима и више од 6.000 м³ воде загађене пираленом.

Поред опасног индустријског отпада у групи "Застава" настало је више од 20.000 м³ отпада разног грађевинског материјала.



Слика бр. 14
Заставина ковачница



Слика бр. 15

Снимак комплекса "Застава" из ваздуха после ракетирања

5.2. УЗОРЦИ

5.2.1. Правила узорковања

Методе узорковања спадају у најзначајнију групу метода за праћење квалитета вода јер евентуалне грешке у овој групи метода каснијим радом се не могу отклонити. Приликом узорковања морају се поштовати следећа правила:

- Узорковање воде мора бити тако изведено да сваки узорак воде који се допреми у лабораторију на анализу мора веродостојно представљати квалитет воде, места са ког је узет; то јест вода се мора конзервирати да не би дошло до разградње, уколико се ради о хемијским параметрима или размножавања уколико се ради о микроорганизмима.

- Чистоћа судова у којима се вода узоркује, као и транспорт узорака морају бити тако обезбеђени да не постоји могућност од било каквог секундарног загађења.
- Одабир места са којег ће се вода узорковати треба да буде такав да веродостојно представља стање водотока, водног објекта или водоводног система како би се добијени резултати применили у пракси.
- Уколико се не изврши правилан одабир места узорковања, вода се неправилно узоркује или неправилно транспортује, грешке које проистичу у даљем раду се не могу накнадно исправити или отклонити.

5.2.2. Време и место узорковања

Река Лепеница је под редовном контролом квалитета воде, па су у овој дисертацији уврштени резултати анализе воде годину дана пре бомбардовања, током бомбардовања су узимани узорци да би се проценили величина акцидента и након бомбардовања је настављено узорковање два пута месечно, а зими једном месечно. Узорковања која су вршена током бомбардовања одвијала су се под сталном претњом поновног бомбардовања, уз недостатак моторног бензина и велике опасности од тињајућег пожара од ракетирања. Олакшавајућу околност је пружала природа, јер је Лепеница река са малим водостајем, па је свако место узорковања било доступно (средина реке за воду и седимент, мостови око испуста отпадних вода).

Избор места за узимање узорака извршен је у складу са релевантним прописима из области заштите вода, установљеном праксом и непосредним стањем на терену. Након ракетирања "Заставе" односно када је долазило до изливања штетних и опасних материја по животну средину, узорци воде и седимента узимани су непосредно узводно и низводно од места изливања. Узорци воде и седимента (површинског слоја) речног дна узимани су са истог места и то из Лепенице са средине реке, а из Мораве непосредно уз леву обалу где је река приступачна. Узорци песка и земље око погођених трансформатора узимани су непосредно после ракетирања и

месец дана касније. Након месец дана бригу о узорцима унутар круга "Заставе" комплетно је преузела екипа из фабрике, али ће и ови резултати бити узети у разматрање у закључку ове дисертације.

Извори и бунари из којих се узорковало налазе се у алувијону Лепенице низводно од Крагујевца и служе за наводњавање башти.

5.2.3. Узорци површинских вода

1. Река Лепеница код Грошничке станице узоркована 12 месеци пре бомбардовања, током бомбардовања и 12 месеци након бомбардовања и то у зимском периоду (новембар - фебруар) једном месечно, а осталим месецима два пута месечно.
2. Река Лепеница 100 м узводно од испуста фабрике камиона: узоркована први дан после првог ракетирања (09.04.1999.), три пута дневно (у 8, 12 и 16 часова), други и трећи дан два пута дневно у 8,30 и 15,30 наредних 10 дана, једанпут дневно (10 часова), још 2 пута месечно наредних 12 месеци, изузев зимских месеци једанпут месечно.
3. Река Лепеница 30 м низводно од испуста фабрике камиона узоркована исто као узорак број 2.
4. Река Лепеница низводно од Крагујевца, Цветојевац 700 м од испуста фабрике за прераду отпадних канализационих вода, узоркована 12 месеци пре бомбардовања као узорак број 1, а током бомбардовања и након бомбардовања као узорак број 2.
5. Река Лепеница 500 м од ушћа у Мораву, узоркована пети дан од акцидента, остало као узорак број 2.
6. Река Ждраљица (притока Лепенице) 60 м узводно од испуста лакирнице, фабрике аутомобила узоркована као узорак број 2.
7. Река Ждраљица 30 м низводно од испуста лакирнице фабрике аутомобила узоркована као узорак број 2.
8. Река Морава 500 м низводно од ушћа Лепенице узоркована као узорак број 5.
9. Река Морава 500 м узводно од ушћа Лепенице узоркована као узорак број 5.

5.2.4. Узорци подземних вода

10., 11 и 12. Три извора низводно од Крагујевца у алувијону Лепенице, узорковање почело трећи дан након бомбардовања, остало као узорак број 2.

13., 14. и 15. Три бунара, узоркована као узорак број 10.

5.2.5. Узорци седимента

16. Седимент речног дна Лепенице код Грошничке станице узоркован 7 дана од акцидента једном дневно, током бомбардовања и 12 месеци након бомбардовања једанпут месечно.

17. Седимент речног дна Лепенице, 100 м узводно од испуста фабрике камиона узоркован као узорак број 2.

18. Седимент речног дна Лепенице 30 м низводно од испуста фабрике камиона узоркован као узорак број 2.

19. Седимент речног дна Лепенице низводно од Крагујевца, Цветојевац 700 м од испуста фабрике за прераду отпадних канализационих вода, узоркован као узорак број 4.

20. Седимент са речног дна реке Лепенице 500 м од ушћа у Мораву, узоркован као узорак број 5.

21. Седимент речног дна код Мораве 500 м узводно од ушћа Лепенице узоркован као узорак број 5.

22. Седимент речног дна реке Мораве 500 м узводно од ушћа Лепенице узоркован као узорак број 5.

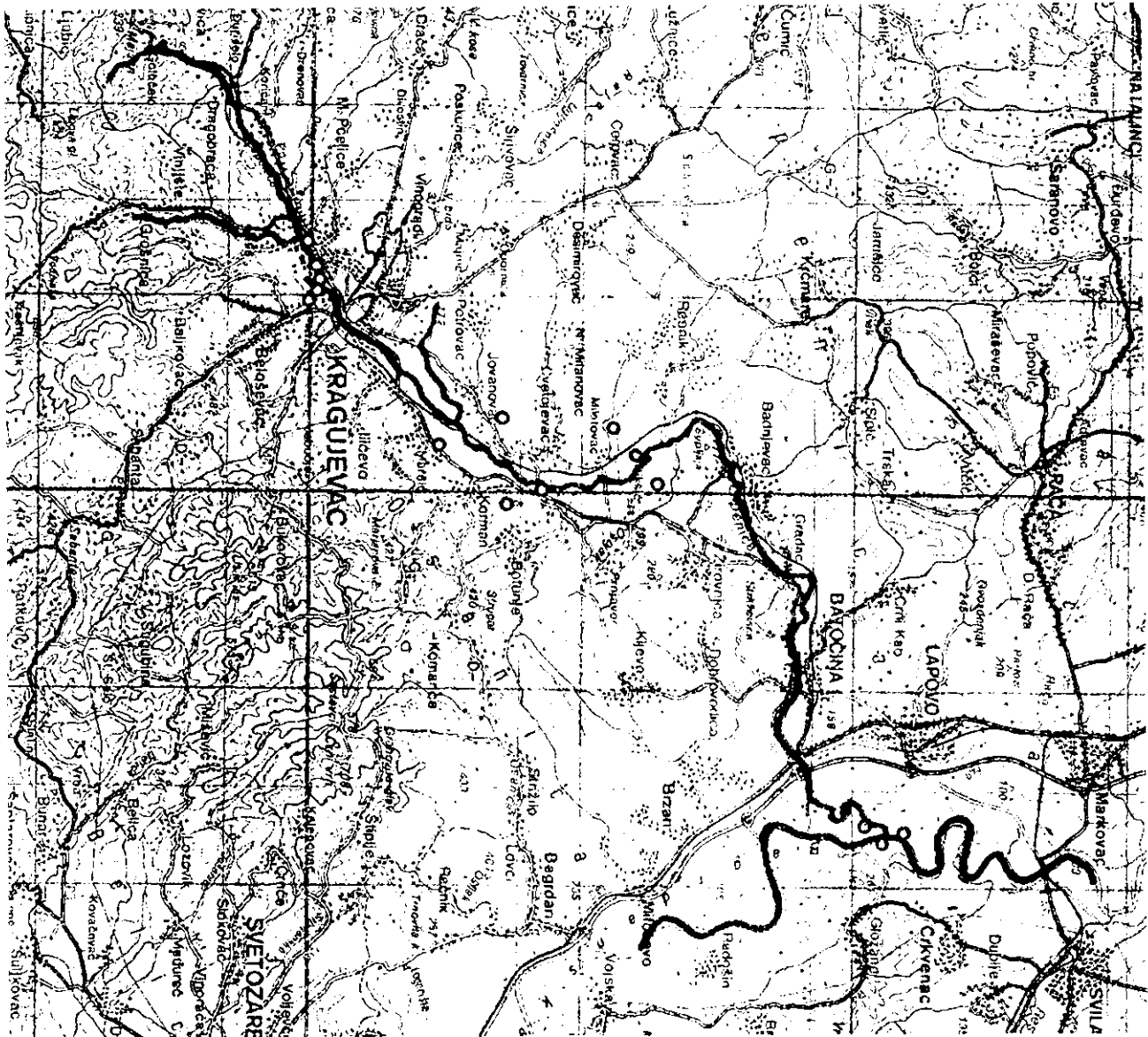
23., 24. и 25. Седимент бунара узоркован као узорак број 10.

26. Песак испод погођеног трансформатора, збирни узорак, три узорковања током бомбардовања.

27. Земљиште око погођених трансформатора, збирни узорак, три узорковања током бомбардовања.

28. Седимент речног дна реке Ждраљице 60 м узводно од испуста лакирнице фабрике аутомобила, узоркован као узорак број 2.

29. Седимент речног дна реке Ждраљице 30 м низводно од испуста лакирнице фабрике аутомобила, узоркован као узорак број 2.



Слика 8.

Карта истраживаног подручја

○ - Стална места узорковања

5.2.6. *Начин узимања узорка*

Узорци воде су узимани у тамним стакленим боцама запремине 200 ml, а седимента, песка и земље око трансформатора у тамним стакленим боцама са широким грлом од 250 ml.

Узорци нису конзервирани, већ су одмах по узорковању допремани у лабораторију у ручном фрижидеру и до испитивања чувани на температури +4°C.

5.3. ПРИПРЕМА УЗОРКА И АНАЛИТИЧКИ ПОСТУПАК

Воде су припремане екстракцијом у левку за одвајање метилен хлоридом у времену од 6 часова. За екстракцију је одмеравано по 500 ml, бунарских и изворских вода, по 100 ml површинских вода и по 20 ml отпадних и површинских које су узорковане у непосредној близини полихлорованих бифенила. Екстракт узорка је пречишћен на колони са силинагелом (алуминијум оксидом и упарен у струји азота до запремине од 50 ml). Узорак седимента након претходних одстрањивања делова камења и биља, хомогенизован у порцуланском авану и центрифугиран да би се оклонио вишак вода. Песак и земља су само очишћени од камења и крупних делова, а није било потребе за центрифугирањем, јер нису садржавали воду. Центрифугирани седимент, песак и земља су одмеравани по 20 грама хомогенизовани су са по 60 грама анхидрованог натријум сулфата и екстракцији у Soxhletu у току 18 часова. Пречишћавање и упаривање екстракта седимента песка и земље је вршена на исти начин као и екстракта узорка воде. Анализа екстрахованих узорка рађена је на гасном хроматографу са масеним детектором. Одређивање је рено при стартној температури пећи од 120°C, затим сваких један минут по 30°C до 180°C, а од 180°C до 290°C за један минут по 50°C. Инјектирање је вршено на 180°C, при температури ЕЦД детектора од 310°C, на ЕЦД колони са хелијумом као носећим гасом. Комбинација масене спектрофотометрије са гасном хроматографијом је микрометода велике осетљивости која омогућава врло компликоване анализе органских једињења. Испитивани

узорак се преводи у гасно стање, јонизује се бомбардовањем електронима одређене енергије које су довољне да изазову кидање хемијских веза у посматраној молекули и тако настају фрагменти молекула различитих маса који су позитивно наелектрисани. Селективно прикупљање јона различитих маса омогућава добијање карактеристичног спектра за свако органско једињење, односно добијање масеног спектра. За одређивање полихлорованих бифенила одабрани су по један јон за квантификацију (quantifier ion) и по два јона за квалификацију (qualifiers ions). Идентификација полихлорованих бифенила извршена је на основу поређења масених спектра са масеним спектрима из Willey библиотеке. Полихлоровани бифенили су квантификовани у односу на арохлор 1260 фирме "Supelco".

Део рада који се односи на припрему узорка је аналитички поступак у нормалном текућем раду, код разрађене методе представља рутински посао који даје поуздане резултате. Током бомбардовања овај део рада је представљао најтежи и најкомпликованији део посла, због нестанка струје. Комплетна припрема и аналитички поступак су везани за струју, па су екстракције најмање једном али често и више пута биле прекидане. Одређен број узорака је био сачуван и након престанка бомбардовања је био екстрахован и анализиран и резултати су се слагали што говори у прилог добром обезбеђивању поступка током екстракције тако да је крајњи резултат био тачан.

Поједини узорци су били паралелни и рађени су у референтним лабораторијама и поређењем резултата установљено је да има одступања само у појединим случајевима и да су та одступања у дозвољеним границама, тј. одступања су минимална и не утичу на крајњи резултат.



6. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

6.1. СТАЊЕ ПАДАВИНА У ИСТРАЖИВАНОМ ПЕРИОДУ

Количине падавина у истраживаном периоду су веома битне за начин узорковања, количину узорка, припрему узорка током хемијске анализе, а посебно за тумачење резултата.

Табела број 1

Количина падавина за истраживани период l/m^2

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1998			17,6	44,6	75,7	85,3	38,3	102,4	85,7	86,7	86,7	39,9
1999	27,0	39,1	9,0	70,3	38,8	106,1	305,0	42,6	39,2	35,9	40,4	77,7
2000	25,3	37,7	18,8	13,5	34,6	20,6	30,1					

У табели број 1 приказана је количина падавина у истраживаном периоду, и то: 12 месеци пре бомбардовања, од марта 1998. до марта 1999.; три месеца током бомбардовања, април, мај и јуни 1999, и 12 месеци након бомбардовања, од јуна 1999. до јуна 2000. године.

Табела број 2

Количина падавина у ЈУЛУ 1999. године l/m^2

1	2	8	9	10	11	13	15	24	26	27	28	30	31
4,4	8,5	8,6	18,0	87,6	31,4	3,3	20,3	1,4	13,2	13,2	0,3	63,3	21,3

У табели број 2 приказана је количина падавина за јули месец 1999. године, због највеће количине падавина по m^2 за време истраживаног периода, као због две поплаве које су се догодиле током овог месеца, а ради бољег и свеобухватнијег разумевања и тумачења коначних резултата.

6.2. ИСТРАЖИВАНЕ ВОДЕ

Овим истраживањем обухваћена је река Лепеница са њеним притокама и део водотока реке Мораве 1 км око ушћа Лепенице. Од притока Лепенице значај за ово истраживање има река Ждраљица па ће бити узети у обзир резултати воде и седимента ове реке. Река Лепеница и њена десна притока Ждраљица имају бујични карактер, сиромашне су водом, хране се кишницом и снежаницом па за време отапања снега, пљускова и провала облака набујају и изливају се. Слив реке Лепенице обухвата око 420 km^2 површине или $391,3 \text{ km}$ водотокова. Водоводни систем који служи за јавно снабдевање становништва водом за пиће града Крагујевца има три водна објекта, који су лоцирани изван крагујевачке котлине. Изливање полихлорованих бифенила у спољну средину током бомбардовања нема никаквог утицаја на воду за пиће. Зато, ни у једном узорку воде за пиће нису детектовани полихлоровани бифенили па овим истраживањем није обухваћена вода за пиће и њени резултати неће се тумачити.

6.3. ПОВРШИНСКЕ ВОДЕ

1. Концентрација полихлорованих бифенила у води реке Лепенице код грошничке станице, око 1 км узводно од акцидента;
2. Концентрација полихлорованих бифенила у води реке Лепенице 100 м узводно од испуста фабрике камиона;
3. Концентрација полихлорованих бифенила у води реке Лепенице 30 м низводно од фабрике камиона;
4. Концентрација полихлорованих бифенила у води реке Лепенице низводно од Крагујевца, Цветојевац 700 м од испуста фабрике за прераду отпадних канализационих вода, око 11 км низводно од акцидента;
5. Концентрација полихлорованих бифенила у води реке Лепенице 500 м пре ушћа у Мораву, око 25 км низводно од акцидента;

Табела број 3

Табеларни приказ концентрације полихлорованих бифенила воде реке Лепенице, на 1 литар

Узорци	12 месеци пре бомбардовања	акцидент (7 дана)	10 дана након акцидента	12 месеци после бомбардовања			
				лето	јесен	зима	пролеће
1	<40ng	<40ng	<40ng	<40ng	<40ng	<40ng	<40ng
2	/	<40ng	<40ng	315ng	<40ng	<40ng	<40ng
3	<40ng	136µg - 612mg	384mg - 728mg	152µg - 536µg 418mg, 728mg	518ng - 213µg	67ng - 112µg	78ng - 204µg
4	<40ng	218mg - 728mg	317mg - 624mg	182µg - 513mg 824mg, 1583mg	106ng - 304µg	93µg - 106µg	68µg - 398µg
5	/	490mg - 678mg	289mg - 986mg	204ng - 868µg 492mg, 718mg	98ng - 296µg	69ng - 218ng	52mg - 132µg

У табели број 3 узорци су поређани у односу на водоток реке Лепенице и почињу са узорком број 1 који је узоркован на самом уласку у Крагујевац, око 1 км узводно од индустријске зоне и завршавају се узорком број 5 који је узоркован 500 м пре уливања Лепенице у Мораву, око 25 км низводно од акцидента.

На месту узорковања број 1 полихлоровани бифенили су били испод границе детекције, што се са сигурношћу може потврдити из приказаних резултата да их у истраживаном периоду на овом локалитету није било.

На месту узорковања број 2 само је један узорак у летњем периоду после прве поплаве имао концентрацију полихлорованих бифенила незнатно изнад границе детекције. Њихово присуство на овом локалитету се може објаснити као последица суперпонирања у земљиште и великог спирања земљишта због велике количине падавина по м².

На месту узорковања број 3 полихлоровани бифенили се појављују први пут други дан од првог ракетирања "Заставе" односно 10.04.1999. године у 8.30 часова у почетној концентрацији од 136 µg/l. Концентрација од 612 mg/l је достигнута првог дана након другог ракетирања "Заставе", односно ракетирање је било у 2.45 и 2.55 часова, а узорак је узет у 10.00 часова, што укупно представља стање након седам сати од ракетирања. Остале вредности се три дана након акцидента крећу између ове две вредности, али се не може јасно издвојити средња вредност, или најчешће вредности јер се ради о хаваријском стању, а оштећен је или уопште није радио систем за пречишћавање отпадних вода фабрике камиона. Наредних десет дана од акцидента горња граница се снизила, а доња повећала и кретала се у распону од 384 mg/l до 528 mg/l. Ове вредности нису повезане са временом, односно нису опадале или се повећавале у зависности од тога колико је времена протекло од изливања полихлорованих бифенила до момента одређивања концентрације, већ је њихова концентрација зависила од количине падавина и времена понирања.

Колона под натписом "лето након бомбардовања" обухвата период мај - август 1999. године. Мај и јуни су месеци током којих је бомбардовање трајало, али "Застава" није ракетирала па су они у табели сврстани у период након бомбардовања.

У летњем периоду вредности су се стабилизовале и крећу се од 152 $\mu\text{g/l}$ до 536 $\mu\text{g/l}$, са искакањима после прве поплаве од 728 mg/l и 418 mg/l после друге поплаве што се објашњава великим спирањем земљишта. За овај период се не може дати просечна вредност ни најчешћа вредност из већ описаних разлога.

У летњем периоду је отклоњена највећа могућа количина отпада из "Заставе" која је садржавала полихлороване бифениле: земља, песак, бетон и одређени број подова из оштећених објеката и на тај начин одстрањен је добар део секундарног загађења.

У јесењем периоду (септембар - новембар) долази до смањења концентрације што се објашњава: смањеном количином падавина, проласком одређеног времена тј. временске дистанце и највероватније најважнијим узроком, а то је санација "Заставе".

У зимском периоду концентрација полихлорованих бифенила опада и креће се у малом распону од 87 ng/l до 112 $\mu\text{g/l}$. У односу на претходни период ово стање се објашњава временским приликама, ниским температурама и ниским водостајем реке Лепенице.

У пролеће, у периоду од марта до јуна наредне године, дошло је до повећања концентрације. У марту месецу, оба узорковања су показала блиске вредности, а касније су ове вредности падале, да би задње одређивање половином јуна достигло најмању вредност за овај период од 78 ng/l . Концентрација за овај период, поред временске дистанце, зависи и од смањене количине падавина јер се ради о изузетно сушном периоду. На овом локалитету најмања концентрација је одређена у фебруару 2000. године 67 ng/l , а највећа у јулу 1999. године после поплаве од 728 mg/l .

Место узорковања број 4 се налази локалитету у Цветојевцу 700 м низводно од испуста фабрике за обраду канализационих вода или око 11 км низводно од акцидента и представља место где се завршава индустријска зона града Крагујевца. Сви индустријски загађивачи се налазе на потезу између места узорковања бр. 1 и места узорковања бр. 4. На месту узорковања бр. 4 полихлоровани бифенили се јављају у концентрацији од 328 mg/l после првог ракетирања, односно 09.04.1999. године код трећег узорковања у 16 часова, што је око 13 сати после

ракетирања "Фабрике аутомобила". На овом локалитету после акцидента највећа концентрација је одређена трећег дана након другог ракетирања "Заставе" односно 14.04.1999. године у 10 часова. Наредних десет дана концентрације се крећу у границама милиграмских вредности. У летњем периоду горња и доња концентрација се спуштају према нижим вредностима осим узорака узоркованих после две поплаве. После прве поплаве на овом локалитету је одређена највиша концентрација полихлорованих бифенила у површинским водама за време целокупног истраживања Лепенице у износу 1583 mg/l, а објашњава се његовим присуством на свим местима која долазе у контакт са водом, односно кишом. Кишна канализација се улива у фекалну, повећава се проток воде кроз цеви фекалне канализације, одатле вода захвата постојеће талоге и односи их са собом, а крајњи реципијент је река Лепеница. У јесењем и зимском периоду вредности падају, док у пролећном периоду високе вредности су у марту, а ниска је у јуну из већ познатих разлога и износи 52 ng/l.

Место узорковања број 5 је лоцирано 500 м од ушћа Лепенице у Мораву, око 25 км низводно од акцидента, и овај локалитет је одабран за узорковање да би се имао увид колико полихлорованих бифенила река Лепеница доноси у Мораву. Прво узорковање воде је 14.04.1999. у 10 часова тј. пети дан после првог ракетирања и одређена је концентрација од 528 mg/l. Овај локалитет је још одабран за узорковање из превентивних разлога, из страха да не дође до изливања нових количина полихлорованих бифенила на делу водотока Лепенице од Цветојевца до ушћа у Мораву. По индикацијама на терену и по резултатима одређених концентрација, полихлоровани бифенили су пореклом искључиво из погона "Застава" и директна су последица ракетирања овог индустријског комплекса 9. и 12.04.1999. године.

1. Концентрација полихлорованих бифенила у води реке Ждраљице 60 м узводно од испуста лакирнице фабрике аутомобила.
2. Концентрација полихлорованих бифенила у води реке Ждраљице 30 м низводно од испуста лакирнице фабрике аутомобила.

Табела број 4

Табеларни приказ концентрације полихлорованих бифенила у води реке Ждраљице, на 1 литар

Узорци	12 месеци пре бомбардовања	акцидент (7 дана)	10 дана након акцидента	12 месеци после бомбардовања			
				лето	јесен	зима	пролеће
1	< 40ng	< 40ng	< 40ng	I 14 µg II 314 µg ostalo < 40ng	< 40ng	< 40ng	< 40ng
2	< 40ng	429 – 1106 mg	214 µg - 718 mg	78 µg - 216 mg	65 ng - 178 µg	58 ng - 129 µg	≤40 ng - 193 ng

У табели број 4 приказане су измерене концентрације полихлорованих бифенила за реку Ждраљицу која је десна притока Лепенице. Ова притока је значајна за истраживање зато што се у њу излива испуст отпадних вода лакирнице "Фабрике аутомобила".

На месту узорковања број 1 само два пута су пронађени полихлоровани бифенили и то у летњем периоду после прве поплаве 14µg по литру и после друге поплаве 314ng.

У осталим узорцима није забележено присуство полихлорованих бифенила.

На месту узорковања број 2 прво присуство полихлорованих бифенила је забележено већ код првог узорковања, 7 сати након првог ракетирања (оштећења трансформатора), у 8 часова ујутру 10.04.1999. године. Највећа концентрација је одређена истог дана у узорку од 15.30 часова и достигла је грамску вредност 1106 mg/l или 1,106 g/l. Са временском дистанцом

концентрације опадају, тако да ни код поплава вредности нису значајно веће. Ови резултати се могу објаснити тиме што су два трансформатора била оштећена на доњим деловима, уље је релативно брзо истекло и нашло свој пут до реке без великог распршивања и задржавања у земљишту и на другим површинама (песак, бетон у производним халама). Нагли пад концентрације је забележен већ у летњем периоду, наставља се током зиме, нешто су веће вредности у марту, док је у јуну месецу 2000. године одређена количина полихлорованих бифенила на овом локалитету износила ≤ 40 $\eta\text{g/l}$ или била је на граници детекције.

1. *Концентрација полихлорованих бифенила у води реке Мораве 500 м узводно од ушћа Лепенице.*
2. *Концентрација полихлорованих бифенила у води реке Мораве 500 м низводно од ушћа Лепенице.*

Табела број 5

Табеларни приказ полихлорованих бифенила у води реке Мораве, на 1 литар

Узорци	12 месеци пре бомбардовања	акцидент (7 дана)	10 дана након акцидента	12 месеци после бомбардовања			
				лето	јесен	зима	пролеће
1	/	$< 40\eta\text{g}$	$< 40\eta\text{g}$	$< 40\eta\text{g}$	$< 40\eta\text{g}$	$< 40\eta\text{g}$	$< 40\eta\text{g}$
2	/	47 ηg – 106 μg	152 ηg - 913 ηg	89 ηg - 438 ηg 1 uzorak 141 μg	46 ηg - 192 ηg	53 ηg - 126 ηg	68 ηg - 186 ηg

Локалитети број 1 и број 2 приказани у Табели број 5 су уврштени у истраживање тек после ракетирања "Заставе" и то пети дан након првог ракетирања, односно први узорак је узет 14.04.1999. године у 10.45 часова на месту број 1, а на месту број 2 у 11.15 часова. Ова два места су одабрана за узорковање да би се утврдило стање реке Мораве и да би се одредио и дефинисао утицај Лепенице као леве притоке на количину полихлорованих бифенила воде реке Мораве.

На месту узорковања број 1 ни у једном узорку није доказано присуство полихлорованих бифенила.

У свим узорцима узоркованим на месту број 2 су одређени полихлоровани бифенили све концентрације су мање од $150\mu\text{g/l}$ осим узорака где су вредности микрограмске све остале вредности су нанограмске, са временском дистанцом њихове вредности опадају осим прве поплаве у лето 1999. године када је нађена вредност износила $142\mu\text{g/l}$. Вода је узоркована непосредно уз леву обалу Мораве, тако да добијени резултати могу само потврдити присуство полихлорованих бифенила док се на основу ових резултата не може дати оцена стања реке Мораве, јер је за такву оцену неопходно на други начин узети узорак. Узорак на основу ког би се могло говорити о реалном стању реке Мораве требао би бити узет на средини реке између две обале и са различитих дубина а за такво узорковање су потребни чамац и Фридингерова боца. Због недостатка опреме овај начин узорковања није испоштован, већ је узорковање обављено на једини могући начин, узорковањем воде из приобалног дела водотока.

6.4. РЕЧНИ СЕДИМЕНТ

Водени ток еродира подлогу и носи низводно захваћени материјал до депонирајућег места. Најпре се код бржег тока воде депонује грубљи материјал (стене и крупно камење) затим нешто ситнији камен и шљунак и најзад са смањивањем брзине воденог тока, депонују се ситније минералне (песак и муљ) и органске честице. Састав и природа речног дна односно речног седимента зависи од физичке и хемијске природе наталожених честица седимента.

1. *Концентрација полихлорованих бифенила у седименту речног дна реке Лепенице код грошничке станице, 1 км узводно од акцидента.*
2. *Концентрација полихлорованих бифенила у седименту речног дна реке Лепенице 100 м узводно од фабрике камиона.*
3. *Концентрација полихлорованих бифенила у седименту речног дна реке Лепенице 30 м низводно од испуста фабрике камиона.*
4. *Концентрација полихлорованих бифенила у седименту речног дна реке Лепенице 700 м од испуста фабрике за прераду канализационих вода у Цветојевцу, око 11 км низводно од акцидента.*
5. *Концентрација полихлорованих бифенила у седименту речног дна реке Лепенице 500 м пре ушћа у Мораву, око 25 км низводно од акцидента.*

Табела број 6

Табеларни приказ концентрације полихлорованих бифенила седимента реке Лепенице, на 1 килограм

Узорци	12 месеци пре бомбардовања	акцидент (7 дана)	10 дана након акцидента	12 месеци после бомбардовања			
				лето	јесен	зима	пролеће
1	/	<40ng	<20ng	<20ng	<20ng	<20ng	<20ng
2	/	<20ng	<20ng	<40ng I 46ng II 52ng	<20ng	<20ng	<20ng
3	<20ng	68ng - 594μg	812μg - 2328mg	1116mg - 2839mg	942mg - 2416mg	1168mg - 2532mg	736μg - 2228mg
4	<20ng	112ng - 756μg	246μg - 813mg	276mg - 978mg	198mg - 869mg	314mg - 753mg	117mg - 874mg
5	/	46ng - 579μg	173μg - 579μg	731μg - 286mg	192μg - 913μg	134μg - 607μg	124ng - 422μg

У табели број 6 приказани су узорци речног седимента реке Лепенице на истим локалитетима где је узоркована вода.

На локалитету број 1 ни у једном узорку нису пронађени полихлоровани бифенили, док су на локалитету број 2, пронађени у трагу, само у време поплава, највероватније као последица понирања и великог спирања терена.

На локалитету број 3, полихлоровани бифенили пронађени су у седименту у исто време када и у води (пошто су паралелно узорковани), само је њихова концентрација у седименту износила 68ng/kg, што је око 2000 пута мање него у узорку воде. Даљим проласком времена концентрација је у води варијала, а у седименту константно расла, да би 14. дана од првог ракетирања 22.04.1999. године достигла максимум од 2328mg/kg (2.328 g/kg)

што се може објаснити тиме да је у речни ток продро чврсти отпад, односно отпадна вода је садржала велике количине талога, муља и суспендованих нечистоћа које су одмах пале у речно дно. На овако високе концентрације утицале су и кише које су спирале све површине на којима су се налазили полихлоровани бифенили, и најпогоднијим путем их односиле у речно корито. Након 14-тог дана од првог ракетирања вредности опадају наредна два месеца, затим почињу да варирају, а нагли скок концентрације имамо после прве поплаве од максималних 2839mg/kg (2.839g/kg).

У јесен и пролеће концентрације варирају али су углавном ближе доњој граници приказаној у табели број 4.

За разлику од свих осталих узорака воде и седимента овај локалитет у зимском периоду показује стално високе милиграмске концентрације што се објашњава ниским температурама, ниским водостајем и сасвим сигурно новим продором нерастворног чврстог отпада преко испуста фабрике камиона.

На локалитету број 4 полихлоровани бифенили су одређени у исто време када и у води у концентрацији од 112ng/kg што је било мање за око 2900 пута него у води (328μg/l). У каснијем временском периоду концентрације расту и падају и то су увек испод 880mg/kg али су вредности најчешће везане за падавине.

На локалитету број 5 такође су полихлоровани бифенили нађени у исто време када и у води (пошто су паралелно узорковани), односно пети дан од првог ракетирања и то у концентрацији од 46ng/kg што је за око 12000 пута мање него у води 582μg/l. Већина узорака са овог локалитета и њихове концентрације се могу повезати са количином падавина, док се добијене вредности за око 40% узорака не могу узајамно повезати са неким природним фактором. Овај локалитет представља изузетак у односу на све остале локалитете због тога што су у пролећном периоду нађене најниже концентрације за узорке седимента.

1. Концентрација полихлорованих бифенила у седименту речног дна реке Ждраљице 60 м узводно од испуста лакирнице фабрике аутомобила.
2. Концентрација полихлорованих бифенила у седименту речног дна реке Ждраљице 30 м низводно од испуста лакирнице фабрике аутомобила.

Табела број 7

Табеларни приказ концентрације полихлорованих бифенила седимента реке Ждраљице, на 1 килограм

Узорци	12 месеци пре бомбардовања	акцидент (7 дана)	10 дана након акцидента	12 месеци после бомбардовања			
				лето	јесен	зима	пролеће
1	/	<20ng	<20ng	<20ng 1. <20ng	<20ng	<20ng	<20ng
2	/	290ng - 923μg	228ng - 976μg	172μg - 863mg	141μg - 672μg	586ng - 120μg	96ng - 439μg

У табели број 7 приказани су резултати седимента реке Ждраљице, пре и после испуста лакирнице Фабрике аутомобила.

На локалитету број 1, пре испуста лакирнице полихлоровани бифенили су само нађени у трагу у једном узорку, и то после прве поплаве у јулу 1999. године, а у свим осталим узорцима су били испод границе детекције.

На локалитету број 2 полихлоровани бифенили су одређени у исто време када и у води у концентрацији од 290ng/kg што је за око 3200 пута мање од концентрације у паралелном узорку воде где је нађено 923μg/l. Касније, у функцији времена, концентрације у седименту падају. Највећа концентрација у седименту је одређена седмог дана од првог ракетирања односно 15.04.1999. године од 976μg/kg, после чега долази до благог опадања концентрације. Током лета концентрације настављају да се померају према нижим вредностима, да би у првој половини августа дошла на ниво од 172ng/l, а изузетак представља узорак после прве поплаве и

износио је 672 μ g/kg. Наредне јесени вредности концентрација су сличне онима из лета, зими су најниже, а у пролеће у марту су високе, док су у јуну (сушни период) достигле минималну концентрацију од 96 η g/kg.

Када се добијене вредности полихлорованих бифенила у седименту овог локалитета упореде са вредностима полихлорованих бифенила у води са овог локалитета и заједно упореде са резултатима из табеле број 3 и табеле број 6 са местом узорковања број 3 (река Лепеница 30 м низводно од фабрике камиона), намеће се закључак да је на овај локалитет загађење продрло у течном облику. Поред тога што су полихлоровани бифенили доспели у течном облику, конфигурација терена и физичка својства земљишта су таква да су падавине и поплаве спирањем из земљишта и са других површина преостали део однеле према локалитету број 3 тј. месту испод испуста Фабрике камиона у Лепеницу.

1. Концентрација полихлорованих бифенила у седименту речног дна реке Мораве 500 м узводно од ушћа Лепенице.
2. Концентрација полихлорованих бифенила у седименту речног дна реке Мораве 500 м низводно од ушћа реке Лепенице.

Табела број 8.

Табеларни приказ концентрације полихлорованих бифенила седимента реке Мораве, на 1 килограм

Узорци	12 месеци пре бомбардовања	акцидент (7 дана)	10 дана након акцидента	12 месеци после бомбардовања			
				лето	јесен	зима	пролеће
1	/	20 η g	<20 η g	<20 η g	<20 η g	<20 η g	<20 η g
2	/	26 - 52 η g	73 η g - 308 μ g	37 η g - 196 μ g	43 η g - 687 η g	58 η g - 420 η g	24 η g - 123 η g

У табели број 8 су приказане концентрације полихлорованих бифенила у седименту реке Мораве пре и после уливања Лепенице. Највећа вредност је одређена 24.04.1999. године односно 16-ти дан после првог ракетирања и износила је 308 $\mu\text{g}/\text{kg}$, све остале концентрације су ниже. Резултати са локалитета број 2 се неће тумачити услед недостатка других чинилаца који су важни за оцену стања седимента. Из ове табеле се јасно закључује да Морава пре уливања Лепенице нема полихлорованих бифенила, а после уливања их има.

Оно што је карактеристично за све узорковане седименте јесте да су њихове почетне концентрације најниже, а касније оне се повећају (често и варирају) што се приписује хемијској природи полихлорованих бифенила, као супстанци са високом молекуларном масом, што их чини знатно тежим од воде и природно је да се налазе на и у речном дну.

Такође на концентрацију полихлорованих бифенила у седименту утичу физичка и хемијска својства земљишта у сливу реке Лепенице, стање алувијана реке Лепенице, физичка, хемијска и биолошка својства речног дна и посебно апсорптивна моћ речног дна. Даља судбина полихлорованих бифенила, односно њихова миграција и дистрибуција у подземне воде на истраживаном локалитету зависиће колико од већ побројаних фактора толико и од дистрибуције подземних вода и од количине падавина.

Оно што је са сигурношћу утврђено и што је определило ток истраживања јесте закључак да се полихлоровани бифенили могу очекивати и истраживати на локалитетима где су нађени и измерени у површинским водама и речном седименту, а то је низводно водотоком Лепенице од испуста Фабрике камиона, односно од места узорковања број 2 из табеле број 3 и табеле број 6, 100 метара узводно од овог испуста.

6.5. ИЗВОРИ И БУНАРИ

Извори и бунари који су обухваћени овим истраживањима налазе се у алувијалној равни реке Лепенице, низводно од Крагујевца на потезу од Илићева до Цветојевца. Извори и бунари са овог подручја користе се за наводњавање и повремено напајање стоке. Бунарски објекти не задовољавају санитарно-хигијенске услове који су неопходни за бунаре који служе као водни објекти за снабдевање домаћинства водом за пиће. Вода извора и бунара се не користи за пиће и друге потребе домаћинства, већ она у људски организам доспева индиректно, преко ланаца исхране, што је значајно за ово истраживање због кумулативних својстава полихлорованих бифенила. Истраживањем су обухваћена и десна и лева страна реке Лепенице и то са десне стране реке налазе се 2 извора, а са леве један извор и три бунара.

Алувијални нанос је најбољи коректор подземне воде и издан у њему је богатија водом од издани у осталим литолошким комплексима. На истраживаном подручју ова издан не обилује знатном количином воде јер се претежно састоји од крупног шљунка са хумусом дебљине до 5 метара а испод је слој водонепропусне глине дебљине и до неколико десетина метара. У алувијалним равнима Лепенице издан је заступљена у заглињеним шљунковима и песковима, дубине 1 до 2 метра у близини речних корита, а идућу ка ободу повећава се до 4 метара. Ова издан се храни упијањем вода од падавина које се излучују у границама њиховог распрострањења, затим, сливањем површинских вода са падина у алувијалне равни, а такође и дотицањем подземних вода из виших терена. Прихрањивање издани у алувијалним равнима се врши и речним водама, па је зато ова издан богатија водом од оне у другим литолошким комплексима.

Режим издани на истраживаном подручју зависи од падавина и у вези је са режимом текућих вода. Издан је најплића и најбогатија водом крајем зиме и почетком пролећа због отапања снега и пролећних киша, када је и максималан водостај реке Лепенице. Издан је најсиромашнија водом и

налази се на већој дубини крајем лета и почетком јесени, када је највеће испаравање и највеће коришћење подземне воде за развој биљног света.

6.5.1. Извори

Приликом нумерисања узорака изворишних вода као критеријум је коришћен параметар удаљености извора од речног корита, а не удаљеност извора од места акцидента. Сва три извора су издашности од 1,5 l/s - 2 l/s у време највеће издашности и око 0,5 l/s у време најмање издашности. Сва три извора се муте, број 3 најређе, и по свом постанку су гравитациони.

- 1. Концентрација полихлорованих бифенила у води извора у Цветојевцу 8 метара од речног корита (десна страна Лепенице)*
- 2. Концентрација полихлорованих бифенила у води извора у Корману око 30 метара од речног корита (лева страна)*
- 3. Концентрација полихлорованих бифенила у води извора у Маршићу око 120 м од речног корита (десна страна)*

Табела бр. 9

Концентрација полихлорованих бифенила у изворним водама, на 1 литар

Узорци	од 5-тог до 17-тог дана након акцидента	лето 1999.	јесен 1999.	зима 1999/2000.	пролеће 2000.
1	118 η g - 364 μ g	93 η g - 415 η g (789 μ g, 221 μ g)	56mg - 16 μ g	\leq 40mg - 124 η g	\leq 40mg - 632 μ g
2	147 η g - 24 μ g	78 η g - 678 η g (85 μ g, 29 μ g)	114 η g - 536 η g	53 η g - 321 μ g	44 η g - 368 μ g
3	\leq 40 η g	96 η g - 987 η g	78 η g - 459 η g	\leq 40 η g - 612 η g	\leq 40 η g - 889 η g

У извору број 1 полихлоровани бифенили су одређени осми дан од акцидента при чему је нађена минимална концентрацији од 364 η g/l. Наредних дана мерене концентрације варирају, при чему се не могу повезати са неким од фактора средине.

Током лета концентрације падају и испод су 415 η g/l осим после прве поплаве 789 μ g/l и друге поплаве 221 μ g/l. Током јесени и зиме концентрације падају, у пролеће поново расту да би у јуну биле на граници детекције.

У узорку број 2, полихлоровани бифенили су први пут одређени тринаести дан након акцидента у концентрацији од 174 η g/l.

У летњем периоду концентрације су испод 678 η g/l осим у време прве поплаве 856 μ g/l и друге 29 μ g/l. Микрограмске концентрације су одређене у овом узорку крајем фебруара, у марту и априлу наредне године.

У узорку број 3 полихлоровани бифенили су први пут одређени у другој половини јуна, тј. 75 дана након акцидента. Све концентрације су нанограмских вредности, а највећа је у лето после прве поплаве 987 $\eta\text{g/l}$ и у мају наредне године 889 $\eta\text{g/l}$.

6.5.2. Бунари

Бунари се налазе у алувијону реке Лепенице, са леве стране низводно од фабрике за прераду отпадних канализационих вода у Цветојевцу па до краја Крагујевачке котлине. Код нумерисања узорака, такође је за главни критеријум узета удаљеност бунара од речног корита.

На бунарским објектима нису обезбеђене неопходне санитарно-хигијенске мере које су потребне за бунарске водне објекте који служе за снабдевање водом за пиће. Становништво у околним селима, на истраживаном локалитету се снабдева водом за пиће из градског водовода, из Моравског водоводног система, који је изван слива Лепенице па полихлоровани бифенили не могу продрети у извориште овог система. Бунари који су обухваћени овим истраживањем користе се искључиво за наводњавање, односно заливање поврћа и кукуруза.

- 1. Концентрација полихлорованих бифенила у води бунара око 90 м од речног корита, дубине око 5м, ниво воде од дна 2,5 м - 4 м.*
- 2. Концентрација полихлорованих бифенила у води бунара око 170 м од речног корита, дубина бунара око 6,5 м, ниво воде од дна 3,5 - 4,5 м.*
- 3. Концентрација полихлорованих бифенила у води бунара око 250 м до речног корита, дубина бунара око 9 м, ниво воде од дна од 4 м - 7,5 м (налази се на тераси у Цветојевцу).*

Сва три бунара се муте, најређе се мути бунар број 3 и то само код великих падавина или у пролеће код отапања снега.

Табела бр.10

Табеларни приказ концентрације полихлорованих бифенила бунарских вода, на 1 литар

Узорци	од 3-ћег до 17-тог дана након акцидента	лето 1999.	јесен 1999.	зима 1999/2000.	пролеће 2000.
1	$\leq 40 \text{ ng}$ - 132 ng	93 ng - 415 ng (389 μg , 121 μg)	56 ng - 16 μg	$\leq 40 \text{ ng}$ - 184 ng	≤ 40 - 632 μg
2	$\leq 40 \text{ ng}$	48 ng - 678 ng (856 μg , 6 μg)	114 ng - 536 ng	$\leq 40 \text{ ng}$ - 32 μg	44 ng - 86 μg
3	$\leq 40 \text{ ng}$	96 ng - 321 ng 987 ng - 416 ng	78 ng - 459 ng	$\leq 40 \text{ ng}$ - 612 ng	$\leq 40 \text{ ng}$ - 789 ng

У узорку број 1 полихлоровани бифенили су одређени први пут шеснаести дан од акцидента у концентрацији од 58 ng/l, а следећег дана 132 ng/l. Током лета концентрације су се кретале испод 415 ng/l, осим прве поплаве 389 $\mu\text{g/l}$ и друге 121 $\mu\text{g/l}$.

Током јесени концентрације су биле испод 560 ng/l, осим 1 узорка у новембру од 16 $\mu\text{g/l}$, ниже концентрације су се јавиле после чишћења бунара крајем августа.

Током зиме концентрације су на граници детекције, крајем фебруара, март и април су микрограмске 148 $\mu\text{g/l}$ - 63 $\mu\text{g/l}$, мају и јуну, падају испод 300 ng/l.

У узорку број 2 полихлоровани бифенили одређени су први пут 36 дана од акцидента у концентрацији од 96 ng/l и следећег дана 78 ng/l.

У летњем периоду су концентрације испод 678 $\eta\text{g/l}$, осим у време прве поплаве 856 $\mu\text{g/l}$ и друге 6 $\mu\text{g/l}$. Од краја новембра до краја фебруара концентрације су мање од 500 $\eta\text{g/l}$, а крај фебруара, март и април од 32 $\mu\text{g/l}$ до 86 $\mu\text{g/l}$, да би у мају и јуну били мање од 200 $\eta\text{g/l}$.

У узорку број 3 полихлоровани бифенили су први пут одређени у другој половини јуна, односно 79 дана након акцидента у концентрацији од 158 $\eta\text{g/l}$. После прве поплаве измерено је 987 $\eta\text{g/l}$, и до краја истраживања у овом узорку све концентрације су биле мање од ове. Овај узорак је једини који је током читавог истраживања имао концентрацију полихлорованих бифенила мању од 1 $\mu\text{g/l}$.

Током истраживања велики број узорака је био мутан. Мутноћа воде се током припрема узорака отклања центрифугирањем или филтрирањем преко квалитативног филтер папира или комбинацијом оба поступка до 25° НТУ колико је дозвољено за воду за пиће у ванредним приликама. У седименту или талогу на филтер папиру нису одређени полихлоровани бифенили, јер се радило о количинама талога мањим од 1 грама.

У првом делу овог поглавља неће бити посебно приказани нити коментарисани резултати нађених концентрација у песку и земљишту око погођеног трансформатора, јер се ради о изузетно великим, грамским вредностима. Такође, резултати концентрације полихлорованих бифенила у подним облогама фабричких хала и у бетону неће бити табеларно приказивани у овом поглављу.

Појединачни узорци изворских вода и вирова из алувијона Лепенице низводно од Крагујевца рађени су на основу индикација на терену. Нађене вредности су углавном нанограмске осим три микрограмске вредности. Ови резултати неће бити табеларно приказивани у овом поглављу.

Резултати и узорци који су поменути у овом поглављу, а нису табеларно приказани, биће коментарисани у другом делу поглавља.

Полихлоровани бифенили су познати као веома опасан отров и најпознатије име им је пирален. Спадају у групу изузетно стабилних органских једињења (најстабилнији хлоровани угљоводоник), која се спајају са органским материјама из тла талога и биолошких ткива или са раствореним органским угљоводоником у системима воде. Процес загађења воде се јавља у свим фазама њеног кружења у природи. У атмосфери се вода среће са различитим штетним примесима које лебде у ваздуху у облику димова, пара, гасова и аеросола, у овом случају сви појавни облици полихлорованих бифенила насталих као продукти сагоревања или поледица снажне експлозије. На површини земље и других површи, вода долази у додир са изливеним полихлорованим бифенилима у неизмењеној хемијској структури, које захвата, спира, раствара и односи их са собом. На путу кроз земљиште вода такође захвата, раствара и односи их са собом. Површинске воде поседују природне механизме одбране од загађења, али то у овом случају није довољно, јер је неповољна сразмера између величине и интензитета природних фактора са једне стране и хемијске природе, постојаности, токсичности и количине изливених полихлорованих бифенила са друге стране. Запреминска маса полихлорованих бифенила је $1,5 \text{ g/cm}^3$, има велику моларну масу, "тежи" је од воде и увек у површинским водама тежи према речном дну, а у подземним водама према најдубљим водонепропусним слојевима. Подземне воде у алувијону речних долина су у директној вези са нивоом и квалитетом речног тока, тако да се полихлоровани бифенили инфилтрирају из речног тока Лепенице у подземне воде алувијона истраживаног подручја.

Земљиште истраживаног подручја чини алувијон реке Лепенице у коме преовлађују песковито-глиновите наслаге са хумусом, карактерише га плитка издан, иначе је влажно и дуго чува влагу. Загађење овог земљишта полихлорованим бифенилима не изазива физичке промене, већ долази до њиховог продора у земљиште и апсорпције на хумусним и глинастим колоидима. Земљиште као део копненог екосистема, активно учествује у многим важним процесима преображаја материје. Полихлоровани бифенили својим присуством изазивају извесна оптерећења у земљишту, што наноси

*штету земљишним организмима, или чак могу мењати систем ценотичких
узајамних односа.*

*Укључујући се у ланце исхране а захваљујући својим својствима,
полихлоровани бифенили ће испољити највећу токсичност код крајњих
конзументата, кичмењака, посебно оних који имају велике количине масног
ткива, укључујући и домаће животиње, а посебно човека.*

6.6. КРЕТАЊЕ ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА У ПОВРШИНСКИМ ВОДАМА

Кретање полихлорованих бифенила у површинским водама биће отпраћено низ ток реке:

- 1 км узводно од места акцидента полихлоровани бифенили нису доспели за 15 месеци од момента акцидента;
- 100 м узводно од места акцидента полихлоровани бифенили су доспели у површинску воду (река Лепеница), због супер понирања, а услед велике количине падавина. Супер понирање је забележено на $87,6 \text{ l/m}^2$ падавина, након 90 дана од момента акцидента, док при мањим количинама падавина ова појава није забележена;
- 60 м узводно од места акцидента (река Ждраљица) полихлоровани бифенили су доспели два пута, због супер понирања, а услед велике количине падавине. Прво доспеће је за 90 дана $87,6 \text{ l/m}^2$ и друго након 109 дана $60,3 \text{ l/m}^2$;
- 30 м низводно испод лакирнице Фабрике аутомобила, полихлоровани бифенили су доспели у воду након 7 сати од оштћења првог трансформатора, то јест код првог узорковања. Приликом оштећења трансформатора, оштећен је и систем за прераду отпадних вода, сам трансформатор је оштећен у доњем делу, тако да је за кратко време истекла сва количина полихлорованих бифенила која се у њему налазила.
- 30 м низводно од испуста отпадних вода Фабрике камиона, полихлоровани бифенили су доспели у воду 31 сат након ракетирања Фабрике аутомобила, односно дела комплекса удаљеног око 400 метара од места узорковања;
- 11 км низводно од места акцидента полихлоровани бифенили су доспели у воду 13 сати од акцидента;
- Око 25 км низводно од места акцидента тј. 500 м пре уливања Лепенице у Мораву, полихлоровани бифенили су доказани 5 дан након акцидента (прво узорковање);

- У реку Мораву полихлоровани бифенили су доспели само и искључиво из реке Лепенице;
- У реку Лепеницу полихлоровани бифенили су доспели директно уливањем преко испуста отпадних вода Фабрике камиона, спирањем и дренажањем земљишта, преко канализационе мреже и уливањем реке Ждраљице (остале притоке Лепенице нису садржавале полихлороване бифениле);
- Концентрација полихлорованих бифенила у површинским водама зависи од количине и брзине продора полихлорованих бифенила у речно корито, водостаја реке, протока воде (l/s) и брзине тока реке;
- Брзина кретања, односно време доспећа полихлорованих бифенила удаљености низводно од акцидента зависи од: брзине тока реке (у овом случају природа реке је бујичног карактера), од количине падавина (l/m^2), ради се о кишном периоду тако да је брзина кретања велика, односно време продора релативно кратко;
- Присуство измерених концентрација полихлорованих бифенила и њихово време присутности у површинским водама зависи од временског трајања продора загађења у реку, физичко-хемијске природе загађивача, начина настанка загађења и природе свих ексципијената загађења, то јест првенствено физичке природе тла, односно земљишта као извора секундарног загађења;
- Појединачне концентрације полихлорованих бифенила одређене на истом мерном месту имају велике осцилације у вредностима код два узастопна мерења (једно мерење ηg - друго мерење mg).

6.7. КРЕТАЊЕ ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА У СЕДИМЕНТУ РЕЧНОГ ДНА

Кретање полихлорованих бифенила у седименту речног дна биће отпраћено низ водоток реке:

- 1 км узводно од места акцидента (Фабрика камиона), полихлоровани бифенили нису доспели у речни седимент;
- 100 м узводно од места акцидента, полихлоровани бифенили су доспели у речни седимент два пута, након велике количине падавина (l/m^2);
- 60 м узводно од места акцидента, река Ждраљица (Фабрика аутомобила), само једном, после прве поплаве дошло је до продора полихлорованих бифенила и то у трагу;
- 30 м низводно од испуста отпадних вода Фабрике камиона (река Лепеница), полихлоровани бифенили су продрели у речни седимент у исто време када и у воду, али у концентрацији мањој око 2 хиљаде пута.

Временом, концентрација у речном седименту је расла и достигла максимум 14-тог дана од првог ракетирања, када је измерено 2,328 g/kg. Концентрације су се повећавале услед продора чврстог отпада у речно корито. Током лета, мерене концентрације имају велике скокове, посебно после обилних падавина. Апсолутни максимум постижу после прве поплаве у јуну 1999. године, када је измерена концентрација од 2,832 g/kg. У јесењем и пролећном периоду концентрације иду према доњој граници. У зимском периоду концентрације су високе (милиграмских величина). Ове концентрације се могу повезати са климатским приликама (ниске температуре, низак водостај реке), али одлучујући фактор овог стања је, сасвим сигурно, нови продор чврстог отпада преко испуста отпадних вода.

- 30 м низводно од испуста отпадних вода Фабрике аутомобила, полихлоровани бифенили су доспели у речни седимент у исто време када и у воду, али у концентрацији мањој око 3200 пута. Седмог дана од момента ракетирања концентрација достиже максимум, а касније

(изузев поплава и већих падавина) концентрација опада, тако да на крају, после 16 месеци достиже минимум од 96 ng/kg. Стање седимента на овом локалитету говори да је највећа количина изливених полихлорованих бифенила на овом локалитету за веома кратко време продрла у реципиент. Чврсти отпад на овом локалитету није битно утицао на количину полихлорованих бифенила у седименту речног дна.

- 11 км низводно од места акцидента (700 м низводно од испуста фабрике за прераду канализационих вода), полихлоровани бифенили су се појавили у исто време у води и у седименту, али концентрација у седименту је била око 2900 пута мања него у води. На овом локалитету концентрације варирају и не могу се повезати са временском дистанцом. На величину измерених концентрација утичу количина падавина, темпо рада фабрике и технолошки поступак пречишћавања отпадних канализационих вода. Измерене концентрације у седименту речног дна на овом локалитету потврђују да су приликом акцидента и касније, током спирања терена, велике количине полихлорованих бифенила продрле у канализациону мрежу.
- Око 25 км низводно од места акцидента (500 м пре уливања реке Лепенице у Мораву) полихлоровани бифенили су доспели у речни седимент у исто време када и у воду, али у концентрацији мањој око 12600 пута;
- Седимент речног дна Мораве пре уливања реке Лепенице не садржи полихлороване бифениле, а након уливања садржи;
- Концентрације полихлорованих бифенила у седименту речног дна се крећу од почетних ниских, а временом прелазе у веће и високе. Раст концентрација у функцији времена није линеаран нити сталан, већ повремено долази до варирања, што зависи од хемијске природе супстанце, физичкохемијских својстава земљишта у сливу реке Лепенице, физичкохемијских својстава алувијона реке Лепенице, физичкохемијских и биолошких својстава речног дна, а посебно од апсорптивног капацитета речног дна;
- У бунарски седимент полихлоровани бифенили су продрли на удаљености од 90 м од речног корита, на 170 м од речног корита су на

граници детекције, док су на 250 м испод границе детекције. Након чишћења дна бунара број 1 (70 м од речног корита), концентрације полихлорованих бифенила у води и у седименту су се смањиле (у води је минимална, а у седименту на граници детекције).

6.8. ПРАВЦИ КРЕТАЊА ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА У ВОДАМА ИЗВОРА И БУНАРА

Правци кретања полихлорованих бифенила у водама извора и бунара праћени су по параметру удаљености од речног корита:

- Низводно од места акцидента око 17 км а на удаљености од речног корита од 8 м (са десне стране), полихлоровани бифенили су доспели у изворску воду 8-ми дан од акцидента. Количине полихлорованих бифенила на овом локалитету су углавном повезане са количином падавина односно водостајем реке Лепенице и концентрације полихлорованих бифенила у њој;
- Низводно од места акцидента на око 10 км, а око 30 м од речног корита (са леве стране), полихлоровани бифенили су доспели у изворску воду 13-ти дан од акцидента, а даљим праћењем њихова концентрација је повезана са количином падавина (l/m^2);
- Низводно од места акцидента на око 7,5 км; око 120 м од речног корита (са десне стране) полихлоровани бифенили су доспели у изворску воду за 76 дана од акцидента. На овом локалитету највећа концентрације су одређене после прве поплаве у јулу 1999. године и у мају 2000. године.

Сва три бунара се налазе са леве стране реке Лепенице и то низводно од места акцидента на локалитету од 11-тог до 17-тог километра.

- У бунарској води на удаљености 90 м од речног корита и при нивоу воде 1,5 м од површине земљишта односно 3,5 м од дна, полихлоровани бифенили су доспели 16-ти дан од акцидента. Концентрације су нанограмске осим две микрограмске после поплава у јулу 1999. године и једне у новембру. У августу исте године дно овог бунара је чишћено и након тога концентрације су пале испод 150 $\eta\text{g/l}$ и 117 $\eta\text{g/kg}$;
- У бунарској води на удаљености од око 170 м од речног корита полихлоровани бифенили су доспели у воду 36 дана од акцидента, при нивоу воде 4 м од дна односно 2,5 м од површине тла. На овом локалитету током лета (осим две поплаве) концентрације су нанограмске, а такође и у току јесени и зиме. У време отапања снега, крај фебруара, март и април концентрације су микрограмске, а у мају и јуну падају испод 200 $\eta\text{g/l}$;
- У бунарској води на 250 м од речног корита, при нивоу воде од дна 6,5 м, односно 2,5 м од површине тла, полихлоровани бифенили су нађени 79-ти дан од акцидента. На овом локалитету све концентрације су биле нанограмске тј. мање од 1 $\mu\text{g/l}$;
- 92 дана након првог ракетирања трансформатора или 2 дана након прве поплаве, а по индикацијама на терену одређивани су полихлоровани бифенили у додатним узорцима вода, извора и вирова, на одређеним тачкама алувиона, а посебно при завршетку алувијона и почетку брдовитог дела. Количина узорка је била 10 пута већа (2 л) због осетљивости методе и веће поузданости резултата. Од 84 узорка воде у 73 су детектовани полихлоровани бифенили или у 87% узорака. Узорци у којима нису нађени полихлоровани бифенили су се налазили на ободу алувијона. Алувијон у крагујевачкој котили који је обухваћен овим истраживањем чини 14 км речног тока и око 20 km^2 алувијалне површи. Ако би се пропорција узорака применила на површину алувијона, долази се до закључка да за 92 дана од акцидента полихлоровани бифенили нису продрли у изворске и подземне воде на површини од око 2,6 km^2 .

6.9. ПРЕДЛОЗИ ЗА ДАЉЕ ПРАЋЕЊЕ КРЕТАЊА ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА

Даље кретање полихлорованих бифенила, њихов утицај на животну средину и живи свет треба истраживати:

- Биолошким и микробиолошким истраживањем речног дна помоћу биоиндикација утврдити утицај полихлорованих бифенила на живи свет речног дна;
- Микробиолошким и биолошким истраживањем живог света у води реке Лепенице, Ждраљице и Мораве, на основу биоиндикација утврдити утицај полихлорованих бифенила на живи свет површинских вода;

Истраживање алувијона спровести мултидисциплинарно и то:

- Помоћу бушотина различитих дубина узимати узорке подземних вода и земљишта и у њима доказивати и одређивати полихлороване бифениле, како би се утврдило до ког су нивоа продрли;
- Два пута месечно узимати узорке земљишта на местима акцидента у оквиру групе Застава и одређивати концентрацију полихлорованих бифенила;
- Два пута месечно одређивати концентрацију полихлорованих бифенила у речном седименту дна на местима код испуста одпадних вода Фабрике аутомобила и Фабрике камиона;
- Два пута месечно одређивати концентрацију полихлорованих бифенила у бунарској води у алувијону Лепенице на локалитету у Цветојевцу око 1 км низводно од испуста Фабрике за прераду канализационих вода;
- Једном месечно одређивати концентрацију полихлорованих бифенила у води реке Лепенице 500 м пре уливања у Мораву;
- Препоручује се да Хидрометеоролошка служба Републике Србије преузме осматрање једног бунара у алувијону реке Мораве на потезу између Марковца и Великог Орашја;

- Препоручује се да Хидрометеоролошка служба Републике Србије преузме осматрање односно одређивање концентрације полихлорованих бифенила у води Мораве;
- Препоручује се да Хидрометеоролошка служба Републике Србије преузме у подземним водама у алувијону реке Мораве низводно од ушћа Лепенице, јер се у том делу налази велики број бунара, појединачних, породичних, сеоских и изворишта за водоснабдевање;
- Идентификовати и одредити појавне облике полихлорованих бифенила у седименту језерског дна и у масном ткиву риба из изворишта за водоснабдевање града Крагујевца (акумулације Грошница и Гружа), да би се утврдио евентуални утицај аерозагађења путем ветрова на воду за пиће;
- Биолошким методама по основу биоиндикација на биљкама и хемијским аналитичким методама у њиховим плодовима (воћу и поврћу) истраживати утицај полихлорованих бифенила како на саме културе на истраживаном локалитету, тако и шире на животну средину преко ланаца исхране;
- Ветеринарским прегледом животиња и хемијском анализом животних намирница, месо, млеко и млечни производи утврдити утицај на животне намирнице животињског порекла (животиње које се хране сточном храном са истраживаног подручја).

Воће и поврће, тј. намирнице биљног порекла, приликом истраживања поделити у више група, и то:

- Намирнице богате водом: краставац, парадајз, лубеница, бресква, шљива...;
- Махунасте намирнице богате скробом: пасуљ, грашак, боранија...;
- Намирнице богате витамином ц: паприка, лист першуна, плод шипурка...;
- Кртоласто поврће: кромпир, шаргарепа, цвекла, целер, пашканат, ротква, корен першуна, црни лук...;

- Лиснато поврће: зелена салата, спанаћ, зеље, купус, кељ...;
- Намирнице богате биљним мастима: орах, лешник, сунцокрет, семе бундеве...;
- Житарице.

За све намирнице у истраживање уврстити и њихове прерађевине и производе.

На крају, уз редовну и појачану здравствену заштиту и здравствену контролу, посебно осетљивије популације (бебе, деца, млади, труднице, рековалсенти...), обавезним биохемијским и другим неопходним претрагама пратити и побољшати здравствено стање становништва на истраживаном подручју.

Превентивним мерама здравствене заштите становништва, обавезно спровести едукацију становништва и мултидисциплинарним приступом различитих профила стручњака дати конкретне предлоге мера. Предлогом мера, након истраживања, одредити биљне културе које су најбезбедније за узгајање на парцелама алувијона и означити јасно евентуалне површине које не треба обрађивати и биљне врсте које не треба гајити. Уколико се докаже, поједине биљне врсте забранити за узгајање на одређеном локалитету, а посебно забранити њихово стављање у промет са ризичног подручја. Да би се оствариле мере превентивне здравствене заштите неопходно је укључивање државних органа и институција и то не само законодавно и извршно већ и финансијски. Финансијско укључивање није неопходно само за истраживање, већ и за надокнаду евентуалних губитака пољопривредницима због смањеног приноса, а ради узгајања биљних врста које су за здравствено најбезбедније.

6.10. ОЧЕКИВАЊА

Појавни облици полихлорованих бифенила регистрованих у ваздуху, делују контактно по површини тела и преко органа за дисање, а пошто је овај облик загађења кратко трајао не очекује се даље штетно дејство на животну средину и живи свет.

Вода на свом путу кружења у контакту са земљиштем захвата, спира и раствара полихлороване бифениле, тече по земљишту и пролази кроз његове водопрпусне слојеве, па ефекти загађења ова два система на живи свет ће бити повезани. Штетни ефекти на биоценозе нису у линеарној зависности са количином загађења, јер полихлоровани бифенили се кумулирају у живим организмима, посебно у масном ткиву. Код водених и земљишних инсеката се јавља генетски условљен полиморфизам, екоморфозе, цикломорфозе и екотипске модификације. Промене скулптуре површи се очекују код: биљне ваши, бауљара, ларви водених екосистема, крупнокрилних инсеката, медоносних пчела итд. Даље промене се могу очекивати код зглавкара и пужева, а највећи штетни ефекти ће бити код кичмењака. Највећа штетна дејства полихлорованих бифенила се очекују код: бескичмењака, риба, змија, птица и сисара. У оквиру популација кичмењака најосетљивије су женске популације. Досадашња научна истраживања и сазнања показују да је токсично дејство полихлорованих бифенила повезано са женским стероидним хормонима у мишићном ткиву кичмењака, укључујући и човека. Изомери полихлорованих бифенила узајамно делују са природним естрогенима на рецепторе, који су смештени у језгрима ћелија јајника и тај узајамни однос доводи до промена. Механизам узајамног дејства на рецепторе је доказан и на мембранама митохондрија јетре, а манифестује се бубрењем митохондрија, повећањем растреситости њихових кристала и на крају потпуним растварањем њиховог садржаја. Промене на нивоу ултраструктуре праћене су губитком активности митохондријалних фермената који су повезани са синтезом стероида, односно појединим стадијумима синтезе холестерола, као и других прекурсора кортикостероида. Поремећај синтезе стероида ће имати за последицу секундарне промене одређених функција полних органа и

дејство на ембрион и фетус, а код адреностероида поремећај воденог и соног биланса и размене хранљивих материја. Због добре растворљивости полихлорованих бифенила у масном ткиву и њихове способности кумулирања (преко ланаца исхране) у кичмењака, а посебно код човека, у функцији времена се очекују повећана тератогена, мутагена и канцерогена дејства.



7. ЗАКЉУЧЦИ

Докторска дисертација "Правци кретања полихлорованих бифенила у водама након НАТО бомбардовања" даје нови научни приступ у праћењу и проучавњу кретања полихлорованих бифенила у површинским и подземним водама, као последици ратних дејстава. Проучавањем кретања, дистрибуције, прерасподеле, миграције, места и начина узимања узорака и принципа хемијске аналитике је сложен процес.

Истраживано подручје обухвата водоток реке Лепенице од уласка у Крагујевац па до уливања у реку Мораву, водоток реке Мораве пре и после ушћа Лепенице и алувијон реке Лепенице од Заставе до завршетка крагујевачке котлине, посебно његов део од Илићева до краја котлине, са изворима и бунарима.

Истраживано подручје карактерише:

- сиромаштво водом,
- бујични карактер водотокова,
- алувијон у коме преовладавају песковито-глиновите насlage са хумусом,
- алувијално земљиште које је влажно, добро чува влагу и има плитку издан.

Током израде ове дисертације је утврђено:

- На уласку водотока Лепенице у Крагујевац, код Грошничке станице, полихлоровани бифенили нису присутни у водотоку.
- У водотоку Лепенице, 100 м узводно од Фабрике камиона, полихлоровани бифенили су присутни само код поплава, односно при количини падавина од $87,6 \text{ l/m}^2$.
- У водотоку Лепенице, 30 м низводно од Фабрике камиона, полихлоровани бифенили су након првог акцидента стигли за 31 сат и наредна три дана од првог, а посебно од другог ракетирања су одређиване високе концентрације. Измерене концентрације полихлорованих бифенила на овом локалитету нису повезане са функцијом времена, односно нису опадале и повећавале се у зависности од тога колико је времена прошло од акцидента, већ су зависиле од количине падавина и времена понирања полихлорованих бифенила. У оквиру истраживања површинских вода, овај локалитет је најоптерећенији полихлорованим бифенилима, а највећа концентрација од 728 mg/l је измерена после прве поплаве у јулу 1999. године.
- У водотоку Лепенице, у Цветојевцу, око 11 километара низводно од акцидента, 700 м низводно од испуста фабрике за прераду отпадних канализационих вода, полихлоровани бифенили су доспели 13 сати после акцидента, односно првог ракетирања Заставе. На овом локалитету је измерена апсолутно највећа концентрација полихлорованих бифенила у површинским водама током читавог истраживања, од апсолутних 1583 mg/l , после прве поплаве у јулу 1999. године. Ова концентрација се објашњава великим спирањем терена, скупљањем дела падавина у кишну канализацију и укључивањем у фекалну канализацију.
- У водотоку Лепенице, око 25 километара низводно од акцидента, 500 м пре уливања у Мораву полихлоровани бифенили су стигли за 5 дана од акцидента, а измерене концентрације су очекиване у односу на концентрације из узводног водотока.
- У водотоку реке Ждраљице, 60 м узводно од испуста отпадних вода лакирнице Фабрике аутомобила, полихлоровани бифенили су присутни

само после две поплаве, односно доказани су код падавина од $63,3 \text{ l/m}^2$ и $87,6 \text{ l/m}^2$.

- У водотоку реке Ждраљице, 30 м низводно од испуста отпадних вода лакирнице Фабрике аутомобила, полихлоровани бифенили су доспели 7 сати после акцидента, високе концентрације су биле присутне наредних 10 дана, а касније опадају. Брзо опадање концентрација након акцидента се може објаснити тиме што се из једног трансформатора нагло излила сва количина полихлорованих бифенила и нашла свој пут до водотока, без већег распршивања, апсорпције и задржавања на и у земљишту и другим површинама (песак, бетон и подови у производним халама, грађевински и чврсти индустријски отпад настао као последица рушења).
- Водоток реке Мораве, пре и после уливања реке Лепенице, потврђује да су полихлоровани бифенили у Мораву доспели из Лепенице и то за 5 дана од акцидента.
- У седименту речног дна Лепенице, код Грошничке станице, полихлоровани бифенили нису присутни.
- У седименту речног дна Лепенице, 100 м узводно од испуста отпадних вода Фабрике камиона, полихлоровани бифенили су пронађени у трагу код две поплаве у јулу 1999. године.
- У седименту речног дна Лепенице, 30 м низводно од испуста отпадних вода Фабрике камиона, полихлоровани бифенили су доказани у исто време као и у води, са почетном концентрацијом која је била око 2000 пута мања од оне у води. На овом локалитету концентрација полихлорованих бифенила је расла у функцији времена, 14 дана након акцидента, а након тога концентрације падају све до прве поплаве јула 1999. године, када је измерена апсолутно највећа концентрација од 2839 mg/kg . Раст концентрације полихлорованих бифенила у првих 14 дана након акцидента је последица продора чврстог отпада у речни ток и речно корито, односно уливања отпадних вода које су садржавале велике количине талога, муља и суспендованих материја. Узорак седимента са овог локалитета је имао високе концентрације полихлорованих бифенила у зимском периоду, што се може објаснити

моларном масом и хемијском природом полихлорованих бифенила, временским приликама (ниска температура, низак водостај), али највероватније је главни узрок ново изливање отпадних вода које су садржавале полихлороване бифениле.

- У седименту речног дна Лепенице, око 11 километара низводно од акцидента, 700 м од испуста Фабрике за прераду канализационих вода, полихлоровани бифенили су нађени у исто време као и у води, али у концентрацији око 2900 пута мањој од оне у води. Остале нађене концентрације су повезане са количином падавина, веће падавине - веће концентрације и обрнуто.
- У седименту речног дна Лепенице, око 25 километара низводно од акцидента, 500 м пре уливања у Мораву, полихлоровани бифенили су доспели у исто време кад и у воду, али у концентрацији мањој око 12000 пута. Концентрације које су нађене код 40% узорака се не могу повезати са неким од фактора природе, док су остале углавном повезане са количином падавина.
- У седименту речног дна Ждраљице, 60 м узводно од испуста отпадних вода лакирнице Фабрике аутомобила, полихлоровани бифенили су присутни у трагу само код поплава, при падавинама од $87,6 \text{ l/m}^2$.
- У седименту речног дна Ждраљице, 30 м низводно од испуста отпадних вода лакирнице Фабрике аутомобила, полихлоровани бифенили су продрли у исто време као и у воду, али у концентрацији мањој око 3200 пута. Концентрација расте наредних 7 дана, а после тога у функцији времена опада. Вода и седимент са овог локалитета, односно концентрације измерене у њима, показују да су на овај локалитет полихлоровани бифенили доспели у течном облику, без чврстих примеса и адсорпције на њима, а да су конфигурација терена и физичка својства земљишта утицали да падавине спирањем и захватањем са и из земљишта и осталих површина, полихлороване бифениле однесу према локалитету код испуста Фабрике камиона.
- Приобални седимент речног дна Мораве, пре и после уливања Лепенице, показује да су полихлоровани бифенили у Мораву доспели из Лепенице.

- Полихлоровани бифенили су доказани и одређени 100 м узводно од испуста отпадних вода Фабрике камиона, у води и седименту речног дна Лепенице, и присутни су у читавом водотоку, низводно све до ушћа Лепенице у Мораву, а затим и у води и приобалном седименту речног дна Мораве, низводно од ушћа Лепенице.
- У извор, удаљен 8 м од речног корита Лепенице, полихлоровани бифенили су доспели 8 дана након акцедента.
- У извор, удаљен 30 м од речног корита Лепенице, полихлоровани бифенили су доспели 13 дана након акцедента.
- У извор, удаљен 120 м од речног корита Лепенице, полихлоровани бифенили су доспели 75 дана након акцедента.
- У бунарску воду, удаљену 90 м од речног корита, полихлоровани бифенили су доспели 16 дана након акцедента.
- У бунарску воду, удаљену 170 м од речног корита, полихлоровани бифенили су доспели 36 дана након акцедента.
- У бунарску воду, удаљену 250 м од речног корита, полихлоровани бифенили су доспели 79 дана након акцедента.

Алувијон који је обухваћен овим истраживањем се простира на потезу од Илићева па до завршетка Крагујевачке котлине и чини 14 км речног тока, односно око 20 km² алувијалне површи. Други дан после прве поплаве у јулу 1999. године, или 92 дан од првог ракетирања трансформатора, а по индикацијама на терену, одређивани су полихлоровани бифенили у додатним узорцима вода извора и вирова на појединим тачкама алувијона, а посебно на преласку алувијона у брдовити део. Количина узорака је била 10 пута већа (2 литра) од редовних количина, због сконцентрисавања узорака и повећања осетљивости и поузданости аналитичке методе. Од 84 узорка, у 73 су детектовани полихлоровани бифенили, што чини 87%. Уколико се проценат узорака у којима су детектовани полихлоровани бифенили пропорционално повеже са површином алувијона, изводи се закључак да 92 дана од акцидента, полихлоровани бифенили нису продрли у изворске и бунарске воде на површини од 2,6 km².

Приликом два ракетирања Заставе, 9. и 12. априла 1999. године, поред осталог, оштећено је 5 трансформатора, уништена је једна трафостаница и око 100 кондензатора и том приликом је дошло до изливања пираленског уља, односно до продора полихлорованих бифенила у животну средину. Ракетирање Заставе као ратно дејство, има за обавезну последицу пожар и снажну експлозију, па је тако један део полихлорованих бифенила изазвао аерозагађење у облику аеросола и продуката сагоревања (диоксини, метилхлорид, етилхлорид, хлороформ, фуран, фозген...). Током акцидента, други део полихлорованих бифенила се услед експлозије распршио по земљишту и другим површинама (песак, бетон, подови производних погона, грађевински отпад настао као последица рушења, чврсти индустријски отпад настао као последица разарања). Трећи део се излио у земљиште и одатле је један део отишао у кишну канализацију, а преко ње у површинску воду, други део је кроз дренаже земљишта отишао у водоток Лепенице, и трећи део, који је продро у земљиште, се стално спира у Лепеницу. Водоток Лепенице од момента акцидента носи полихлороване бифениле који се инфилтрирају у подземне воде у алувијону, низводно од места акцидента, а из подземних вода долази до загађења земљишта. Крајњи сегменти загађења су:

- земљиште на месту акцидента на локалитету групе Застава,
- седимент речног дна Лепенице,
- алувијално земљиште крагујевачке котлине низводно од Заставе.

Земљиште је природни ресурс који се најтеже обнавља и најтеже се ослобађа загађења, тако да ће у зависности од количине падавина и нивоа подземних вода долазити до прерасподеле полихлорованих бифенила између подземних вода и водопрпусних слојева земљишта. Време задржавања полихлорованих бифенила на истраживаном терену, на основу до сада познатих научних података и чињеница, не може се прогнозирати.

Полихлоровани бифенили имају моларну масу већу од воде, теже дну суда, изузетно су хемијски стабилни, добро се растварају у мастима (масном ткиву) и декларисани су као опасан отров. Својим присуством у води и

земљишту укључују се у ланце исхране, захваљујући својим кумулативним својствима имаће највеће штетне последице на кичмењаке, а посебно на човека као крајњег конзумента. Поједностављено, полихлоровани бифенили доспеју у воду, таложе се, њиме се хране ситне биљке и животиње, овима ситне рибе, па крупније, па птице... Увек је на крају човек, кога ће овај и други отрови просути НАТО бомбама деценијама "хранити".

Израдом ове докторске дисертације, кроз синтезу и анализу целокупног фонда података примењеног у појединим поглављима, дат је нов научни приступ у проучавању и истраживању праваца кретања полихлорованих бифенила у површинским и подземним водама, а у циљу заштите, очувања и унапређења животне средине као и очувања и унапређења људског здравља и квалитета људског живота.

8. ЛИТЕРАТУРА

1.Annau Booh af ASTM Standars (181.)
2. Анимална екологија, 1985; Р. Паповић, Ј. Шапкарров
3. Антула Д.: Гвоздена рудишта у Шумадији, Годишњак Рударског одељења, књ. IV, Београд 1913.
4. Bioindikation in terrestischen Ekosystemen, Herausgegeben von Rudolf Schubert, Baerbeiten von einem Autorenkollektiv, Veb Gustav Fisher Verlag Jena 1985.
5. Буџет општине Крагујевац за 1904. годину, Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
6. Бушотина код Крагујевца: Геолошки биро, Краљево 1963.
7. Васовић М. Шумадија; Земља и људи, св. 3. Српско географско друштво, Београд 1953.
8. Water resources Engineering; Linsley R., Franzini J.; New York... Torinto, 1989. Mc Graw – Hill Book Company
9. Владисављевић Ж.: Водопривредна основа среза Гружанског
10. Владисављевић Ж. И Гагић М.: Мелиорација Доње Груже, 1956.
11. Водопривредна основа водног подручја Морава, књ. II Beograd 1966.
12. Вода за пиће, стандардне методе за испитивање хигијенске исправности, 1990, Група аутора, Привредни преглед; Београд
13. Вељовић Б. Вегетација у околини Крагујевца, Гласник Природњачког музеја, серија Б, књ. 22. Београд, 1967.
14. Владисављевић Ж.: Мелиорација Доње Груже, књ. I и II; Београд 1959.
15. Геолошки сатив и тектоника Гледићких планина, 1956. Београд, Анђелковић М., Геолошки анали Балканског полуострва књ. XXIV,
16. Главни пројекат за уређење слива Грошничке реке; Рејонска секција за заштиту од ерозије и уређење бујица у Крагујевцу 1962.
17. Главни пројекат регулације реке Угљешнице; Водопривредно предузеће, Смедеревска Паланка 1968.
18. Грујовић Љ.: Структура земљиног покривача на терену рекреационог центра "Језеро" у Крагујевцу; Завод за геолошка и геофизичка истраживања, Београд 1969.
19. Градско поглаварство у Крагујевцу фасцикла XXI, Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
20. Градско поглаварство: фасцикла XX; Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
21. Градско поглаварство у Крагујевцу; фасцикла XXVI; Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
22. Градско поглаварство; фасцикла LVII; Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
23. Градско поглаварство; фасцикла L; Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
24. Градско поглаварство; фасцикла LVII; Историјски архив Шумадије у Крагујевцу

25. Градско поглаварство; фасцикла XVIII; Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
26. Градско поглаварство; фасцикла XVI; Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
27. Група аутора; Крагујевац; ННО Крагујевац, 1957.
28. Главни пројекат за уређење слива Дуленске реке; Секција за уређење бујица. Крагујевац 1964/1965
29. Дукић Д.: Општа хидрологија; Научна књига, Београд, 1962.
30. Дробњаковић Б. Крагујевац, Гласник СГД. св. XII, Београд, 1962.
31. Дукић Д.: Водоснабдевање градских насеља и индустрије у Србији; Зборник радова, Географски институт, Природно – математички факултет, св. XVIII, Београд, 1971.
32. Детаљан урбанистички план спортско – рекреационог центра "Језеро"; Завод за урбанизам, Крагујевац 1970.
33. Дедић М.: Изградња акумулације у сливу Велике Мораве, Географски годишњак, број 7, СГД – Подружница Крагујевац, Крагујевац 1971.
34. Државни савет 1836, Историјски архив Србије
35. Дедић М.: Снабдевање водом града Крагујевца из слива Осанице: Допуна идејне студије, Београд 1963.
36. Допуна главног пројекта регулације Лепенице у Крагујевцу; Водопривредна организација, Смедеревска Паланка 1969.
37. Дедић М.: Главни пројекат акумулације Корман: Моравско – шумадијска водна заједница, Смедеревска Паланка
38. Дукић Д.: О времену појављивања апсолутно најмањих вода на рекама и језерима СФРЈ, Природно – математички факултете, Географски завод, Зборник радова, св. XI, Београд 1964.
39. Ђорђевић Т.: Из Србије кнеза Милоша; књ. II Београд 1922.
40. Ђорђевић Т.: Из Србије кнеза Милоша; књ. I Београд 1922.
41. Ђукановић Д.: Клима среза Крагујевац, Београд 1966.
42. Жујовић Ј.: Геологија Србије I; СКА, Београд 1893.
43. Извештај комисије за утврђивање ратне штете учињене животной средини о акциденту са пираленом, јуни 1999.
44. Извештај о раду комисије за утврђивање ратне штете учињене животной средини, 1999.
45. Извештај о урађеној анализи отпадних вода у јамама фабрике Црвена застава, погони лакирнице, јуни 1999.
46. Извештај о урађеној токсиколошко – хемијској анализи воде ВМА, 14.04.1999.
47. Извештај хидрометеролошког завода републике Србије о хаваријском загађењу воде река Велике Мораве, Ибра и Лепенице, 16.04.1999.
48. Извештај комисије за процену ратне штете, Савезном министарству за развој науку и животну средину, 1999.
49. Извештај СРЈ, последице НАТО бомбардовања на животну средину СР Југославије, Савезно министарство за развој, науку и животну средину, фебруар 2000.
50. Извештај о деконтаминацији ране основне боје, загађене пираленом, у лакирници ФКЕ "Каросерија" стручни тим за заштиту од акцидентата децембар 1999.
51. Извештај о урађеној анализи отпадних вода у линијама 4 и 5 фабрике Црвена застава, погони лакирницам ПМФ – Крагујевац

52. Извештај удружења за заштиту Дунава и Саве, 1999 и 2000.
53. Извештај о урађеној хемијској анализи воде, 3333 Београд, 1999, 2000.
54. Извештаји са трибина протесних скупова Универзитета у Нишу, април, мај и јуни 1999.
55. Информација о акциденту са пираленом, Комисија за утврђивање ратне штете учињене животnoj средини, јуни 1999.
56. Информација у вези чувања и складиштења опасног отпада, центар заштите на раду и заштите животне средине, јуни 1999.
57. Информација о акцидентим у 2.2 "Застава аутомобили", стручни тим за заштиту од акцидената, септембар 1999.
58. Информација о измештању муља и чврстих предмета са линије завршног лакирања 1-4, у лакирници за бојење шкољки, стручни тим за заштиту од акцидената, јуни 1999.г.
59. Информација о активности на деконтаминацији лакирнице од пиралена, јуни 1999г.
60. Информација о последицама по животну средину од индустријских удеса изазваних бомбардовањем у ДД "Застава аутомобили" јули 1999.
61. Информација о обиласку Фабрике аутомобила "Застава" у Крагујевцу оштећених НАТО агресијом, 3333 Београд јули 1999.г.
62. Информација штабу цивилне заштите града Крагујевца март, април, мај, јуни 1999.
63. Информација републичком министарству за заштиту од акцидената у ДД Застава, септембар 1999.
64. Инжењеријски услови изградње цевовода Морава – Крагујевац; деоницеКапавац – Кошутњак, Завод за геолошка и геофизичка истраживања, Београд 1965.
65. Инжењерско – геолошка и геофизичка испитивања ширег градског подручја Крагујевца; Завод за геолошка и геофизичка истраживања, Београд 1969.
66. Информација о пријављеној и идентификованој штети ДД "Застава", јули 1999.
67. Исаковић Д.: Хидрогеолошки истражни радови у долини Велике Мораве за водоснабдевање Крагујевца; Фонд Геозавода, Београд 1965.
68. Исаковић Д.: Прелиминарни извештај о резултатима радова за водоснабдевање Крагујевца водом; Фонд Геозавадам Београд 1965.
69. Историјски архив Србије: Фонд Књажевске канцеларије 1815-1839.
70. Историјски архив Србије: Фонд Крагујевачке нахије 1815-1839
71. Истраживање воде: Суд општине Крагујевац, фасцикла II, Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
72. Историјски архив Србије: Фонд Средотечне војне команде 1815-1839
73. Исаковић Д.: Хидрогеолошки истражни радови у долини Велике Мораве за водоснабдевање Крагујевца; Фонд Геозавода, Београд 1964.
74. Инвентарски број 1ц, Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
75. Јевђевић Б.: Хидрологија I део; Хидротехнички институт "Јарослав Черни", Београд 1956.
76. Јереминив Б.: Снабдевање водом насеља и индустрије СФРЈ; Савез инжењера и техничара Југославије, I конгрес о водама, Београд 1969.
77. Карић Б.: Србија, опис земље, народ и држава, Београд 1887.

78. Катастар бујица сливниг подручја реке Осанице; Рејонска секција за заштиту од ерозије и уређења бујица, Крагујевац 1969.
79. Климатолошки подаци за Крагујевац и кишомерне станице у Крагујевачкој котлини од 1952-1970; Хидрометеоролошки завод СР Србије у Београду
80. Количина мангана у води за пиће Централног водовода града Крагујевца од 1984-1994. – Миљана Стојановић – Милосављевић и Милица Поповић, 1995
81. Коматина М.: Хидрогеолошке одлике Шумадије; Фонд документације Завода за геолошка и геофизичка истраживања, Београд 1967.
82. K. J. HYVER, HIGH RESOLUTION GAS CHROMATOGRAPHY, 1989.
83. Красојевић Б.: Снабдевање водом града Крагујевца; Институт за водопривреду НР Србијем Београд 1952.
84. Красојевић В и Благојевић Б.: Инвестициони програм регулације реке Лепенице; Водна заједница "Лепеница", 1958.
85. Крагујевац у борби за воду, Група аутора, издавач Фонд за финансирање изградње водоводног система "Гружа" у Крагујевцу и Радна организација "Водовод и канализација"
86. Лазаревић Р.: Снабдевање Крагујевца водом; Земља и људи, св. 15, Српско географско друштво, Београд 1965.
87. Лазаревић Р. Ж Из историје прве престонице Србије; Крагујевац некад и сад, Крагујевац 1933
88. Лепеница, катастар бујица; Рејонска секција за заштиту земљишта од ерозије и уређење бујица, Крагујевац, 1979.
89. Лепеница и њен слив, Рејонска секција за заштиту од ерозије и уређење бујице, 1965.
90. Луковић М.: Геолошке подлоге наших водојажа; Зборник радова Геолошко – рударског факултета, св.3, Београд 1955.
91. Луковић М.: Геолошки извештај о лежиштима гипса у селу Липници у Голочелу; Фонд стручних докумената Геолошког завода НРС, Београд 1947.
92. Марјановић Д.: Повећање капацитета водовода за град Крагујевац; идејни пројекат, 1957.
93. Методологија за израду интегралног катастера загађивача животне средине, Милорад Милорадов, Првослав Марјановић, Славко Богдановић, Београд 1995.
94. Микинчић Б.: Лежиште манганове руде у атару села Драче; Годишњак геолошког института Краљевине Југославије, св. I 1939.
95. Миловановић Д.: Брана Грошница, главни пројекат повишења, Косово – пројекат, Београд 1959.
96. Миловановић Д.: Акумулација "Борач" и "Љуљаци"
97. Миловановић Д.: Акумулација "Борач"
98. Миловановић Д.: Систем Дуленка – Нова Грошница за снабдевање Крагујевца водом, I, II и III
99. Милојевић М.: Привредно – географске особине слива Осанице; Географски преглед IV, Сарајево 1960.
100. Милојковић Ј.: Извештај о рударским испитивањима у округу Крагујевачком; Годишњак Рударског одељења, Београд 1982
101. Милојковић Ј.: Налазишта гипса у Голочелу и Липници; Годишњак Рударског одељења, Београд 1982

102. Милојевић М.: Природно – географске особине слива Лепенице, Годишњак Рударског одељења, Сарајево 1960
103. Митровић Ј.: Крагујевац од 1839. године, Београд 1933
104. Младеновић Б.: Снабдевање индустрије сировом водом и акумулације "Сабанта" на реци Ждраљици, Београд 1965.
105. Научни извештаји о најглавнијим радовима за уређење Крагујевца: Канализација, водовод и регулације Лепенице; Крагујевац 1913.
106. New Tool the Water Hemist – Water Engineering, May 1965. Platte, J. A. and Marcy, V. M.
107. Нешић М.: Технички извештај уз пројекат за водовод града Крагујевца и Артилјеријско – техничког завода; Београд 1929.
108. Нешовић Б.: Водопривредни проблем Лепенице, Савезна комисија за водопривреду
109. Нинковић Д.: За уређење Крагујевца; Крагујевац 1910.
110. Нинковић Д.: Снабдевање Крагујевца водом, стање, потребе, предлози за решење, Београд 1961.
111. Обрадовић З.: Хидрогеолошка испитивања појединих села среза Крагујевачког; Фонд Завода за геолошка и геофизичка испитивања, Београд 1955.
112. Обреновић М.: Извештај о стању Крагујевачког водовода, 1957.
113. Основи аналитичке хемије, Јелена и Миомир Савић, Сарајево 1981.
114. Опис технолошких процеса из кој је настао отпад, струјни тим за заштиту од акцидентата, 2000.
115. Павловић С. П.: Прилози за стратификацију миоценских наслага у 3. Србији
116. Панчић Ј.: Нешто о нашим шумама, Крагујевац 1870.
117. Пејовић П.: Извештај о геофизичким испитивањима на води у срезу Крагујевачком и Гружанском; Фонд стручних докумената Завода за геолошка и геофизичка испитивања
118. Пројекат заштите животне средине, деконтаминација животне средине Крагујевца, Савезно министарство за развој, науку и животну средину, децембар 1999.
119. Петковић К. и Марковић С.: Геолошка карта среза Крагујевац; 1957.
120. Петровић Р.: Проширење водовода за Крагујевац; "Хидропројект" Београд 1965.
121. Петровић Д.: Турски водовод у Крагујевцу; Наша стварност, Крагујевац 1950.
122. Петровић Р.: Акумулација "Ралетинац"
123. Петровић Д. и Дедић М.: Снабдевање водом града Крагујевца из слива реке Осанице; Идејна студија "Југопројект", Београд 1961.
124. Препоруке за успостављање мониторинга животне средине, Савезно министарство за развој, науку и животну средину, фебруар 2002.
125. Поповић Р.: Крагујевац и његово привредно подручје; Посебна издања САНУ, књ. ССXL VI, Географски институт књ. 8, Београд 1956.
126. Поповић Р. и Новковић М.: Доњоконгеријске насlage слатководних басена Западне Мораве и Груже; Весник Завода за геолошка истраживања књ. 24/25, Београд 1966/67.
127. Пројекат за деконтаминацију лакирнице загађене пираленом у ДД Застава аутомобили, мај 2000.г.

128. Пројекат о уклањању бетона и песка контаминираног пираленом, додавање новог слоја бетона, март 2000.
129. Предлог за техничко решење отпадних вода, загађених пираленом, јули 1999.
130. Предлог ургентних мера заштите животне средине у Крагујевцу, Стручни тим за заштиту од анцидената, децембар 1999.
131. Програм заштите животне средине Уједињених нација, март 2000.
132. Предлог за техничко решење чврстих предмета загађених пираленом, јули 1999.
133. Путовођа кроз Крагујевац, 1925. Анђелковић Б., Крагујевац
134. Преглед обезбеђења средстава за изградњу и реконструкцију водовода у Крагујевцу; Скупштина општине Крагујевац 1972.
135. Преписка о исплати предузећа "Оград", Музеј "Заставе"
136. Педолошка карта; Крушевац 1 и Крагујевац 3, размер 1:50000, Институт за педологију и агрохемију, Београд – Топчидер 1958.
137. Приручник за комуналну хигијену; 1996. Београд – Загреб, Рамниз С. и сарадници, Медицинска књига
138. Пројекат буџета Суда општине Крагујевац за 1932. годину; Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
139. Радивојевић Т.: Лепеница, насеља српских зе,аља, књ. VII СКА, Београд 1911.
140. Радивојевић Т.: Насеља у Лепеници, Насеља и порекло становништва, књ. 27, Београд 1930.
141. Радивојевић Т.: Шумадија; Шумадија у садашњости и прошлости, Суботица 1932.
142. Радуловић Ј.:Регулација Лепенице, идејни пројекат; "Југопројект", Београд 1997.
143. Регистар отпадних вода у Шумадијском округу, Регионални 3333 Крагујевац, 1997.
144. Радно упутство за измештање отпадних вода и заосталог муља загађених пираленом, јуни 2000.
145. Резултати хемијске анализе отпадних вода лакирнице, новембар 1999. ПМФ Крагујевац
146. Резултати хемијске анализе песка и земљишта око трансформатора, децембар 1999. ПМФ Крагујевац.
147. Савић М.: Водопривредни проблеми Крагујевца; Енергопројект 1961
148. Савић.: Довод дефицитарних вода у Шумадију; Први конгрес о водама Југославије књ. 1, Савез инжењера и техничара, Београд 1969.
149. Савић М.: Искоришћење воде Доњег Ибра за енергетику и наводњавање Шумадије "ХЕ" Локет, Београд 1959
150. Савић.: Снабдевање Крагујевца водом; Енергопројект, Београд 1961
151. Снабдевање водом за пиће у рату и другим ванредним приликама, Удружење за технологију водем Група аутора, 1981. године
152. Снабдевање водом – приручник (превод са немачког), Мучман Ј., Стимелмајер Ф., 1988. Београд, Грађевинска књига
153. Спасић Ж.: Историјски аспекти снабдевања Крагујевца водом; Симпозијум о снабдевању водом Шумадије и Поморавља, Крагујевац 17-19.V 1973.
154. Степановић Ж.: Природне активности у околини Крагујевца; Природа бр. 1, Загреб 1968.

155. Стаматовић Љ.: Водоснабдевање и трбушни тифус у Крагујевцу од 1877. до 1965. године; Симпозијум о снабдевању водом Шумадије и Поморавља, Крагујевац 17-19.V 1973
156. Станковић С.: Река Осаница; Географски годишњак бр.6, Подружница Српског географског друштва у Крагујевцу 1970.
157. Стебут А.: Типови земљишта Шумадије; Глас СКА св. ЦВ, Београд 1922.
158. Степановић Ж.: Снабдевање Крагујевца водом до 2000. године; Светлост број 15, Крагујевац 1972. године
159. Степановић Ж. и Милановић Д.Ж.: Крагујевац и околина; Подружница српског географског друштва у Крагујевцу, 1965.
160. Степановић Ж.: Срез Крагујевац; Подружница српског географског друштва у Крагујевцу, 1963.
161. Степановић Ж.: Могућности снабдевања бцентралне Шумадије водом; Симпозијум о снабдевању Шумадије и Поморавља водом, Крагујевац 17-18.V 1973.
162. Степановић Ж.: Језера у Шумадији; Географски годишњак бр. 5, Подружница српског географског друштва у Крагујевцу, 1969.
163. Степановић Ж.: Померање тла у Шумадији и Поморављу; Светлост од 3.10 и 17.09.1970. године.
164. Степановић Ж.: Рудно благо Шумадије, Земља и људи св. 19. Српско географско друштво, Београд 1969.
165. Скорасо Т.: Извештај из Крагујевца од 27.III 1863.
166. Степановић Ж.: Крагујевацка котлина; Географски годишњак бр. 2, Подружница српског географског друштва у Крагујевцу, 1966.
167. Степановић Ж.: "Хидролошке карактеристике Крагујевацке котлине са посебним освртом на снабдевање Крагујевца водом", Крагујевац, Фонд за финансирање високошколских установа научно – издавачке делатности Скупштине општине Крагујевац, 1974. године
168. Степановић Ж.: Природа и богатство планинских масива Рудник; Природа бр. 3, Загреб 1968.
169. Списак пописа водних објеката на подручју града у 1967. години; Војни одсек у Крагујевцу
170. Суд општине Крагујевац: фасцикла I, Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
171. Суд општине Крагујевац: фасцикла VI, Историјски архив Шумадије у Крагујевцу
172. Сулентић П.: Пројекат мелиорације Горње Лепенице, 1955.
173. Техника пречишћавања воде Дегремон, 1976.
174. Технологија водам Србобран Ђорђевић, Марко Манојловић, Светозар Ђорелијевић, Тихомир Рашић, Удружење за технологију воде, 1986
175. Тодоровић Д.: Пољопривреда у Шумадији, Шумадија у прошлости и садашњости, Суботица 1932.
176. Токсиколошка хемија, 1972. Београд, др Момчило Ст. Мокрањац, Фармацеутски факултет
177. Toxic Metals, 1976. Chapter, B.
178. Тровање, дијагноза и лечење, 1985. Тројбах, Роберт
179. Туфегчић В.:Извештај о пројектима за проширење водовода града Крагујевца; Београд 1963.

180. Туфегџић В.: Проширење и даљи развој водовода у Крагујевцу; 1957.
181. FOCUS (1999). Assessment Mission 1 to the Federal Republic of Yugoslavia, 16-25 June 1999: Executive Summary, Bern, Switzerland.
182. FOCUS (1999). Assessment Mission 1 to the Federal Republic of Yugoslavia, 16-25 June 1999: Final Report, Bern, Switzerland.
183. FOCUS (1999). Assessment Mission 2 to the Federal Republic of Yugoslavia Heating 6.-15. August 1999 Executive Summary & Final Report, Bern, Switzerland.
184. Hedges C. (14 July 1999), Serbian Town Bombed by NATO Fears Effect of Toxic Chemicals, New York Times, New York, USA.
185. Хемија воде и микробиологија (превод са руског), Вознаја Н. Ф.; Тузла, 1973. Савезни центар за заштиту и образовање у рударству и индустрији
186. Хигијена – Савићевић М. И сарадници; Београд – Загреб, 1989. Медицинска књига
187. Хидрогеолошки истражни радови у долини Велике Мораве за водоснабдевање Крагујевца Завод за геолошка и геофизичка истраживања Београд 1965.
188. Хидролошке карактеристике Крагујевачке котлине, 1974. др Живадин Степановић

