

Мониторинг у животној средини - одабрана поглавља

Динко Кнежевић, Драгана Нишић, Александар Цвјетић, Драгана Ранђеловић, Зоран Секулић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Мониторинг у животној средини - одабрана поглавља | Динко Кнежевић, Драгана Нишић, Александар Цвјетић, Драгана Ранђеловић, Зоран Секулић || 2015 ||

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006143>

МОНИТОРИНГ У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ

Динко Н. КНЕЖЕВИЋ, Драгана Д. НИШИЋ,
Александар С. ЦВЈЕТИЋ, Драгана Д. РАНЂЕЛОВИЋ, Зоран Ж. СЕКУЛИЋ



Универзитет у Београду
Рударско-геолошки факултет

**МОНИТОРИНГ
У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ
одабрана поглавља**

**Динко Н. КНЕЖЕВИЋ
Драгана Д. НИШИЋ
Александар С. ЦВЈЕТИЋ
Драгана Д. РАНЂЕЛОВИЋ
Зоран Ж. СЕКУЛИЋ**

Београд, 2015.

МОНИТОРИНГ У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ одабрана поглавља

Аутори:

Динко Кнежевић, Драгана Нишић, Александар Цвјетић, Драгана Ранђеловић, Зоран Секулић

Рецензенти:

Проф. др Никола Лилић, проф. др Иван Гржетић

Публиковање ове монографије одобрено је од стране Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду одлуком бр. 8/107 од 05.12.2006.

Уредник:

Проф. др Александар Ганић

Уређивачки одбор:

Проф. др Рудолф Томанец, проф. др Драган Игњатовић, проф. др Небојша Видановић, проф. др Лазар Кричак, проф. др Драган Ђорђевић, проф. др Дејан Ивезић, доц. др Весна Каровић-Маричић, Александра Томашевић дипл. инж. руд.

Издавач:

Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

За издавача:

Декан проф. др Иван Обрадовић, дипл.мат.

Графичка припрема:

Александра Томашевић, дипл.инг.руд.

Слика на корицама:

Хидроциклонирање флотацијске јаловине на јаловишту РБ "Велики Кривељ", Бор

Штампа:

Биро граф, Београд

Тираж:

300 примерака

ЦИП-Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

622.33.013

Мониторинг у животној средини - одабрана поглавља / Динко Кнежевић...[et al.]. - Београд: Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет, 2015 (Београд: Биро граф). - VII, 169 str. : illustr. ; 24 cm

Тираж 300. - Bibliografija: str. 165-169.

ISBN 978-86-7352-171-8

1. Кнежевић, Динко

а) Ugalj - Kvalitet

COBISS.SR-ID 137023756

Садржај

ПРЕДГОВОР	ix
СКРАЋЕНИЦЕ	xi
1. ОПШТЕ О МОНИТОРИНГУ	1
1.1. Шта је мониторинг	2
1.2. Врсте, типови и категорије мониторинга у заштити животне средине	3
1.2.1. Адаптивни тип мониторинга	5
1.2.2. Мониторинг нултог стања	6
1.2.3. Подела према субјекту мониторинга.....	6
1.2.4. Остале поделе	8
1.3. Програм мониторинга	10
1.4. Прикупљање потребних података	12
1.5. Приказивање резултата мониторинга	16
1.6. Контрола квалитета рада	19
1.7. Законска регулатива	23
Литература	30
Подсећање	33
2. УЗОРКОВАЊЕ	37
2.1. Опште о узорковању, популацији, узорку	37
2.2. Грешке узорковања	41
2.3. Репрезентативни узорак	42
2.4. План узорковања	42
2.4.1. Одређивање минималног броја узорака воде	44
2.4.2. Одређивање минималног броја и трајања интервала узорковања ваздуха	48
2.4.3. Одређивање минималног броја узорака земљишта	48
2.4.4. Одређивање минималног броја узорака чврстог отпада	49
2.4.5. Минимална количина узорка	51
2.5. Критеријуми за одабир технике узорковања	51
2.5.1. Циљ узорковања	52
2.5.2. Исплативост	52
2.5.3. Расподела полутаната	52
2.6. Технике узорковања	53
2.6.1. Експертско узорковање	54

2.6.2. Једноставно случајно узорковање	55
2.6.3. Стратиграфско случајно узорковање.....	57
2.6.4. Систематско/мрежно узорковање.....	58
2.6.5. Узорковање скупа рангираних јединица.....	61
2.6.6. Кластер узорковање	63
2.7. Композитно узорковање	64
2.8. Општа правила поступања са узетим узорцима	66
2.8.1. Процес узорковања	69
2.8.2. Трансфер и чување узорака.....	70
2.8.2.1. Вода.....	70
2.8.2.2. Седименти	70
2.8.2.3. Ваздух	70
2.8.2.4. Земља	71
2.9. Систем обезбеђења и контроле квалитета (QA/QC)	71
Литература.....	75
3. МОНИТОРИНГ ВОДА И СЕДИМЕНАТА.....	77
3.1. Индикатори квалитета вода.....	78
3.1.1. Физички индикатори.....	78
3.1.2. Хемијски индикатори	80
3.1.3. Индикатори квалитета воде према листи индикатора заштите животне средине	82
3.2. Мониторинг површинских вода	84
3.2.1. Законска регулатива	84
3.2.1.1. Европска унија	84
3.2.1.2. Србија.....	86
3.2.2. Мерење протока воде	92
3.2.3. Узорковање површинске воде.....	97
3.2.3.1. Узимање узорака за утврђивање емисије полутаната.....	98
3.2.3.2. Узимање узорака за утврђивање имисије полутаната	99
3.2.3.2.1. Узимање узорака из језера	99
3.2.3.2.2. Узимање узорака из река, потока и канала	100
3.2.3.2.2.1. Узимање узорака из равничарских река.....	101
3.2.3.2.2.2. Узимање узорака из планинских река.....	102
3.2.3.2.2.3. Узимање узорака из канала	102
3.2.3.2.3. Узимање узорака из бара и других мањих стајаћих вода ..	102
3.2.3.3. Избор зоне и тачака узимања узорака.....	102
3.2.3.4. Опрема за узорковање	103
3.2.3.5. Поступање са узорцима воде.....	103
3.2.3.6. Фреквенција и временски интервал узорковања	105
3.2.3.7. Континуирани мониторинг вода	108
3.3. Мониторинг подземних вода	108
3.3.1. Законска регулатива	110
3.3.2. Мерење нивоа подземних вода	111
3.3.3. Узорковање подземне воде.....	115
3.3.3.1. Ручно узорковање подземне воде.....	116
3.3.3.2. Пумпе за узорковање подземне воде	117

3.3.3.2.1. Перисталтичка пумпа.....	117
3.3.3.2.2. Инерционе пумпе	118
3.3.3.2.3. Центрифугалне потопне пумпе.....	119
3.3.3.2.4. Мембранска (блејдер) пумпа	119
3.3.3.2.5. Остала помоћна опрема.....	121
3.3.3.3. Интервал прикупљања података о подземној води	121
3.3.3.4. Редослед узимања узорака подземне воде	122
3.4. Мониторинг седимената	123
3.4.1. Порекло и врста седимената.....	123
3.4.2. Општи параметри квалитета седимената	124
3.4.3. Законска регулатива	125
3.4.4. Избор зоне и тачке узорковања.....	128
3.4.5. Врсте узорака седимената.....	129
3.4.6. Начин узимања узорака седимената	129
3.4.7. Уређаји за узимање узорака седимената.....	130
3.5. Мониторинг вода и седимената у Србији	134
Литература	137
4. МОНИТОРИНГ ВАЗДУХА	139
4.1. Основни појмови о атмосфери	139
4.2. Метеоролошки параметри и загађење ваздуха	142
4.3. Извори и загађујуће супстанце у ваздуху	142
4.3.1. "Критеријумски" загађивачи.....	144
4.3.1.1. Угљен-моноксид	144
4.3.1.2. Олово	145
4.3.1.3. Оксиди азота.....	145
4.3.1.4. Озон	146
4.3.1.5. Честични загађивачи	148
4.3.1.5.1. Аеросоли	149
4.3.1.5.2. Чврсте честице PM _{2.5} и PM ₁₀	150
4.3.1.6. Сумпор-диоксид.....	151
4.3.2. Остале загађујуће супстанце у ваздуху	152
4.4. Законска регулатива	153
4.5. Програм мониторинга ваздуха	156
4.5.1. Системи за узорковање ваздуха	158
4.5.2. Опрема за мониторинг ваздуха.....	163
4.6. Мониторинг ваздуха у Србији	167
Литература	171
Подсећање.....	173
5. МОНИТОРИНГ БУКЕ.....	177
5.1. Појам звука и буке	178
5.2. Извори буке у животној средини.....	180
5.3. Законска регулатива	182
5.4. Мерење буке	183
5.5. Уређаји за мерење буке	187
5.6. Мониторинг буке	190
Литература	192

6. МОНИТОРИНГ ЈОНИЗУЈУЋЕГ И НЕЈОНИЗУЈУЋЕГ ЗРАЧЕЊА	193
6.1. Основни појмови о јонизујућем и нејонизујућем зрачењу	193
6.1.1. Јонизујуће зрачење	194
6.1.2. Нејонизујуће зрачење	195
6.2. Законска регулатива	196
6.2.1. Јонизујуће зрачење	197
6.2.2. Нејонизујуће зрачење	198
6.3. Мониторинг зрачења	200
6.3.1. Мониторинг јонизујућег зрачења	200
6.3.2. Мониторинг нејонизујућег зрачења	202
6.4. Опрема за мониторинг зрачења	204
6.4.1. Опрема за мониторинг јонизујућег зрачења	204
6.4.2. Опрема за мониторинг нејонизујућег зрачења	207
6.4.2.1. Нискофреквентни мерачи	207
6.4.2.2. Високофреквентни мерачи	208
6.4.2.3. Инструменти за мониторинг неког ширег подручја	209
Литература	210
7. МОНИТОРИНГ ЗЕМЉИШТА	213
7.1. Опште о земљишту	213
7.1.1. Појам, садржај и функција	213
7.1.2. Опасности по земљиште	215
7.1.3. Начини загађивања земљишта	216
7.2. Индикатори стања земљишта	216
7.3. Законска регулатива	226
7.4. Узорковање земљишта	230
7.5. Обрада узорака земљишта	235
7.6. Учесталост мониторинга земљишта	237
7.7. Мониторинг загађених земљишта	238
7.8. Мониторинг земљишта у Србији	240
Литература	242
Подсећање	244
8. БИОЛОШКИ МОНИТОРИНГ	247
8.1. Избор и врсте биоиндикатора	248
8.2. Биомониторинг вода	249
8.2.1. Биоиндикација органског загађења воде	252
8.2.2. Биоиндикација неорганског загађења вода	254
8.2.3. Биоиндикација физичког загађења воде	258
8.2.4. Микробиолошки параметри оцене еколошког статуса вода	258
8.2.5. Биолошки индекси у процени квалитета вода	259
8.2.6. Методе узорковања у биомониторингу вода	260
8.3. Биомониторинг ваздуха	262
8.3.1. Биоиндикација загађења ваздуха помоћу лишажева	262
8.3.2. Методе за утврђивање квалитета ваздуха на основу распрострањености лишажева	264
8.3.3. Биоиндикација загађења ваздуха помоћу маховина	264

8.3.4. Методе за утврђивање квалитета ваздуха на основу распрострањености маховина.....	266
8.4. Биомониторинг земљишта	266
8.4.1. Биоиндикација квалитета земљишта помоћу васкуларних биљака	267
8.4.2. Методе за утврђивање квалитета земљишта на основу васкуларних биљака.....	268
Литература	269
Подсећање.....	271
9. МОНИТОРИНГ УРБАНЕ СРЕДИНЕ	273
9.1. Врсте загађења у урбаној средини.....	274
9.2. Извори загађења ваздуха.....	274
9.3. Избор места узорковања и мерења квалитета ваздуха.....	276
9.4. Изложеност становништва – прорачун изложености.....	278
9.5. Индекс квалитета ваздуха	280
9.6. Мониторинг полена	282
Литература	284
10. РЕВИЗИЈА СТАЊА У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ - АУДИТ	287
10.1. Дефиниција аудита	287
10.2. Почеци аудита	288
10.3. Веза аудита, мониторинга и анализа утицаја на животну средину.....	288
10.4. Врсте аудита у заштити животне средине	289
10.5. Законска регулатива	290
10.6. Обављање аудита	290
Литература	291
ЛИТЕРАТУРА	293
АУТОРИ И ИЗВОРИ ФОТОГРАФИЈА	305
ИНДЕКС	307

ПРЕДГОВОР

Ова књига је намењена студентима студијског програма "Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду" на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду. Курс "Мониторинг у животној средини" конципиран је тако да студенти стекну увид у основе мониторинга, од израде програма, дефинисања индикатора, преко узорковања, обраде резултата мерења па до анализе усаглашености добијених резултата, завршно са аудитом. Програм је у свему прилагођен захтевима тзв. болоњског процеса образовања. Тиме је јасно, да за студенте ова књига представљају тек почетни и општи стручни материјал који ће неки надграђивати у наредним годинама, док ће некима ово бити и остати највиши домет у овој области.

Трудили смо се да из широког схватања обима и задатака мониторинга изаберемо његову срж, да напишемо студентски уџбеник, а не приручник. Поред општих, и разматрања различитих техника узорковања, централни текст је посвећен мониторингу воде, ваздуха и земљишта. Желећи да посебно нагласимо значај и потребу спровођења биолошког мониторинга овај вид смо издвојили у посебно поглавље. Можда смо овим осакатили поглавља која се односе на воду, ваздух и земљиште, али нам се чини да ћемо нашим студентима боље и јасније указати на значај биолошког мониторинга. Намерно смо у поглављу о земљишту и биомониторингу додали и објашњење многих биолошких и у поглављу о ваздуху метеоролошких појмова. То смо урадили јер смо свесни да су они нашим студентима поприлично страни, а опет треба да их разумеју да би се бавили мониторингом.

Поглавље о мониторингу у урбаним срединама је додано како би се стекао потпунији увид у све видове мониторинга, мада му је често и место међу горе поменимим. То је и разлог да смо мониторинг буке и зрачења одвојили од ваздуха, где стварно припадају. Еколошки аудит се стидљиво помиње у Србији, а слабо примењује. Можда он и није део мониторинга, али смо ми хтели да нашим студентима дамо основне информације и подстрек да, сутра када заврше Факултет и почну да раде, аудит не забораве.

Саставни део сваког програма мониторинга су и мерења. О њима у овој књизи има најмање. Сматрали смо да је то ускостручни посао хемичара и биолога, за који се они школују, па студенте заштите животне средине нисмо хтели оптерећивати приказом метода мерења. Знања које су добили из курсева хемије, физичке хемије и предмета везаних за пречишћавање воде, ваздуха или решавања проблема буке

треба да су довољна да схвате значај мерења, значај избора правих метода, као и значај ангажовања акредитованих лабораторија. Прескочили смо и позиционирање на терену коришћењем ГИС-а, као и детаље везане за аутоматизовано (on-line) преношење података. И овде смо сматрали да су знања добијена на курсевима који то обрађују довољна да се могу имплементирати.

Ову књигу писало је више професора и истраживача. Жеља је била да свако напише део који му је близак како би студенти сазнања добили из пр(а)ве руке. Сви смо одговорни за целокупни садржај књиге, али је, додатно, свако имао и посебна задужења. Асистенткиња **Драгана Нишић** је била задужена за "узорковање" и "мониторинг ваздуха", прикључујући ту и "зрачење", доцент др **Александар Цвјетић**, за "мониторинг буке", др **Драгана Ранђеловић**, за "биолошки мониторинг", а инг. **Зоран Секулић**, за "мониторинг урбане средине". Трудили смо се да стилски и формално текст буде уједначен.

Срећни смо што су нам многи помагали да припремимо овај текст и што није било никога да нам одмаже. Технички је књигу, добро и брзо, као и увек до сада уобличио дипл. инг. **Александра Томашевић**. Посебну захвалност дугујемо рецензентима проф. др **Николи Лилићу**, са Рударско-геолошког факултета и проф. др **Ивану Гржетићу**, са Хемијског факултета. Њихове сугестије, засноване на знању, искуству и добрим намерама, биле су драгоцене. Свима захваљујемо и од свих очекујемо конструктивну критику и предлоге да овај текст, у неком другом издању, буде још бољи, јаснији и сажетији.

РГФ, септембар 2015.

Аутори

СКРАЋЕНИЦЕ

AAS	.....	атомска апсорпциона спектрометрија
AQI	.....	air quality index, индекс квалитета ваздуха
DNK	.....	дезоксирибонуклеинска киселина
DO	.....	Dissolved oxygen, растворени кисеоник
EC	.....	European Commission, Европска комисија
EMF	.....	electromagnetic field, електромагнетско поље
EMS	.....	Environmental Management System, систем управљања животном средином
EPA	.....	Environmental Protection Agency, Агенција за заштиту животне средине
GPS	.....	глобални систем за позиционирање
IAA	.....	International Association for Aerobiology, Међународно удружење за аеробиологију
IAP	.....	index of atmospheric purity, индекс чистоће ваздуха
IPCC	.....	Intergovernmental Panel on Climate Change, међувладин панел о климатским променама
IPPC	.....	Integrated Pollution Prevention and Control, интегрисано спречавање и контрола загађења
ISO	.....	International standard organization, међународна организација за стандарде
LAE	.....	ниво изложености звуку
PGK	.....	просечна годишња концентрација
PAH	.....	Polycyclic aromatic hydrocarbon, полициклични ароматични угљоводоник
PCB	.....	Polychlorinated Biphenyl, полихлоровани бифенил
PCDD	.....	Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, полихлоровани дибензо-п-диоксин
PCDF	.....	Polychlorinated dibenzofurans, полихлоровани дибензофуран
PTFE	.....	Polytetrafluoroethylene, политетрафлуороетилен
PM	.....	particulate matter, чврста честица
QA	.....	Quality assurance, обезбеђење квалитета
QC	.....	Quality control, контрола квалитета

SAR	Specific absorption rate, специфични ниво апсорбовања енергије
SEL	Sound Exposure Level, ниво изложености звуку
SI	saprobic index, индекс сапробности
SWQI	Serbian Water Quality Index, Српски индекс квалитета воде
U.S. EPA....	United States Envirnonmetal Protection Agency, Агенција за заштиту животне средине Сједињених америчких држава
VOC	Volatile organic compounds, испарљиве органске компоненте
WFD	Water Framework Directive, Оквирна директива за воде
WQI	Water Qualitz Index, индекс квалитета воде
WRB	World Reference Base, Светска референтна основа
АМСКВ	аутоматска мерна станица - квалитета ваздуха
АТС	Акредитационо тело Србије
БПК	биолошка потрошња кисеоника
ВФ	високофреквентно
ГВ	гранична вредност
ГТ	граница толеранције
ГВЕ	горње вредности емисије
ГВИ	горња вредност имисије
ГМ	Гајгер-Милер
ЕУ	Европска унија
ЕНФ	екстремно ниске фреквенције
ИЦ	инфрацрвено
МДК	максимално дозвољена концентрација
МТ	микроталасно
НФ	нискофреквентно
ПН	природни ниво
РФ	радиофреквентно
РС	Република Србија
РТВ	радио-телевизија
САД	Сједињене америчке државе
СРЈ	Савезна република Југославија
СРПС	Српски стандарди
ТЛ	термолуминесцентни
ТС	трафо-станција
ХПК	Хемијска потрошња кисеоника

1. ОПШТЕ О МОНИТОРИНГУ

Шта можете сазнати и научити читајући ово поглавље:

- опште податке о мониторингу,
- врсте и типови мониторинга,
- посебне врсте мониторинга који се срећу у пракси, а нису законом експлицитно покривени
- програм мониторинга: карактеристике, шта се и зашто осматра, како се прикупљају подаци и како се приказују добијени резултати,
- како се приказују резултати мониторинга.

Осматрање је вештина стара малтене колико и само човечанство. Било је и јесте присутно у свим сферама друштвеног живота, пратећи све човекове активности и дела. Познато је да су већ рани Сумери развили систем праћења пољопривредне производње [*Encyclopaedia Britannica*]. Систематско праћење и бележење података везаних за окружење започело је у 19. веку. Тако је, на пример, Енглеско Краљевско метеоролошко друштво од 1875. до 1947. г. координирало националну мрежу за праћење односа између метеоролошких услова и окружења, као што је цветање 13 врста биљака и појављивање птица и инсеката [www.the-woodland-trust.org.uk/phenology/standard/home/what/learning.htm]. И у другим развијеним земљама на прелазу из 19. у 20. век почиње развој националних програма праћења догађања у окружењу [Kirby, 2003]. У САД је 1897.г. започело праћења земљишта и вода. Повезивање и укључивање националних програма у међународне започиње седамдесетих година прошлог века. Обично су то била појединачна праћења неког од општих еколошких проблема, а стварна интернационализација и схватање потребе заједничког развоја и праћења одрживог развоја настаје усвајањем Агенде 21 у Уједињеним нацијама [[www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda 21/](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda%2021/)] и разрадом програма интегрисаног спречавања и контроле загађења - IPPC [IPPC, 2003].

Разуме се, најпре су започела метеоролошка осматрања и бележења, а касније се временом програм ширио до нивоа који се данас сматра рутинским.

1.1. Шта је мониторинг

Сам појам мониторинга је веома широк и носи више значења, а изведен је из енглеске речи *монитор* [Клајн, Шипка, 2006]. Изворно, монитор је реч из латинског језика и има више значења:

- у поморству, то је врста брода који служи за посебне задатке на мору и на речним путевима,
- у рачунарству, монитор је компјутерски екран,
- у електроници, то је апарат у ТВ или режијском студију за праћење и проверу текућег програма,
- у медицини, то је апарат који, прикључен на пацијента, сигналима показује функције организма.

Дакле, монитор је увек апарат са посебном наменом који служи за неку контролу и (над)гледање. Отуда је изведен израз мониторинг са значењем *"праћење неке појава, процеса на монитору"*. Даљим проширивањем дошло се до дефиниције која мониторинг дефинише као *"надгледање, посматрање, контрола неког процеса и упозоравање на неправилности или тешкоће"*.

Мониторинг се дефинише и као континуирани процес прикупљања и анализе података на основу којих се могу донети релевантни закључци.

Српски израз, који је најближи енглеском, био би осматрање, мада је данас у српском језику израз "мониторинг" потпуно одомаћен.

Према "Закону о заштити животне средине" Републике Србије објављеном у Сл. гласнику РС 135/04:

Мониторинг се врши систематским мерењем, испитивањем и оцењивањем индикатора стања и загађења животне средине које обухвата праћење природних фактора, односно промена стања и карактеристика животне средине, укључујући и прекогранични мониторинг, и то: ваздуха, воде, зе-

мљишта, шума, биодиверзитета, флоре и фауне, елемената климе, озонског омотача, јонизујућег и нејонизујућег зрачења, буке, отпада, рану најаву удеса са праћењем и проценом развоја загађења животне средине, као и преузетих обавеза из међународних уговора."

Дакле, ради се о веома исцрпном објашњењу како се врши и шта обухвата мониторинг. Из тога произлази и дефиниција мониторинга као ***уређеног система систематских мерења, испитивања, анализирања и оцењивања стања животне средине у најширем смислу.***

Мониторинг је процес који траје и увек има циљ. Мониторинг, након "канцеларијских" активности, почиње мерењем великог броја параметара (прва фаза мониторинга), наставља се одабиром параметара значајних за циљ мерења, праћењем тих параметара у за то предвиђеном времену, обрадом и оценом квалитета (поузданости) добијених резултата, сагледавањем грешака у мониторингу, доношењем одлука у складу са добијеним резултатима и након уклањања грешака започиње се нови циклус мониторинга.

Питање које се редовно поставља јесте: чему служи мониторинг у заштити животне средине, односно зашто га је потребно инкорпорирати у технолошки процес и систем заштите? Основна сврха мониторинга јесте унапређења сазнања и познавања процеса и стања у најближем окружењу како би се у највећој могућој мери смањио ризик при доношењу важних одлука. Мониторинг, дакле, омогућава:

- брзу идентификацију проблема и проналажење најбољих решења,
- мерење напредовања и постигнутих резултата у односу на задате циљеве,
- располагање са неопходним информацијама за доношење одлука,
- смањење трошкова заштите животне средине,
- давање оцене о ефикасности коришћења расположивих ресурса.

Управо из овако разрађене анализе мониторинга сагледава се и основна разлика између мониторинга и мерења. Наиме, мерење се обавља да би се утврдило присуство неке загађујуће материје на неком месту и у време мерења. Утврђивањем да ли неке супстанце има или нема и колико је има, мерење престаје.

1.2. Врсте, типови и категорије мониторинга у заштити животне средине

У литератури се среће више врста, типова и категорија мониторинга, односно мониторинга у заштити животне средине.

Општа подела мониторинга према обиму захвата дели мониторинг на **ГЛОБАЛНИ**, **НАЦИОНАЛНИ** и **ЛОКАЛНИ**. Унутар ове поделе могу се наћи и регионални (у ужем и ширем смислу) и континентални.

У зависности од тога како се мониторинг организује он може бити екстеран и интеран. **ЕКСТЕРНИ МОНИТОРИНГ** је сваки мониторинг који обавља овлашћена установа ван субјекта који је потенцијални загађивач и чији резултати се могу јавно користити. Супротно од екстерног је **ИНТЕРНИ МОНИТОРИНГ** или **"САМОМОНИТОРИНГ"** ("селф-мониторинг") који се односи на организацију и спровођење мониторинга од стране самог потенцијалног загађивача ради превентивног утврђивања стања. За овај мониторинг је карактеристично да подаци не морају да буду јавно доступни већ да могу представљати "тајну" онога ко је мониторинг организовао. Исто тако, за селф-мониторинг није обавезно да га физички спроводи сам емитер већ он може за ту намену ангажовати акредитовану спољашњу институцију [Koning, 2003]. Тенденција у Европској унији је ка самомониторингу [IMPEL, 2001].

Последњих година се код мониторинга појављује и појам **"УСАГЛАШЕНИ МОНИТОРИНГ"** (енгл. *compliance monitoring*). Он не представља неку посебну врсту или тип мониторинга, али дефинише начин коришћења и приказивања добијених резултата. Наиме, како се мониторинг стално везује и пореди са нечим што је процењено (у Студији утицаја на животну средину или на други начин) и вредностима параметара које прописује закони, правилници, дозволе или релевантни органи власти потребно је таква поређења исказати и у извештајима о мониторингу. При томе се појављују три могућа случаја: вредности свих индикатора су

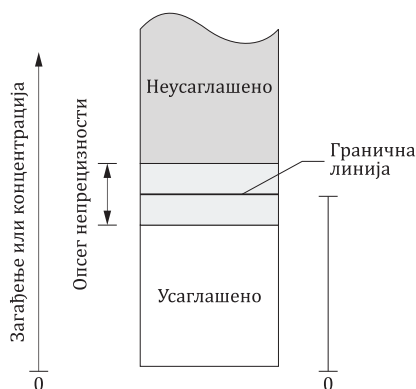
усаглашена са законима, правилницима и дозволама за рад, неки од података се налазе на граници или око границе потребних вредности (условно усаглашени) и вредности неких индикатора су изнад/испод лимита (нису усаглашени). Понекад се то карактерише само у две групе: усаглашено и неусаглашено са потребним вредностима [IMPEL, 2001].

Ако се (не)усаглашеност са прописаном вредношћу вреднује само као бројчана/статистичка вредност могуће су различите логичке или тешко дефинисане грешке. То се може видети из примера датог у табели 1.1 [IMPEL, 2001].

Табела 1.1. Компарација мерених вредности у односу на задати лимит

Прописана вредност, mg/m ³	Измерена вредност, mg/m ³	Мерна несигурност, mg/m ³	Поређење, mg/m ³	Резултат
10	7 <7	±2	5 - 9 /10 <5 - <9 /10	Усаглашено
	9 11		7-11 /10 9-13 /10	Унутар грешке мерења
	13 >13		11-15 /10 >11 - >15 /10	Неусаглашено

Дакле, математички посматрано лимит је јасно задан, али ако се на измерену вредност дода и мерна несигурност, непрецизност која прати свако мерење и уређај, онда се ситуација компликује. Односно, у случају када је измерена вредност изнад лимита (11±2 у односу на 10) постоји вероватноћа да је стварна вредност испод лимита па се не може причати о неусаглашености. На слици 1.1 графички су приказане зоне усаглашености, неусаглашености и прелазна зона мерне несигурности, односно непрецизности.



Слика 1.1. Шематски приказ зона усаглашености, неусаглашености и прелазне зоне

Све ово указује на потребу логичког просуђивања при вредновању сваког измереног резултата и његове компарације за задатим вредностима.

Дакле, није проблем када су сви подаци унутар одобрених и дефинисаних вредности. У пракси, проблеми настају када неки резултати одступају, било да су близу

границе или далеко изнад потребних. Тада је могуће поступати на различите начине. Стартује се са проценом одговорности и наставља са проценом озбиљности проблема. Процену одговорности раде и оператер (загађивач) и надлежни (државни) орган. Загађивач предузима акције да минимизира било какав утицај на окружење и о предузетим активностима правовремено обавештава надлежне, који такође врше процене последица и ваљаности мера које се предузимају. Истовремено надлежни орган врши процену озбиљности ситуације, која укључује трајање и учесталост загађења, број прекорачења дозвољених граница, величину и значај прекорачења и реакције загађивача. Надлежни орган, зависно о процени озбиљности изриче и мере које иду од упозорења, забране рада дела постројења или потпуно затварање постројења до постизања прописаних резултата уз претње предузимањем различитих законских санкција [IMPEL, 2001].

Није, међутим, увек могуће постићи параметре који се захтевају, а опет није могуће ни затворити постројења која то у сваком тренутку не остварују. Због тога је важно успоставити усаглашени мониторинг како би се све могуће ситуације предвиделе, а време усаглашавања са свим потребним вредностима дефинисале на такав начин да буду оствариве без негативних последица по окружење, али и по послене.

1.2.1. Адаптивни тип мониторинга

Интересантни су радови који мониторинг разматрају као "АДАПТИВНИ" [Ringold, 1996, Kirby, 2003, Lindenmayer et al., 2009]. Наиме, полазећи од чињенице да је мониторинг огледало система управљања окружењем (EMS – *environmental management system*) то је сигурно да је сваки мониторинг програм само иницијални акт који ће, нормално, временом претрпети измене, па ће бити адаптиран сагласно потребама управљања системом заштите животне средине. Основна разлика овог вида мониторинга од осталих јесте у чињеници да се програми адаптирају на бази већ познатих резултата ("*a posteriori*"), а не унапред ("*a priori*") на бази претпостављених или очекиваних догађања.

Види се одређена сличност између усаглашеног и адаптивног мониторинга. Међутим, битна разлика је што се код усаглашеног мониторинга преговарање и усаглашавање са надлежним државним органом може започети одмах по доношењу неког закона (уредбе, правилника, стандарда) јер је потенцијалном загађивачу одмах јасно да (не)може стање на свом постројењу да доведе у законске оквири у назначеном времену. Дакле, усаглашени мониторинг се приоритетно базира на усаглашавању вредности неког параметра, па тек потом на усаглашавање програма мониторинга. Код адаптивног није могуће деловати унапред јер се адаптација (прилагођавање) може предложити тек након добијања одређеног броја анализа (најмање 10) из којих је видљиво да неке индикаторе (параметре) нема смисла анализирати иако су они законом задани. Адаптивни мониторинг подразумева промену броја параметара/индикатора који се прати, а не њихових вредности.

И за усаглашени и за адаптивни мониторинг заједничко је да се уз мање трошкове ефикасније добива реалнија слика о стању загађења.

1.2.2. Мониторинг нултог стања

Мониторинг нултог стања своју законску основу извлачи из "Правилника о садржају Студије о процени утицаја на животну средину" јер се у поглављу о мониторингу захтева "приказ стања животне средине пре почетка функционисања пројекта на локацији где се очекује утицај на животну средину." Ни у једном другом документу се "бележење" тзв. "нултог" или затеченог стања не помиње. То је и разлог да нема чврстих узанси код израде елабората овога типа, а није јасно ни прецизирано како се ови резултати могу користити. Наиме, није редак случај да се пре почетка радова на некој локацији забележи значајна загађеност изазвана природним или вештачки изазваним процесима. У рударској пракси најчешће је то појава киселих дренажних вода које се појављују из старих рударских радова, напуштених рударских објеката или су последица проласка неког водотока кроз рудно тело [Шупља стијена, 2009]. У таквим условима остаје отворено питање како пратити утицај новог постројења на животну средину. Ако се усвоје параметри као да тога загађења нема онда је инвеститору тешко стање загађености свести на законом прописане норме и често условљава одустајање од планиране инвестиције. Могућ је, и пожељан, другачији и рационалнији приступ. Затечено стање се може посматрати као референтно при чему новом инвеститору остаје задатак да стање не поквари (не погорша), односно да га у разумном времену смањи и доведе до нивоа прописаног законима.

Дилема која прати "мониторинг нултог стања" јесте да ли се он, уопште, може сврстати у мониторинг. Наиме, врло често се само у једном (кратком) периоду обави снимање параметара за које се експертском проценом мисли да завређују пажњу. Ако се радови обуставе или се мониторинг не настави онда "мониторинг нултог стања" има важност само једног или неколико појединачних мерења. Само када се радови наставе, односно успостави система сталног мониторинга овај мониторинг има смисла као почетно, или референтно, стање.

Мониторинг нултог стања обављају акредитоване и овлашћене куће. Најбоље је када се овај мониторинг започне најмање шест месеци (код биолошког мониторинга и више година) пре започињања било какве активности на некој локацији јер то омогућава израду више елабората и прецизније констатовање стварног стања.

1.2.3. Подела према субјекту мониторинга

Чини се да је, са аспекта проучавања и примене мониторинга у "прљавим" индустријама, најшира и најјаснија подела дата у књизи "Environmental Monitoring and Performance" [ЕРА, 1995], у којој се мониторинг дели у шест врста: вода, земљишта, биолошки, ваздуха и буке, технолошких процеса и отпада, становништва и заједнице. Овде је, дакле, мониторинг са општег - државног нивоа спуштен у "двориште" потенцијалног емitera загађења и служи да се та загађења благовремено уоче, а њихово негативно дејство умањи или потпуно спречи.

Основне одреднице тих шест мониторинг врста су:

➤ **МОНИТОРИНГ ВОДА**

Вода је потенцијално главни транспортни медијум загађења. Пожељно је отпадну воду поново користити у процесу, а где год то није могуће треба јој посветити посебну пажњу.

➤ **МОНИТОРИНГ ЗЕМЉИШТА**

Овај вид мониторинга се директно односи на минимизацију утицаја, контролу козовских биљака, оптимизацију коришћења земљишта, управљање пожарима, контролу ерозије (земљани радови или ревегетација), заштиту специфичних пејзажних карактеристика.

➤ **БИОЛОШКИ МОНИТОРИНГ**

Биолошки мониторинг животне средине обично укључује осетљиве или отпорне врсте флоре и фауне, акватичне и морске екосистеме и патогене материје из земљишта и постројења. Специфични организми се могу користити као индикатори за мерење потенцијалног утицаја на друге биолошке групе. Због комплексности и динамичности биолошких система основне студије треба да укључе вишегодишње праћење како би се одредили кључни индикатори који ће се користити у мониторингу. Мониторинг је потребно започети пре рада постројења и наставити током рада и неко време по затварању и еколошкој санацији подручја.

➤ **МОНИТОРИНГ ВАЗДУХА И БУКЕ**

Прашина, гасови, вибрације и бука су кључне тачке управљања животном средином и њеног мониторинга.

➤ **МОНИТОРИНГ ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА И ОТПАДА**

Отпадни материјали, рудничка откривка, јаловина, хемикалије, руде и производи прераде су потенцијални извори хемијског загађења воде, земљишта и ваздуха. Кључ заштите окружења лежи у управљању водама. Посебно озбиљно питање је излуживање тешких метала из киселих дренажних вода. Рудничка јаловина садрже сулфидне минерале и захтевају посебну пажњу ради спречавања оксидације и настајања киселих дренажних вода. Транспорт и складиштење свих производа концентрације захтева да буду осматрани.

➤ **МОНИТОРИНГ СТАНОВНИШТВА И ЗАЈЕДНИЦЕ**

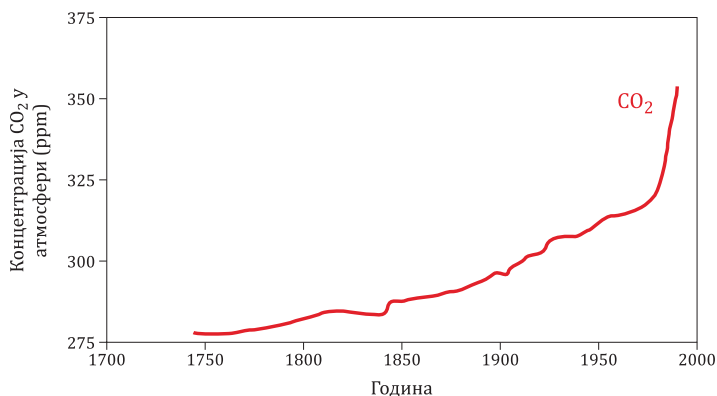
Овај потпрограм мониторинга укључује потенцијални утицај на становништво и културна добра и заоставштину у блиском окружењу постројења. Ово захтева посебне технике мониторинга и може укључивати студије прехранбених производа, ако је локално производња хране доминантна у исхрани становништва које живи у окружењу (гј. студирање критичне групе), заштиту културних вредности и заоставштине и квалитета воде/ваздуха.

1.2.4. Остале поделе

Мониторинг се може поделити и на четири опште категорије [McKenzie N. et al., 2002, Brydges, 2004]:

➤ **ЈЕДНОСТАВНИ МОНИТОРИНГ**

Једноставни или прости мониторинг прати и бележи стање само једног параметра или ограниченог броја параметара на једном месту (нпр. концентрација CO₂ као доминантног гаса "стаклене баште", слика 1.2). Спада у групу најстаријих мониторинга и омогућава историјско повезивање резултата мерења и поређење са садашњим стањем (температура ваздуха и температурне аномалије се прате од половине 19.в.). Данас се ређе користи у свом почетном облику с обзиром да је повезивањем више тачака где се мери исти параметар и проширивањем програма омогућена да се добије јаснија слика.



Слика 1.2. Историјски преглед повећања концентрације CO₂ у атмосфери

➤ **ИСТРАЖИВАЧКИ МОНИТОРИНГ**

Овај тип мониторинга захтева мерење параметара који се осматрају јер нема јасних историјских сазнања о параметрима који се прате. Користи се и за поређење различитих региона, нарочита региона који су загађени и региона који још нису загађени, како би се утврдиле последице по окружење. На пример еутрофикација језера Ири и Онтарио је уочена шездесетих година, али се у том периоду није вршило симултано осматрања повећања концентрације фосфора и ширење алги. Да би доказао узајамну повезаност Воленвајдер (*Vollenweider*) је праћењем односа фосфора и ширења алги на другим језерима и лабораторијским и теренским опитима доказао повезаност што је омогућило дефинисање узрока еутрофикације и успостављање програма за праћење загађења фосфором на овим језерима.

➤ **СУРОГАТНИ ИЛИ ПОСРЕДНИ МОНИТОРИНГ**

Користи се када нема историјских података о мерењу неких важних параметара који би интегрисани са актуелним мерењима могли дати податке на основу којих

би се реконструисао развој и загађења. Типичан пример је кретање температуре земљине атмосфере кроз протекли период. Пошто је, у овом случају, важно имати податке из далеке прошлости, када се температура ваздуха није мерила, посредно се долази до података истраживањем коре арктичког леда који је формиран пре више од 250.000 година [Dansgaard према Brydgesu, 2004].

➤ **ИНТЕГРИСАНИ МОНИТОРИНГ**

Интегрисани мониторинг је далеко сложенији од претходна три и практично их све укључује. Интегрисани мониторинг је увек мултидисциплинаран, а има задатак да:

- успостави везу "узрок и утицај", односно дефинисање узрока неке појаве и објашњавање зашто је до тога дошло,
- развије научно засновани програм контроле загађивача или програм управљања ресурсима,
- мери потребне параметре за контролу,
- рано (или правовремено) упозори на нове проблеме у окружењу.

Интегрисани мониторинг укључује интердисциплинарне програме који се реализују у дугом периоду. Често је повезан са истраживачким пројектима. Успешност различитих програма зависи од могућности формирања више мониторинг мрежа у више региона и држава.

Европска унија у директиви о водама [EC Directive, 2000/60] разматра следеће врсте мониторинга: надзорни, оперативни, истраживачки и додатни мониторинг заштићених подручја.

НАДЗОРНИ МОНИТОРИНГ - добијање процена квалитета свих параметара унутар једног подручја, процене дугорочних промена у природним условима и услед разних антропогених активности. Програм надзорног мониторинга се дефинише ради добијања информација за:

- допуну и вредновање поступка оцене утицаја,
- планирање будућих програма мониторинга,
- оцењивање дугорочних промена природних услова,
- оцене дугорочних промена чији су узрок људске делатности.

Резултати надзорног мониторинга се прегледају и користе у комбинацији са проценама утицаја на околину ради дефинисања захтева за програм мониторинга.

Надзорни мониторинг се спроводи у трајању од годину дана и за то време се прате:

- показатељи биолошких елемената квалитета,
- показатељи хидроморфолошких елемената квалитета,
- показатељи физичко – хемијских елемената квалитета,
- приоритетне групе загађујућих материја које се испуштају у сливове и подсливове, и
- остала загађења која се испуштају у речне сливове или подсливове у знатним количинама.

ОПЕРАТИВНИ МОНИТОРИНГ - даје више детаља за процену целине за коју постоји ризик погоршања стања, процену промене стања и програм мера које треба предузети.

Оперативни мониторинг се ради у циљу:

- утврђивања стања код којих постоји ризик да неће задовољити еколошке циљеве,
- оцењивања промене стања услед промена програма мера за побољшање квалитета

ИСТРАЖИВАЧКИ МОНИТОРИНГ - утврђују се разлози погоршања стања ресурса и величине и утицаји неког загађења.

Истраживачки мониторинг ради се:

- када разлози преласка граничних вредности нису познати,
- када надзорни мониторинг указује на малу вероватноћу за постизање циљева директиве (закона), а оперативни мониторинг није успостављен,
- ради утврђивања величине и утицаја случајног загађења.

ДОДАТНИ МОНИТОРИНГ ЗАШТИЋЕНИХ ОБЛАСТИ. Овај вид мониторинга се предузима ради потпунијег сазнања о стању вода у некој области, а односи се на пијаће воде и заштићене зоне и станишта.

У документу Мичела Парта [Parth, 2008] може се наћи следећа подела мониторинга:

- мониторинг емисије,
- мониторинг процеса, и
- мониторинг утицаја.

1.3. Програм мониторинга

План и функционисање програм мониторинга обухвата многе аспекте, као што су:

- визуелна осматрања појава у окружењу,
- теренска мерења и прикупљање података,
- узорковање (прикупљање узорака, припрема, методе ускладиштења и транспорт узорака),
- физичке, хемијске и биолошке анализе на изузетим узорцима,
- анализа добијених резултата и утврђивање трендова,
- дефинисање стања у односу на законску регулативу и доношење потребних закључака.

Десет основних правила за успешан програм мониторинга и анализе стања квалитета воде дати су у књизи "Стратегија мониторинга квалитета површинских вода" [Трипковић и др., 2003.]. На бази овога може се извршити генералисање основних правила за формирање програма мониторинга. То су:

1. **Прво** треба **дефинисати потребне информације и програм мониторинга прилагодити потребама**, а не обрнуто. Свакако да наставак претпоставља обезбеђивање потребних финансијских средстава и опреме.

2. **Врсте и својства окружења** треба **разматрати свеобухватно** (најчешће прелиминарним истраживањима), посебно са аспекта просторно-временских промена.
3. Треба **дефинисати компоненте за испитивање** (матрице) анализираних система (нпр. вода, суспендоване и/или седиментне материје, биолошки индикатори, ваздух, земљиште).
4. Треба, у складу са потребним информацијама, а не обрнуто, **пажљиво одабрати индикаторе** (параметре), **врсте узорака, учесталост** испитивања и **локације** станице.
5. Мобилна, теренска опрема и лабораторијски **уређаји бирају** се у складу са **специфичношћу потребних података, тачношћу и осетљивошћу одређивања**.
6. Треба створити потпуни и оперативни **преглед обраде података**.
7. Мониторинг треба **пратити** потребним **мерењима и анализама**.
8. **Квалитет података** треба редовно подвргнути унутрашњој и спољашњој **контроли**.
9. Подаци и налази треба да буду **понуђени доносиоцима одлука** не само у облику табеларних прегледа измерених величина већ у **облику анализа и оцене стања и експертизе са релевантним препорукама, решењима и управним мерама**.
10. **Програм** мониторинга треба **периодично оцењивати** са становишта потреба и искустава, посебно ако су у окружењу промењени услови и показали се ванредни утицаји, било природним или индукованим дејством.

У извештају канадског повереника за заштиту животне средине [Ottawa, 2011] наводе се карактеристике доброг програма за мониторинг животне средине. Целокупни систем се састоји из 8 елемената: израда програма, имплементација, прикупљање података, контрола квалитета, синтеза и анализа добијених података, интерно извештавање и комуникација, спољашње извештавање и комуникација и ревизија и преглед система.

1. **Програм** дефинише циљеве мониторинга, шта ће се пратити, како ће се користити подаци, који индикатори ће бити примењен и ко ће све бити укључен. Ту су и детаљи временског и просторног ангажовања, учесталост снимања и узорковања, место осматрања и др.
2. **Имплементација** подразумева да су познати сви који су одговорни за сваки аспект система те да су за то обучени. Методе и стратегије узорковања су тестиране и документоване.
3. **Прикупљање података** подразумева да су све процедуре успостављене и да се примењују. Узорци и евиденције о узорцима и снимањима су уредно документовани и архивирани.
4. **Контрола квалитета** подразумева да се методе доследно примењују, те да се следе упутствима и стандардима. Контроле квалитета су сталне како би се одржао интегритет добијених података.
5. Код **синтезе и анализе** подаци се приказују у што је могуће прегледнијем облику, као мапе или дијаграми. Индикатори се користе за поређење резултата са онима из претходних времена и са других локације, коришћењем статистички познатих метода.

6. **Интерна извештавање и комуникација** подразумева упознавање одговорних унутар организације са резултатима. Подаци су интерно доступни са приказом уочених карактеристика и њихових ограничења.
7. **Спољашње извештавање и комуникација** подразумева јавно саопштавање добијених резултата (јавност, парламент, међународна тела). Овлашћени корисници имају приступ детаљним резултатима мониторинга.
8. **Ревизија и преглед система (аудит)** или евалуације система мониторинга спроводи се ради оцене постигнутих циљева, односно ради идентификације могућности за побољшање.

С друге стране документ Европске уније "Интегрисана превенција и контрола загађења" [IPPC, 2003] тражи да програм мониторинга одговори на питања: зашто мониторинг, ко ради мониторинг, шта и како се мери, потом како се приказују резултати и горње вредности емисије (ГВЕ), да размотри време (фреквенцију) мониторинга, како се поступа са неподвижним догађајима и укључивање осматраних података у ГВЕ из дозволе за рад.

1.4. Прикупљање потребних података

Постоје различити начини да се прибаве захтевани (тражени) параметри битни за мониторинг:

- директним мерењима,
- посредним, заменским (сурогат) прибављањем параметара
- билансирањем маса,
- другим прорачунима,
- рачунањем емисионих фактор.

Директно мерење представља одређивање специфичне количине емитоване компоненте на извору, а може се поделити у две групе:

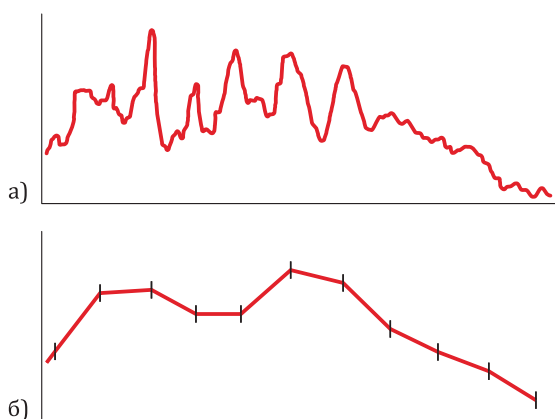
- **континуирана мерења**
 - ◆ *in-situ континуирано читавање инструмената.* Овде је мерна ћелија постављена у канал, цев или струју тока, и ови инструменти не захтевају узимање узорка за анализу, а обично се базирају на оптичким карактеристикама. Редовно одржавање и калибрација ових инструмената је од есенцијалне важности;
 - ◆ *on-line или екстрактивно читавање инструмената.* Овај вид инструмената континуирано узима узорке емисије дуж линије узорковања, транспортује их до on-line мерне станице на којој се узорци континуирано анализирају. Мерна станица може бити удаљена од канала па је потребно пажљиво поступати како се не би изгубио интегритет узорка дуж линије. Овај тип опреме често захтева претходно третирање узорка.
- **дисконтинуирана мерења**
 - ◆ *инструменти се користе периодично.* Ови инструменти су портабл и преносе се на локације где се мери. Нормално, пробе се укључују у одговарајућа мерења дела узорка у струји или анализе in-situ.
 - ◆ *лабораторијске анализе узорка узетих помоћу фиксних, in-situ или on-line узоркивача.* Ови узоркивачи раде дисконтинуирано и скупљају узорке у контејнере.

- ♦ лабораторијска анализа тачкастих узорака. Тачкасти узорак је узорак узет са тачке узорковања, количина узетог узорка мора бити довољна да се детектује количина емисионог параметра. Ови узорци се потом анализирају у лабораторији обезбеђујући тачкасти резултат који репрезентује само период и место са којег је узорак узет.

Континуирано узорковање обезбеђује велики број података који се користе за статистичке анализе и у томе је у предности у односу на дисконтинуирано.

Недостаци континуираног узорковања су: скупо је, не може се много користити за стабилне процесе, тачност on-line анализатора може бити мања од лабораторијских анализа и подешавање може бити тешко или уопште непрактично.

Графички приказ резултата добијених континуираним и дисконтинуираним мерењем дат је слици 1.3.



Слика 1.3. Поређење резултата снимања добијених: а) континуираним и б) дисконтинуираним мерењима

Сурогат параметри су параметри чије вредности су веома блиске мереним тако да се у неким практичним случајевима могу користити уместо њих. Сурогати су лако и поуздано измерени или израчунати параметри који показују различите аспекте рада, као што су капацитет, продукција енергије, температуре, количина отпада или концентрација гасова.

Предности коришћења сурогата су:

- смањење трошкова,
- могуће је чешће информисање него код директних мерења,
- више излазних тачака се може осматрати са истим или мањим ресурсима,
- понекад су прецизнији него директно мерење,
- омогућују рано упозоравање на могућност ненормалне емисије,
- траже мање прекидања процеса него при директним мерењима,
- информације из неколико директних мерења могу се комбиновати и дати комплетнију и употребљивију слику карактеристика процеса,
- обнова оштећених података.

Основни недостаци сурогата су:

- ресурси захтевају калибрацију према директним мерењима,
- обезбеђују релативна мерења више него апсолутне вредности,
- вреде само за ограничени део процесних услова,
- јавности су мање поуздани од директних мерења,
- понекад су мање прецизни од директних мерења,
- понекад се не могу користити у сврхе прописане законима,

На основу односа између емисије и сурогата издвајају се квантитативни, квалитативни и индикативни сурогат параметри.

Квантитативни дају поуздану квантитативну слику емисије и могу заменити директна мерења. Примери коришћења квантитативних сурогата су:

- процена укупних органских волатила уместо појединачних компоненти када је састав протока гаса константан,
- прорачун концентрације отпадног гаса из састава и потрошња горива, сировина и адитива и јединичног протока,
- континуирано мерење прашине је добра индикација за емисију тешких метала, итд.

Квалитативни сурогати дају поуздану квалитативну информацију о саставу емисије, а могу укључити:

- температуру у комори за сагоревање и време задржавања или проток,
- проводљивост уместо мерења појединачних метала у процесима преципитације и седиментације,
- провидност уместо мерења појединачних метала или суспендованих/несуспендованих честица у преципитацији и процесу флотирања итд.

Индикативни сурогат даје информацију о раду постројења или процеса, односно индикацију о емисији, као нпр. рН у процесима преципитације и седиментације, пад притиска код филтера за одсумпоровање и сл.

Биланси маса се, такође могу користити за процену емисије из постројења. При томе треба увек узети у обзир улазе, акумулирано, излазе, произведено или потрошено и прорачунске разлике.

Остали прорачуни (једначине) или модели се такође могу користити за процене емисије.

Емисиони фактори су бројеви који се могу множити са активностима или капацитетима које постројење остварује (као на пример излазна производња, потрошња воде и сл.) ради процене емисије из неког постројења. Општа формула за прорачун емисије преко емисионих фактора има облик:

$$\text{Емисија (маса по јединица времена)} = \text{емисиони фактор (маса по јединица капацитета)} \times \text{активност (капацитет по јединица времена)}$$

Емисиони фактор је бројна вредност која означава масу емитоване загађујуће компоненте по јединици делатности, и преузима се из одговарајућег (обично међународног) документа. Данас су актуелне IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) водичи под називом "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". Ово упутство покрива секторе енергетике, индустрије, пољопривреде, шумарства и осталих видова коришћења земљишта, отпад и друге нетипичне емитере гасова стаклене баште. За сваку од наведених области дати су обрасци за прорачун загађења који уважавају специфичности процеса из којих се гасови стаклене баште генеришу.

Сваки емисиони фактор, приказан у било ком верификованом документу, одређен је мерењем или на темељу искуства из разматрања сличних процеса.

Релевантни органи власти треба да прегледају и прихвате емисионе факторе као начин за прорачун емисије.

Основни критеријум за прихватање емисионих фактора јесте степен сличности између опреме или процеса за који се емисиони фактори намеравају користити и опреме и постројења из којих су они произашли. Добро је када су емисиони фактори производ мерења јер се тада са већом поузданошћу могу користити на сличним постројењима.

При изради различитих процена користе су различити емисиони фактори за поједине категорије. Избор емисионог фактора зависи од изабране методологије, процене обрађивача инвентара или националних агенција и сл. Међутим, разлике међу различитим изворима су често веома значајне. Један такав пример је дат у табели 1.2 [Јововић и др., 2007].

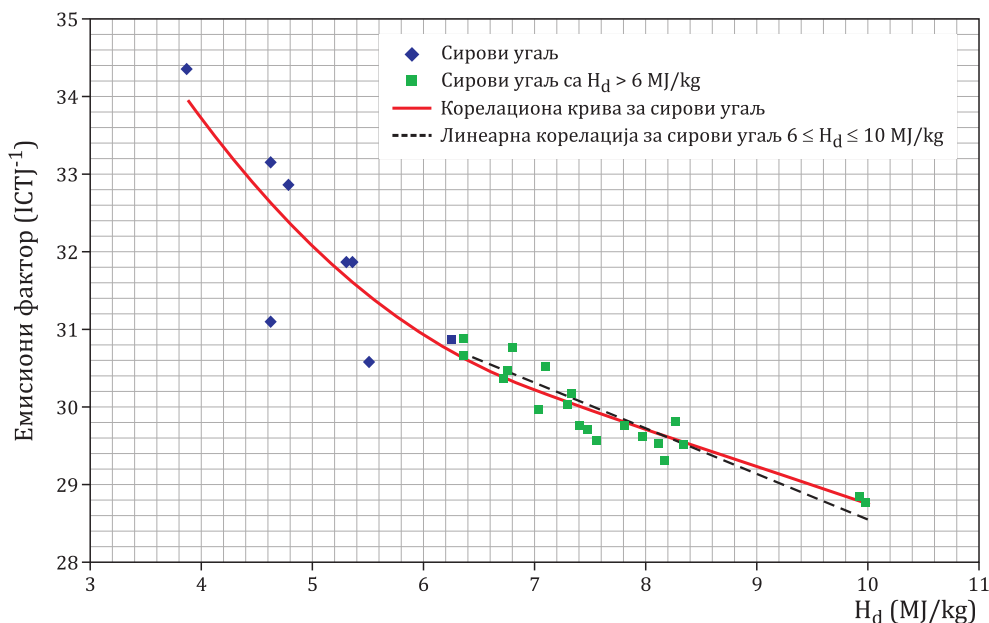
Табела 1.2. Опсеги емисионих фактора за PCDD и PCDF према различитим методологијама

Категорија	UNEP Toolkit Emission Factors, 2001	Инвентар Велике Британије	Инвентар Новог Зеланда	Европски инвентар диоксида	USEPA, 1998
Сапљивање комуналног отпада	0,5 - 3500	0,8 - 231	нема података	1,5 - 90	0,025 - 118
Производња гвожђа и челика	0,01 - 10	0,7 - 10	0,16	0,2 - 5	1,15
Сагоревање угља у термоелектрани	10	0,04 - 4,8	5,7 - 9,3	нема података	0,087
Производња цемента	0,15 - 5	0,02 - 1,08	0,2 - 1,08	0,15 - 5	0,29
Крематоријуми	0,4 - 90	2,4 - 80	0,5 - 28	3 - 40	0,5

Подударност емисионих фактора преузетих из релевантне документације са вредношћима утврђеним стварним мерењима најчешће није идеална. Пример за то је вредност емисионог фактора за концентрацију угљен-диоксида при сагоревању лигнита. У релевантном документу [Eggelston et al., 2006] препоручени емисиони фактор износи 27,6 tC/Tj (односно креће се у границама од 24,8 - 31,3 tC/Tj), а стварним мере-

њем на термоелектрани "Никола Тесла Б" утврђено је да његова вредност варира у зависности од квалитета угља, слика 1.4 [Стефановић и др., 2011].

За препоручену вредност доњег топлотног ефекта од 8,89 MJ/kg вредност емисионог фактора је 29,17 tC/TJ. Стварна разлика између средње препоручене и мерене вредности је 5,7%. Ова релативно мала разлика потврђује употребљивост емисионих фактора као довољно поузданих за процену утицаја на окружење.



Слика 1.4. Зависност емисионог фактора од доњег топлотног ефекта за сирови лигнит лежишта "Колубара"

1.5. Приказивање резултата мониторинга

Приказивање резултате мониторинга практично представља исказивање односа између (законима) дозвољених вредности и резултата снимања/мерења.

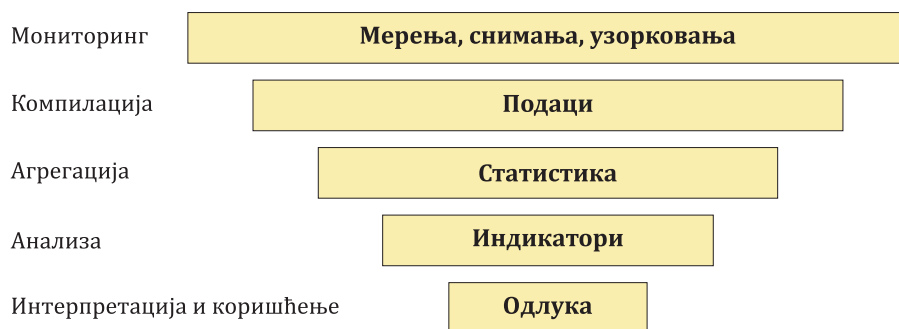
Најпре је важно усагласити јединице у којима се мерени подаци исказују. По правилу јединице треба да буду идентичне јединицама у којима се исказују референтна вредност (МДК, GVE или GV). У неким случајевима, посебно карактеристично за мониторинг ваздуха, период у којем се врши мерење може бити различит. Краткотрајно мерење (kg/s, kg/h, kg/dan) се користи када се мери тзв. ударно оптерећење на окружење док се дуготрајно мерење (kg/g, t/g) користи када је за окружење битно загађење у дугом временском периоду или када се раде периодична извештавања.

Емисија која се исказује у kg/s се уобичајено користи у процени загађење које се догодило или се управо одиграва и код загађења који имају значајан утицај на

здравље становништва у окружењу. Када се емисија исказује у kg/h тада се обично ради о постројењима која имају континуиран и устаљен рад, а код исказивања емисије у kg/dan или kg/недеља ради се о загађењима која треба пратити.

После прикупљања свих података, узимања узорака и њиховог анализирања потребно је припремити стручни/експертски извештај о нађеном стању животне средине. Извештај треба да започне са дефинисањем циља мониторинга, односно презентацијом добијеног задатка. Сагласно дефинисаном циљу треба дати програм мониторинга са свим неопходним образложењима. Треба подробно образложити области које је мониторинг покрио (вода, седименти, ваздух, бука, земљиште...), избор параметара/индикатора, места и начин узимања узорака, број узорака и примењене методе анализе. Ефектно је и прегледно када се ти подаци прикажу табеларно. Код табеларног приказивања резултата у једној колони треба приказати граничне вредности, толерантне вредности или максимално дозвољене концентрације.

Пут од узорковања до закључивања може се и графички приказати, слика 1.5 [WHO, -].



Слика 1.5. Фазе процеса мониторинга

Све активности започињу мерењима и другим активности у склопу мониторинга. Сва мерења, снимања и узорковања обављају обучени извршиоци и акредитоване лабораторије.

АКРЕДИТАЦИЈА ЛАБОРАТОРИЈА

Акредитација лабораторија се врши према стандардима СРПС ISO/IEC 17020-17025, а сагласно "Закону о акредитацији" (Сл. гласник РС бр. 73/2010).

Код нас акредитацију лабораторија врши Акредитационо тело Србије (АТС), које користи одговарајуће критеријуме и процедуре којима се потврђује (у одређеном временском периоду важења акредитације) њихова техничка компетентност, односно да оне врше своје активности на адекватан на-

чин и у складу са одговарајућим стандардима. Добијањем сертификата о акредитацији лабораторија је у сваком тренутку у стању да своје клијенте увери да су резултати испитивања/еталонирања, које она врши, поуздани, а само испитивање/еталонирање извршено на компетентан начин. Признавање своје компетентности лабораторија остварује кроз непристрасно и независно оцењивање, доказујући при том да послове обавља на стручан начин и у складу са захтеваним стандардима и уз сталну могућност унапређења свог рада.

Многе лабораторије раде изоловано од других лабораторија и ретко добију прилику да њихов рад и компетентност буду оцењени на стручан и непристрасан начин, а то није случај са акредитованим лабораторијама [АТС, -].

Акредитацијом се утврђује компетентност неке лабораторије за обављање послова испитивања, еталонирања, контролисања, сертификације производа, система менаџмента и особа. Оцењује се усаглашеност активности са одговарајућим српским и/или међународним стандардима, односно акредитација лабораторија служи као средство за потврђивање техничке компетентности за обављање одређених врста испитивања, еталонирања и сертификаковања [Поповић, 2010]. Акредитација подразумева независност и непристрасност лабораторије, техничку компетентност, организационе ресурсе, усклађеност са захтевима одговарајућег стандарда и способност да се постигнути ниво квалитета одржи.

Критеријуми, на основу којих се оцењују сви они фактори који су значајни за техничку компетентност лабораторије су:

- компетентно и искусно особље,
- одговарајућа опрема – адекватно еталонирана ради обезбеђења следивости мерења до одговарајућих SI јединица,
- адекватни услови у којима се испитивања обављају,

- валидне методе узорковања и испитивања,
- одговарајући систем менаџмента,
- постојање одговарајућих процедура и др.

Током оцењивања рада лабораторије у процесу акредитације проверавају се сви аспекти њеног рада (системи менаџмента и техничка компетентност) у складу са стандардом SRPS ISO/IEC 17025: Општи захтеви за компетентност лабораторија за испитивање и лабораторија за еталонирање. Сертификација система менаџмента квалитетом једне организације у складу са стандардом ISO 9001 има за циљ да потврди усклађеност са системом менаџмента према овом стандарду. Лабораторије могу бити сертифициковане за систем менаџмента у складу са стандардом ISO 9001, али том сертификацијом се не добијају информације о постојању техничке компетентности лабораторије. Када лабораторија испуњава захтеве стандарда ISO/IEC 17025, то заправо значи да су кумулативно испуњени захтеви који се односе на техничку компетентност и они који се односе на систем менаџмента што је неопходно да би резултати испитивања и еталонирања, које таква лабораторија издаје, увек били валидни [АТС, -].

Више информација на:
<http://www.ats.rs/>

Резултат те прве, најопсежније фазе у којој учествују многе струке и више истраживача на терену, су подаци које треба сажети, а потом и статистички обрадити. У трећој фази се од мноштва података долази до средњих, минималних и максималних вредности, односно до варијансе која омогућава анализу добијених вредности и поређење обрађених индикатора са историјским подацима, односно утврђивање трендова. Анализа креће од тога да ли је резултат мониторинга позитиван или негативан, да ли се уочавају побољшања или погоршања, који параметар искаче из законских оквира, зашто се то десило (посебно ако се то раније није дешавало), када се то десило, да ли је поремећај пролазан и случајан или је дошло до "трајног" поремећаја и томе слично. Анализу увек треба проpratити поређењем са резултатима претходних истраживања (ако их је било) праћењем трендова повећања или смањења концентрације анализираних параметара и поређењем са прихватљивим концентрацијама датим у релевантним законима, дозволама за рад и правилницима. У светској литератури [EPA, 1995] се срећу и случајеви када долази до договора између емитера и становништва из окружења (обично је то оличено у локалној власти) о прихватљивим концентрацијама загађивача. Дакле,

анализа се не своди на грубо читање добијених вредности већ се све добијене вредности референцирају на стварно стање, могуће узроке и последице. Резултат целокупне анализе и интерпретације добијених резултата даје основу да се донесе "одлука". Ова одлука се базира на резултатима и закључцима који су проистекли из процеса мониторинга, али се она првенствено тиче процеса и стања у животной средини. Тако одлука може бити да се привремено индустријски процес зауставља, да се ураде неке дораде на систему који узрокује лошије резултате, да се систем осавременује и сл. Овакве одлуке могу да предложе вршиоци мониторинга, али их они не доносе. Оне спадају и ингеренције овлашћених руководилица. Када се мониторинг обавља у име шире заједнице (државе) тада је процес извештавања идентичан, а одлуке доносе надлежни органи. Њихове одлуке су обично типа забрана и ограничења коришћења.

Извештај увек треба да прати и предлог корекција у програму мониторинга за наредни период.

Изглед програма мониторинга на конкретном рударском објекту приказан је у књизи "Environmental Monitoring and Performance" [EPA, 1995]. Карактеристичан пример је дат у табели 1.3.

Програм мониторинга трафостанице ТС 110/10 kV Ниш 8, табеларно приказан, дат је у табели 1.4 [Гледовић,-].

С обзиром да се ради о грађевинском објекту издвојене су две фазе: грађење и употреба. Уочава се једноставан метод контроле (визуелно, слушањем) и трајно мо-
трарење (једанпут годишње) само тла око трансформатора.

1.6. Контрола квалитета рада

Када се код мониторинга разматра "најбоља расположива техника" или "најбоља пракса" тада се целокупни процес своди на 7 фаза (корака) које је потребно редоследно остварити како би се избегли проблеми и мониторинг могао оценити као прихватљив и контролисан [IMPEL, 2001]. То су:

1. зашто мониторинг (разлози за мониторинг),
2. ко врши, односно ко је одговоран за мониторинг,
3. како дефинисати индикаторе (аспекти мониторинга),
4. како најбоље обавити мониторинг (принципи практичног рада),
5. како најбоље проценити усаглашеност (процена резултата),
6. како најбоље одговорити на усаглашеност (провођење активности) и
7. како најбоље обавестити надлежне и заинтересоване (извештавање о мониторингу).

Само јасно разумевање и редоследно спровођење свих седам фаза гарантује постизање реалних и доказивих резултата. Суштински првих пет корака су саставни технички делови сваког програма мониторинга. Шести и седми корак су од суштинске важности јер представљају надградњу целог система.

Табела 1.3. Део програма мониторинга рудника Northparkes Mines, Аустралија

Област	Фреквенција	Процедура	Анализа и преглед резултата	Усаглашени захтеви	Остали детаљи
Бука, бука у суседству	Опрема за мониторинг се инсталира код једног од три најближа суседа, мери се једанпут месечно или по захтеву житеља из суседства	Бука од саобраћања возила се мери на 10 m од куће у суседству. Подаци се прикупљају 10 дана, потом се приказују, табеларно и графички.	Резултати се приказују за усаглашене услове. Подаци се пореде са условима.	Ниво буке не треба да пређе до сада забележених 90 dB(A) за више од 5 dB(A) максимално 5 дана у месецу.	Ако је бука повећана треба обавити детаљни мониторинг. Треба обавестити надлежни Владин орган. Треба извршити преглед мера заштите које се користе.
Напритисак и вибрације од минирања	Осматра се свако минирање, опрема се монтира најмање код једног од три суседа или по захтеву неког другог из суседства	Мери на 10 m од куће у суседству путем V&K монитора за буку, напритисак и бука се снимају. Подаци се скидају и графички приказују.	Резултати се приказују и пореде са усаглашеним	Максимални дозвољени напритисак је 115 dB(L), максимално дозвољене вибрације су 5 mm/s	Ако резултати прелазе дозвољене вредности треба прегледати пројекат минирања.
Прашина	33 уређаја за мерење таложне прашине су монтирана унутар и изван рудника. Узорке скупљају сваког месеца.	Свако 30 дана покупити узорке и поставити нову боцу за хаптање прашине. Узорке слају екстерну лабораторију за утврђивање укупних чврстих.	Добијене резултате цртати упоредо са претходним да се види месечни ниво. Назначити сваку аномалију.	Према усаглашеним условима количина прашине треба да буде минимална	Ако је вредност већа од претходних преконтролисати рударске радове, климатске услове и активности фармера из околине
Површинска вода	...	...	...	...	...

Табела 1.4. Програм мониторинга трафостанице ТС 110/10 kV

Фаза	Који параметри ће бити праћени	Где су параметри који ће бити праћени	Какав је параметар који ће бити праћен	Којом фреквенцијом ће параметри бити праћени	Због чега се прати тај параметар	Одговорност
Грађење	Прашина	У области трафостанице	Визуелно	У сувом или/и у ветровитом	Заштита становништва и флоре	Извођач радова под надзором ЕПС-овог одговорног пројектанта
	Бука		Слушањем	Током изградње			Заштита становништва
	Тло и вегетација		Визуелно	Током изградње	Еколошка реконструкција	
Употреба	Бука	У области трафостанице	Сонометром	Једном, током техничког пријема		Лице које снабдева Опремом, надзор ЕПС
	Електромагнетно поље					
	Тло		Око трансформатора	Визуелно	Годишње		ЕПС-ов инжењер одржавања

Одговор на усаглашеност, боље рећи на неусаглашеност, носи са собом широк избор санкција, а последице могу бити непријатне, не само за појединца већ и за ширу заједницу. Треба наћи меру да се вредности неусаглашених параметара усагласе, а да се при томе не затварају ни административне "очи" ("нисмо видели", "није било потпуно јасно", "заборавили да регулијемо") ни фабрике, а да окружење може да прихвати могуће еколошке импликације. Врло често неусаглашеност носи више политичких и економских проблема него еколошких па поступање надлежних по добијању резултата треба да буде одмерено и ефикасно. Често се избор своди на најмање лоше решење.

Седми корак, извештавање, је такође осетљиво јер ако се спроводи, а нема јавног извештавања о добијеним резултатима онда мониторинг у великој мери губи свој смисао. Ово је нарочито значајно када се ради о мониторингу урбаних средина. У сваком случају код јавног извештавања треба бити свестан да резултат може изазвати панику, јавни револт, бунт и протесте, па огољену бројку (обично обојену црвено) треба да прати акција објашњавања и стручног тумачења узрока и последица. У великим индустријским центрима (често означеним као "црне тачке") уобичајено је да се на више места поставе дисплеји на којима се ("on-line") показују тренутне вредности загађујућих материја, слика 1.6.



Слика 1.6. Јавно приказивање концентрације сумпор-диоксида на крову зграде

Извештавање је могуће и преко интернетских сајтова, радио и телевизијских станица, посебних брошура, часописа и других средстава јавних комуникација. Увек је пожељно истинито, али не и сензационалистичко обавештавање о добијеним резултатима, узроцима и последицама. Месечни и годишњи извештаји су подесни за архивирање, научне и стручне обраде историјских података, али не и за широки аудиторјум којем је потребна брза и правремена информација о стању животне средине.

1.7. Законска регулатива

Предузимање мера на праћењу стања унутар животне средине у Републици Србији законски је уређено "Законом о заштити животне средине" (Сл. гласник РС бр. 135/04, 36/2009, 36/2009 - др. закон, 72/2009 - др. закон и 43/2011 - одлука УС). У наведеном Закону мониторинг је обухваћен кроз пет чланова (од 69 до 73), који обухватају обезбеђење мониторинга, садржину и начин вршења мониторинга, ко може вршити мониторинг, мониторинг загађивача и достављање података. Многе активности су, према овоме закону, поверене Влади и органима власти (Министар, локална самоуправа, Агенција). Непосредном мониторингу загађивача посвећен је само један члан у којем се загађивач обавезује да организује мониторинг емисија, преко овлашћене организације и, чини се за законодавца основно, финансира све активности.

У наредном правоугаонику означеним растером дат је извод из "Закона о заштити животне средине РС", који се односи на мониторинг.

IV. ПРАЋЕЊЕ СТАЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

1. Мониторинг

Обезбеђење мониторинга

Члан 69.

Република, аутономна покрајина и јединица локалне самоуправе у оквиру своје надлежности утврђене законом обезбеђују континуирану контролу и праћење стања животне средине (у даљем тексту: мониторинг), у складу са овим и посебним законима.

Мониторинг је саставни део јединственог информационог система животне средине.

Влада доноси програм мониторинга за период од две године.

Аутономна покрајина, односно јединица локалне самоуправе доноси програм мониторинга на својој територији који мора бити у складу са програмом из става 3. овог члана.

Република, аутономна покрајина и јединица локалне самоуправе обезбеђују финансијска средства за обављање мониторинга.

Садржина и начин вршења мониторинга

Члан 70.

Мониторинг се врши систематским мерењем, испитивањем и оцењивањем индикатора стања и загађења животне средине ко-

је обухвата праћење природних фактора, односно промена стања и карактеристика животне средине, укључујући и прекогранични мониторинг, и то: ваздуха, воде, земљишта, шума, биодиверзитета, флоре и фауне, елемената климе, озонског омотача, јонизујућег и нејонизујућег зрачења, буке, отпада, рану најаву удеса са праћењем и проценом развоја загађења животне средине, као и преузетих обавеза из међународних уговора.

Влада утврђује критеријуме за одређивање броја и распореда мерних места, мрежу мерних места, обим и учесталост мерења, класификацију појава које се прате, методологију рада и индикаторе загађења животне средине и њиховог праћења, рокове и начин достављања података.

Овлашћена организација

Члан 71.

Мониторинг може да обавља и овлашћена организација ако испуњава услове у погледу кадрова, опреме, простора, акредитације за мерење датог параметра и ЈУС-ИСО стандарда у области узорковања, мерења, анализа и поузданости података, у складу са законом.

Министар, по претходно прибављеној сагласности министра надлежног за одређену област, прописује ближе услове које мора да испуњава овлашћена организација из става 1. овог члана.

Министар одређује овлашћену организацију из става 1. овог члана.

Акт из става 3. овог члана објављује се у Сл. гласнику РС.

Мониторинг загађивача

Члан 72.

Правно и физичко лице које је власник, односно корисник постројења које представља извор емисија и загађивања животне средине дужно је да, у складу са законом, преко надлежног органа, организације или овлашћене организације:

1. обавља мониторинг емисије;
2. обезбеђује метеоролошка мерења за велике индустријске комплексе или објекте од посебног интереса за Републику, аутономну покрајину или јединицу локалне самоуправе;
3. учествује у трошковима мерења емисије у зони утицаја, по потреби;

4. прати и друге утицаје своје активности на стање животне средине.

Влада утврђује врсте емисије и других појава које су предмет мониторинга загађивача, методологију мерења, узимања узорака, начин евидентирања, рокове достављања и чувања података.

Загађивач планира и обезбеђује финансијска средства за обављање мониторинга емисије, као и за друга мерења и праћења утицаја своје активности на животну средину.

Достављање података

Члан 73.

Државни органи, односно организације, органи аутономне покрајине и јединице локалне самоуправе, овлашћене организације и загађивачи дужни су да податке из мониторинга из чл. 70. и 72. овог закона достављају Агенцији за заштиту животне средине на прописан начин.

"Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине" (Сл. гласник РС бр. 135/2004) наслања се на Европску директиву 96/61/ЕС, из 1996.г., о "Интегрисаном спречавању и контроли загађења" [ИРРС, 2003]. Наведеном директивом се уводи обавезан мониторинг којим се проверава да ли је неко постројење, фабрика или индустријска грана усаглашена са дозвољеним емисијама загађујућих супстанци у атмосферу, воду и земљиште. У односу на примену најбољих доступних техника, равноправном третирању система заштите животне средине и увођењу и уважавању мониторинга ово је један од најреволуционарнијих закона донесених на нашем подручју. Интересантан је члан 16. којим се прописују услови који се утврђују дозволом:

Услови који се утврђују дозволом

Члан 16.

Дозволом се утврђују услови за рад постројења и обављање активности и обавезе оператора у зависности од природе активности и њиховог утицаја на животну средину.

Дозвола садржи услове који се односе на:

1. примену најбољих доступних техника или других техничких услова и мера;
2. мере из студије о процени утицаја на животну средину или студије о процени утицаја затеченог стања на животну средину;
3. граничне вредности емисија загађујућих материја утврђене за дато постројење;

4. мере заштите ваздуха, воде и земљишта;

5. мере које се односе на управљање отпадом који настаје при раду постројења;

6. мере за смањење буке и вибрација;

7. мере које се односе на ефикасно коришћење енергије;

8. захтеве за мониторинг емисија са:

- специфицираном методологијом;
- дефинисаном учесталости мерења;
- дефинисаним правилима за тумачење резултата мерења;
- утврђеном обавезом достављања података надлежном органу;

9. мере за спречавање удеса и отклањање њихових последица;

10. смањење загађења, укључујући и прекогранично загађење животне средине;
 11. мере предвиђене за почетак рада, за тренутно заустављање у случају поремећаја у функционисању постројења, као и за престанак рада постројења;
 12. предузимање мера заштите животне средине после престанка активности у циљу избегавања ризика од загађења и враћања локације у задовољавајуће стање;
 13. начин и учесталост извештавања и обим података садржаних у извештају који се доставља надлежном органу у складу са прописима;
 14. резултате ревизије услова и обавеза утврђених дозволом;
 15. друге специфичне захтеве.
- Ако се према одређеном стандарду квалитета животне средине захтевају строжији услови од оних који се могу постићи применом најбољих доступних техника, дозвола садржи додатне мере којима се обезбеђује примена ових стандарда.
- У случају из става 3. овог члана надлежни орган дозволом утврђује мере и рокове за примену стандарда квалитета животне средине, прописаних у складу са законом, а нарочито:
1. датум од када се стандарди примењују и подручја на која се односе;
 2. највиши и најнижи прихватљив ниво загађујућих материја и буке у животnoj средини;
 3. одређене параметре, процедуру мониторинга и методе којима се утврђују прекорачења стандарда, као и мере које се предузимају у том случају.
- Дозвола може садржати привремено ослобађање од придржавања одређених услова, уколико се усвојеним санационим програмом обезбеђује примена мера које воде ка смањењу загађења и испуњењу услова.
- Влада утврђује критеријуме за одређивање најбољих доступних техника, за примену стандарда квалитета животне средине, као и за одређивање граничних вредности емисија у дозволи.
- Министар ближе прописује садржину и изглед дозволе.
- Министар прописује услове за примену најбољих доступних техника.

У ЕУ постоје публикације, популарно назване БРЕФ-ови (скраћеница од BAT reference documents), који су веома важни јер се у тој серији налазе најбоље доступне технике значајне за привреду и индустрију. Ни једна индустрија, ни један мониторинг поступак у ЕУ се не успоставља уколико није на спису БАТ-ова (Best Available Techniques). У БРЕФ-у

за мониторинг истакнуте су најбоље доступне технике. У административном капацитету ЕУ ово су веома важни документи који чине основу за рад, па и за мониторинг.

Више информација на:
http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/mon_bref_0703.pdf

Значајно је место мониторинга и у **"Закону о процени утицаја на животну средину"** (Сл. гласник РС бр. 135/2004) и у **"Правилника о садржају Студије о процени утицаја на животну средину"** (Сл. гласник РС бр. 69/2005).

У наведеном закону програм праћења утицаја на животну средину је обавезно садржан у Студији (члан 17). У Правилнику (члан 10) програм треба да садржи: (1) приказ стања животне средине пре почетка функционисања пројекта на локацији где се очекује утицај на животну средину, (2) параметре на основу којих се могу утврдити штетни утицаји на животну средину и (3) места, начин и учесталост мерења утврђених параметара. Евидентно је, дакле, да Студију процене утицаја на животну средину прати и програм мониторинга као основни докуменат за праћење и поређења процењеног и стварног стања утицаја на окружење. Према

томе, процена указује на проблеме који се могу очекивати и мере које треба предузети, а контрола и оцена стања и реалности мера које се предузимају падају на мониторинг.

На основу Закона о заштити животне средине Влада Републике Србије донела је:

- Уредбу о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха (Сл. гласник РС бр. 11/2010, 75/2010 и 63/2013),
- Уредба о индикаторима буке, граничним вредностима, методама за оцењивање индикатора буке, узнемиравања и штетних ефеката буке у животној средини (Сл. гласник РС бр. 75/2010)
- Правилник о дозвољеном нивоу буке у животној средини (Сл. гласник РС бр. 54/92)
- Правилник о методама мерења буке, садржини и обиму извештаја о мерењу буке (Сл. гласник РС бр. 72/2010)
- Уредбу о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање (Сл. гласник РС бр. 67/2011 и 48/2012)
- Уредбу о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање (Сл. гласник РС бр. 50/2012)
- Уредба о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену, ризика од деградације земљишта и методологија за израду ремедијационих програма (Сл. гласник РС бр. 88/2010)
- Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и методама за њихово испитивање (Сл. гласник РС бр. 23/94)
- Правилник о категоријама, испитивању и класификацији отпада (Сл. гласник РС бр. 56/10)

"Уредба о садржини и начину вођења информационог система заштите животне средине, методологији, структури, заједничким основама, категоријама и нивоима сакупљања података, као и садржини информација о којима се редовно и обавезно обавештава јавност" (Сл. гласник РС бр. 112/09) дала је основ за доношење **"Правилника о Националној листи индикатора заштите животне средине"** (Сл. гласник РС бр. 37/11). Национална листа индикатора садржи методологију сакупљања података, начин и рокове достављања података, информација, индикатора и извештаја у Информациони систем. У Националној листи индикатора налази се следећи индикатори:

1. ВАЗДУХ И КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ

- 1.1. Учестаност прекорачења дневних ГВ за SO₂, NO₂, PM₁₀, O₃
- 1.2. Годишња температура ваздуха
- 1.3. Годишња количина падавина
- 1.4. Потрошња супстанци које оштећују озонски омотач
- 1.5. Емисија закисељавајућих гасова (NO_x, NH₃ и SO₂)
- 1.6. Емисија прекурсора озона (NO_x, CO, CH₄ и NMVOC)

- 1.7. Емисија примарних суспендованих честица и секундарних прекурсора суспендованих честица (PM₁₀, NO_x, NH₃ и SO₂)
- 1.8. Емисија гасова са ефектом стаклене баште
- 1.9. Пројекција емисија гасова са ефектом стаклене баште
- 1.10. Емисија тешких метала
- 1.11. Емисија ненамерно испуштених дуготрајних органских загађујућих материја (UPOPs)

2. ВОДЕ

- 2.12. Индикатор потрошње кисеоника у рекама
- 2.13. Нутријенти у површинским и подземним водама
- 2.14. Индекс сапробности (SI)
- 2.15. Serbian Water Quality Index (SWQI)
- 2.16. Квалитет воде за пиће
- 2.17. Квалитет воде за купање
- 2.18. Процент становника прикључен на јавни водовод
- 2.19. Процент становника прикључен на јавну канализацију
- 2.20. Постројења за пречишћавање отпадних вода
- 2.21. Загађене (непречишћене) отпадне воде
- 2.22. Емисије загађујућих материја из тачкастих извора у водна тела

3. ПРИРОДНА И БИОЛОШКА РАЗНОВРСНОСТ

- 3.23. Угрожене и заштићене врсте
- 3.24. Заштићена подручја
- 3.25. Диверзитет врста
- 3.26. Шуме: мртво дрво

4. ЗЕМЉИШТЕ

- 4.27. Промена начина коришћења земљишта
- 4.28. Ерозија земљишта
- 4.29. Садржај органског угљеника у земљишту
- 4.30. Управљање контаминираним локалитетима

5. ОТПАД

- 5.31. Укупна количина произведеног отпада
- 5.32. Производња отпада (комунални, индустријски, опасан)
- 5.33. Количина произведене амбалаже и амбалажног отпада
- 5.34. Количине посебних токова отпада
- 5.35. Количина произведеног отпада из објеката у којима се обавља здравствена заштита и фармацеутског отпада
- 5.36. Предузећа овлашћена за управљање отпадом
- 5.37. Депоније отпада
- 5.38. Количина издвојено прикупљеног, поновно искоришћеног и одложеног отпада
- 5.39. Прекогранични промет отпада

6. БУКА

- 6.40. Укупни индикатор буке
- 6.41. Индикатор ноћне буке

7. НЕЈОНИЗУЈУЋЕ ЗРАЧЕЊЕ

- 7.42. Извори нејонизујућег зрачења од посебног интереса

8. ШУМАРСТВО, ЛОВСТВО И РИБОЛОВ

- 8.43. Површина, састојине и типови шума
- 8.44. Шумске врсте
- 8.45. Депозиција загађујућих материја, шумско земљиште и мониторинг здравственог стања шума
- 8.46. Штете у шумама
- 8.47. Слатководне врсте
- 8.48. Индекс биомасе и излов рибе
- 8.49. Производња у аквакултури, порибљавање и акциденти у риболовним водама
- 8.50. Динамика популација главних ловних врста

9. ОДРЖИВО КОРИШЋЕЊЕ ПРИРОДНИХ РЕСУРСА

ОБНОВЉИВИ ПРИРОДНИ РЕСУРСИ

- 9.51. Индекс експлоатације воде (WEI)
- 9.52. Коришћење воде у домаћинству
- 9.53. Губици воде
- 9.54. Поново употребљена и рециклирана вода
- 9.55. Укупна количина воде у акумулацијама
- 9.56. Површине деградираног земљишта
- 9.57. Прираст и сеча шума
- 9.58. Управљање шумама и потрошња из шума

10. ПРИВРЕДНИ И ДРУШТВЕНИ ПОТЕНЦИЈАЛИ И АКТИВНОСТИ ОД ЗНАЧАЈА ЗА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

ХЕМИКАЛИЈЕ И ЗДРАВЉЕ

- 10.59. Укупна количина нарочито опасних хемикалија која се ставља у промет

ИНДУСТРИЈА

- 10.60. Систем управљања заштитом животне средине
- 10.61. Учешће рециклаже у бруто домаћем производу

ЕНЕРГЕТИКА

- 10.62. Укупна потрошња примарне енергије по енергентима
- 10.63. Потрошња финалне енергије по секторима

- 10.64. Укупни енергетски интензитет
- 10.65. Потрошња примарне енергије из обновљивих извора
- 10.66. Потрошња електричне енергије из обновљивих извора

ПОЉОПРИВРЕДА

- 10.67. Подручја под органском пољопривредом
- 10.68. Потрошња минералних ђубрива и средстава за заштиту биља
- 10.69. Наводњавање пољопривредних површина
- 10.70. Пољопривредне области високе природне вредности

ТРАНСПОРТ

- 10.71. Превоз путника и терета у односу на БДП
- 10.72. Потрошња горива, чистијих и алтернативних горива у саобраћају
- 10.73. Моторна возила

ТУРИЗАМ

- 10.74. Интензитет туризма

УРБАНИЗАЦИЈА

- 10.75. Урбана насеља

11. МЕЂУНАРОДНА И НАЦИОНАЛНА ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА, КАО И МЕРЕ (СТРАТЕГИЈЕ, ПЛАНОВИ, ПРОГРАМИ, СПОРАЗУМИ), ИЗВЕШТАЈИ И ОСТАЛА ДОКУМЕНТА И АКТИВНОСТИ ИЗ ОБЛАСТИ ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

- 11.76. Успешност спровођења законске регулативе

12. СУБЈЕКТИ СИСТЕМА ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

ЕКОНОМСКИ ИНСТРУМЕНТИ

- 12.77. Издаци из буџета
- 12.78. Инвестиције и текући издаци
- 12.79. Приходи од накнада и такси
- 12.80. Средства за субвенције и друге подстицајне мере
- 12.81. Међународне финансијске помоћи

Мониторинг прати и већи број домаћих (СРПС) стандарда. У ствари, ради се о светским ISO стандардима и прописима Европске уније који се преводe на српски и директно примењују. Број расположивих стандарда се стално повећава.

АГЕНЦИЈА ЗА ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

На нивоу Републике мониторинг организује, спроводи и води "**Агенција за заштиту животне средине**". Као орган у саставу Министарства, са својством правног лица, обавља стручне послове који се односе на:

- Развој, усклађивање и вођење националног информационог система заштите животне средине (праћење стања чинилаца животне средине кроз индикаторе животне средине, регистар загађујућих материја и др.),
- Спровођење државног мониторинга квалитета ваздуха и вода, укључујући спровођење прописаних и усаглашених програма за контролу квалитета ваздуха, по-

вршинских вода и подземних вода прве издани и падавина,

- Управљање Националном лабораторијом,
- Прикупљање и обједињавање података о животној средини, њихову обраду и израду извештаја о стању животне средине и спровођењу политике заштите животне средине,
- Развој поступака за обраду података о животној средини и њихову процену,
- Вођење података о најбољим доступним техникама и праксама и њиховој примени у области заштите животне средине,
- Сарадњу са Европском агенцијом за животну средину (ЕЕА) и европском мрежом за информације и посматрање (EIONET).

Више информација на:

<http://www.sepa.gov.rs>

Питања за понављање:

1. Шта је то мониторинг?
2. Шта је загађивање животне средине?
3. Шта је концентрација?
4. Шта је максимално дозвољена концентрација?
5. Шта је гранична вредност?
6. У чему је разлика између границе толеранције и толерантне вредности?
7. Који су односи између циљне, максимално дозвољене и ремедијационе вредности код седимената?
8. Шта је емисија, а шта имисија?
9. Који су српски називи за емисију и имисију?
10. Које јединице се користе за дефинисање емисије и имисије?
11. Каква загађења могу бити према просторном распореду?
12. Када и где се појављују тачкасти, а када и где дифузни извори загађења?
13. Које врсте мониторинга познајете?
14. Зашто је посебно важно успоставити мониторинг вода?
15. Шта обухвата мониторинг ваздуха?
16. Шта је специфично за биолошки мониторинг?
17. Шта је то адаптивни мониторинг, када га треба примењивати, које су му предности, а које мане?
18. Шта је самомониторинг?
19. Ко и како спроводи самомониторинг?
20. Чиме се карактерише једноставни мониторинг?
21. Шта је специфично за интегрисани мониторинг?
22. Шта обухвата мониторинг становништва и заједнице?
23. У чему се разликују надзорни, оперативни и истраживачки мониторинг?
24. Када се обавља истраживачки мониторинг?
25. Ко обавља мониторинг?
26. Наведите карактеристике доброг програма мониторинга!
27. Зашто и ко врши мониторинг?
28. На који начин се прикупљају подаци?
29. Које су карактеристике континуираних, а које дисконтинуираних мерења?
30. Шта су сурогат параметри?
31. Шта су емисиони фактори?
32. Шта садржи извештај о мониторингу?
33. Ко у Србији врши акредитацију лабораторија?
34. Зашто је важно извршити акредитацију лабораторија?
35. Ко у Србији организује и спроводи мониторинг имисије?

Теме за размишљање и дискусију:

1. Мониторинг "нултог стања" (данас) није законски дефинисана обавеза и Инвеститор није у обавези да успостави мониторинг пре него што започне неку активност. За потребе израде Студије утицаја на животну средину могу се користити резултати које је неко други прибавио или се може извршити процену стања на бази аналогije са нечим или визуелног утицаја и интервјуисања житеља из окружења без било каквих мерења, дубље анализе или уласка у проблем. Размотрите када је детаљно познавање "нултог" стања, ипак, потребно? Када Инвеститор има интерес да мониторинг започне пре било које индустријске активности и зашто? Када тај интерес има друштво/ држава? Шта радити ако су претходне процене и резултати добијени мониторингом опречни? Како у том случају треба да се понаша Инвеститор, а како држава?

2. Усаглашени мониторинг се примењује и често препоручује. Размислите зашто је усаглашени мониторинг добар. Које су му предности, а које мане? Продискутујте степен одговорности коју на себе преузимају државни органи прихватањем ове врсте мониторинга? Шта Инвеститор треба да припреми као подлоге за доношење валидне одлуке о прихватању ове врсте мониторинга? Који је интерес локалне заједнице да се усаглашени мониторинг прихвати или одбије? Како поступити ако Инвеститор не испуни обавезе које је преузео договором око усаглашавања параметара, који вредносно одуарају од законских норми? Да ли прихватање усаглашеног мониторинга треба да буде појединачна одлука надлежног "државног референта" или то треба системски размотрити и прихватити? Како спречити злоупотребе?

Литература

- [1] **Encyclopaedia Britannica**, (-), <http://www.britannica.com/>
- [2] **Kirby M., McKenzie N., Bormans M.**, (2003) Development of a strategy for monitoring Australia's natural resources: a discussion paper, CSIRO Land and Water, Canberra
- [3] Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC, (2003), Reference document on the general principles of monitoring, European Commission
- [4] **Клајн И., Шипка М.**, (2007), Велики речник страних речи и израза, Прометеј, Нови Сад
- [5] "Закон о заштити животне средине", Сл. гласник РС бр. 135/04, 36/2009, 36/2009, 72/2009 и 43/2011
- [6] **Koning de A.**, (2003), Индустриски селф-мониторинг, презентација по пројекту Европске агенције за реконструкцију (ЕАР) ЕСВР 2003 - Програм јачања капацитета у заштити животне средине, Београд
- [7] Anon, (2001) IMPEL Best practice in compliance monitoring, European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law, Falun, Sweden
- [8] **Ringold L.P., Alegria J., Czaplewski R. L., Mulder B. S., Tolle T., Burnett K.**, (1996), Adaptive monitoring design for ecosystem management, Ecological Application, 6(3), Ecological society of America, Washington, pp. 745-747,
- [9] **Lindenmayer D. B., Likens G. E.**, (2009), Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring, Trends in Ecology and Evolution Vol.24 No.9
- [10] **Група аутора**, (2009), Студија нултог стања утицаја подземних рударских радова и радова на отвореном копу у вријеме раније производње до 2000-те године на животну средину концесијског поља Шупља Стијена (архива Рудника), ЈУ центар за екотоксиколошка испитивања Црне Горе, Подгорица
- [11] **EPA**, (1995), Environmental Monitoring and Performance, Best practice environmental management in mining, Australian Environmental Protection Agency, Canberra
- [12] **McKenzie N., Henderson B., McDonald W.**, (2002), Monitoring Soil Change, Principles and practices for Australian conditions, CSIRO Land and Water, Technical Report 18/02, Canberra
- [13] **Brydges T.**, (2004), Basic concepts and applications of environmental monitoring, poglavlje u knjizi: Wiersma G. Bruce, Environmental monitoring, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida
- [14] Directive 2000/60/EC, (2000), Establishing a framework for community action in the field of water policy, Official Journal of European Communities L327
- [15] **Parth M.**, Reference document on the General Principles of Monitoring, (2008), Tallinn
- [16] **Трипковић Д., Игњатовић Ј., Цвијан М., Надеждић М., Маљевић Е., Пауновић М.**, (2003), Стратегија мониторинга квалитета површинских вода, Регионални центар за животну средину за Централну и Источну Европу Канцеларија у Србији и Црној Гори, Београд

- [17] Anon, (2011), Report of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development, Chapter 5 A Study of Environmental Monitoring, Office of the Auditor General of Canada, Ottawa, Ontario
- [18] **Јововић А., Рађеновић В., Гржетић И., Јовановић Ђ.**, (2007), Инвентар ненамерно емитованих ПОПС хемикалија из индустријских и термоенергетских постројења, Зборник радова Прве регионалне научно-стручне конференције о управљању индустријским отпадом, Копаоник
- [19] **Eggelston S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K.**, (2006), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change, Japan
- [20] **Стефановић П.Љ., Марковић З.Ј., Бакић В.В., Цветиновић Д.Б., Живковић Н.В., Спасојевић В.Д.**, (2011), Емисиони фактор лигнита колубарског басена, Термотехника, XXXVII, 2, стр. 241-251
- [21] Anon, Chapter 2. The Nature and Use of Indicators, <http://www.who.int/mediacentre/events/IndicatorsChapter2.pdf>
- [22] "Закон о акредитацији", Службени гласник РС 73/2010
- [23] Анон, (-), Које предности лабораторије стичу када се акредитују?, Акредитационо тело Србије, http://www.ats.rs/sites/default/files/download/brosura_ATS_02.pdf
- [24] **Поповић П.**, (2010), Акредитација и оцењивање усаглашености, Универзитет Сингидунум, Београд
- [25] **Гледовић И.М.**, (-), Детаљна анализа утицаја ТС 110/10 кВ "Ниш 8" на животну средину,
- [26] "Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине", Сл. гласник РС бр. 135/2004
- [27] "Закон о процени утицаја на животну средину", Сл. гласник РС бр. 135/2004
- [28] "Правилник о садржају Студије о процени утицаја на животну средину", Сл. гласник РС бр. 69/2005
- [29] "Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха", Сл. гласник РС бр. 11/2010, 75/2010 и 63/2013
- [30] "Уредба о индикаторима буке, граничним вредностима, методама за оцењивање индикатора буке, узнемиравања и штетних ефеката буке у животној средини", Сл. гласник РС бр. 75/2010
- [31] "Правилник о дозвољеном нивоу буке у животној средини", Сл. гласник РС бр. 54/92
- [32] "Правилник о методама мерења буке, садржини и обиму извештаја о мерењу буке", Сл. гласник РС бр. 72/2010
- [33] "Уредбу о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање", Сл. гласник РС бр. 67/2011 и 48/2012
- [34] "Уредбу о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање", Сл. гласник РС бр. 50/2012
- [35] "Уредба о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену, ризика од деградације земљишта и методологија за израду ремедијационих програма", Сл. гласник РС бр. 88/2010
- [36] "Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и методама за њихово испитивање", Сл. гласник РС бр. 23/94
- [37] "Правилник о категоријама, испитивању и класификацији отпада", Сл. гласник РС бр. 56/10
- [38] "Уредба о садржини и начину вођења информационог система заштите животне средине, методологији, структури, заједничким основама, категоријама и нивоима сакупљања података, као и садржини информација о којима се редовно и обавезно обавештава јавност", Службени гласник РС 112/09

- [39] "Правилник о Националној листи индикатора заштите животне средине", Сл. гласник РС бр. 37/11

Подсећање

ОПШТЕ О ЗАГАЂИВАЊУ И ЗАГАЂИВАЧИМА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Загађивање животне средине јесте уношење загађујућих материја или енергије у животну средину, изазвано људском делатношћу или природним процесима које има или може имати штетне последице на квалитет животне средине и здравље људи. Загађивање животне средине је процес који се не може зауставити, али на који се може свесно деловати ради што боље заштите животне средине од загађивања [Букуров, 2006].

Загађивање подразумева присутност једне или више непожељних чврстих, течних или гасовитих супстанци у води, ваздуху или земљишту у одређеној количини, одређених особина и одређеном временском периоду при чему те супстанце представљају опасност за човека, биљни или животињски свет или на било који начин онемогућавају комфоран живот и уживање у животној средини.

Количина загађујућих материја садржаних у води, ваздуху или земљишту изражава се **концентрацијом**. Концентрација која представља однос дела масе или запремине загађеног медијума и масе или запремине медијума.

Максимално дозвољена концентрација (МДК) представља ону масу токсичних или штетних компоненти чијем се дејству могу изложити организам човека, животињски или биљни организми, без штетних последица и за дуже време.

Прописима се утврђују три основне врсте ових вредности:

- МДК штетних компоненти у ваздуху радног простора;
- МДК штетних компоненти у атмосфери насељених места;
- МДК штетних компоненти у водама водних токова.

Максимално дозвољена концентрација се изражава на различите начине, а у зависности од стања у коме се налази сама супстанца. Тако се за токсичне компоненте у гасовитом и парном стању ова вредност даје у деловима компоненти на милион делова ваздуха (ppm-parts per million), или у mg/m^3 , а уколико се ради о компонентама које су растворене у води, у mg/l .

МДК-вредности су опште прихваћене карактеристике у индустријској токсикологији, с обзиром на то да се помоћу њих могу изразити потенцијалне штетне концентрације отровних и штетних компоненти. У том смислу, ове вредности представљају максималне количине компоненти, чијем се дејству могу изложити лица у току 8 часова једног дана, а у периоду од неколико месеци или година, без опасности по њихово здравље. Вредности које су једном утврђене се стално контролишу и повремено коригују.

Поред универзалне максимално дозвољене концентрације нови прописи везани за загађење ваздуха уводе и нове појмове: гранична вредност, граница толеранције и толерантна вредност.

- **гранична вредност** представља највиши дозвољени ниво загађујуће материје у ваздуху, утврђен на основу научних сазнања, како би се избегле, спречиле или смањиле штетне последице по здравље људи и/или животну средину и која се не сме прећи када се једном достигне.
- **граница толеранције** јесте проценат дозвољеног прекорачења граничне вредности под прописаним условима,
- **толерантна вредност** јесте гранична вредност увећана за границу толеранције.

Графички приказ наведених вредности дат је на слици 1.7.

Гранична вредност	Граница толеранције
Толерантна вредност	

Слика 1.7. Графички приказ мерила загађености ваздуха

Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање (Сл. гласник РС бр. 50/2012) уводи више израза:

- **гранична вредност** јесте стандард квалитета животне средине изражен као концентрација појединачне загађујуће материје или групе загађујућих материја или индикатора загађивања у површинској и подземној води и седименту, која не сме да буде прекорачена у циљу заштите животне средине и здравља људи. Граничне вредности које се користе за приоритетне супстанце у **површинским водама** су:
 - ♦ максимално дозвољене концентрације (МДК) и
 - ♦ просечне годишње концентрације (РГК),
 гранична вредност загађујућих материја у **подземним водама** је
 - ♦ просечна годишња концентрација (РГК),
 а граничне вредности загађујућих материја за оцену квалитета **седимента** су:
 - ♦ циљна вредност,
 - ♦ максимално дозвољена концентрација,
 - ♦ ремедијациона вредност,
 - ♦ вредност лимита и
 - ♦ верификациони ниво;

Максимално дозвољена концентрација (МДК) је максимална концентрација појединачне загађујуће материје или групе загађујућих материја у површинским водама која не сме да буде прекорачена у циљу спречавања озбиљних неповратних последица за екосистеме.

Просечна годишња концентрација (РГК) је просечна вредност концентрација измерених у току године за поједине загађујуће материје или групе загађујућих материја у површинским и подземним водама која не сме да се прекорачи у циљу спречавања оз-

биљних неповратних дугорочних последица за екосистеме.

Значење граничних вредности код седимента је следеће:

- **циљна вредност** је гранична вредност за концентрацију загађујуће материје у седименту испод које су негативни утицаји на околину занемарљиви и она представља дугорочни циљ квалитета седимента,
- **максимално дозвољена концентрација (МДК)** је концентрација појединачне загађујуће материје или групе загађујућих материја изнад које су негативни утицаји на околину вероватни,
- **вредност лимита** је тип граничне вредности у циљу утврђивања начина поступања са измуљеним седиментом и његова вредност је мања или једнака верификационом нивоу, а креће се у распону између циљне и ремедијационе вредности;
- **верификациони ниво** је тип граничне вредности у циљу утврђивања начина поступања са измуљеним седиментом и његова вредност је већа или једнака вредности лимита, а креће се у распону између циљне и ремедијационе вредности;
- **ремедијациона вредност** је гранична вредност изнад које постоји ризик по акватични екосистем и здравље људи и животиња који није прихватљив;

Поређење величине загађења и значење појединих израза код анализе седимента дато је у табели 1.4.

Загађење се исказује преко емисије и имисије.

Емисија је испуштање загађујућих материја или енергије из индивидуалних и/или дифузних извора у животну средину и њене медијуме [Закон о заштити животне средине, 2004]. Српска реч за емисију јесте **загађивање**.

Табела 1.4. Поређење величине загађења и значење појединих израза

Вредност	Значење	
Циљна ...	Нема загађења	
Максимално дозвољена ...	Вредност која се не сме прекорачити	
... лимита	≤ од верификационе	Код утврђивања начина поступања са измуљеним седиментом
Верификациони ниво	≥ вредности лимита	
Ремедијациона ...	Загађени, угрожена вода, људи	

Разликују се *општа* и *посебна* емисија. **Општа** емисија је одавање загађујућих материја - полутаната (гасовитих, течних или чврстих), из свих извора загађивања, а **посебна** емисија загађујућих материја је одавање загађујућих материја из једног или више извора загађивања на одређеној области Земље.

Обим загађења неком загађујућом материјом, дефинисан је *брзином емисије* и *укупном емисијом*. Брзина емисије је масени проток загађујуће материје [g/s]. Она се такође може изразити и запремински (%). Укупна емисија је испуштена количина загађујуће материје по количини ослобођене енергије (g/l) или у килограмима производа (g/kg).

Имисија је концентрација загађујућих материја и ниво енергије у животној средини којом се изражава квалитет животне средине у одређеном времену и простору [Закон о заштити животне средине, 2004]. Под имисијом се подразумева појава гасовитих, течних или чврстих супстанци у медијуму. Српска реч за имисију је **загађеност**.

Аналогно емисијама, разликује се *општа* и *посебна имисија* загађујућих материја. Општа имисија је присуство емитованих загађујућих материја свих извора загађивања на Земљи, а посебна имисија је присуство одаћих загађујућих материја од једног или више извора загађивања из одређене области, у тој области.

Имисија може да буде већа од емисије, јер она представља скуп свих загађујућих материја, па и оних које су ваздушним струјањем стигле из других крајева или других земаља.

Законска регулативе већине земаља у свету обавезује сваког потенцијалног загађивача да прати ниво емисије из сопственог постројења, а држава у склопу праћења општег стања прати имисију.

ТИПОВИ ИЗВОРА ЗАГАЂЕЊА

Према просторном распореду настанка и испуштања главни извори загађења могу бити: **тачкасти** и **дифузни** (нетачкасти). Оба типа загађења срећу се посебно код вода и земљишта, мада се не могу заобићи ни код ваздуха.

Тачкасти извори загађења су сви извори који директно испуштају загађење у реципијенте кроз цеви и канале, свако испушта-

ње гасова у атмосферу кроз димњак или неку цев, канал и сл., свако загађење земљишта на уском ограниченом и уређеном простору.

Овај тип загађења карактерише везаност за људске активности, испусне тачке су на познатим местима, релативно мала променљивост вредности параметара и најчешће мање вредности од законом одређеног реда величине, а испуст је обично преко цевовода или канала па се проток онечишћених флуида може мерити са традиционалним инжењерским техникама.

Онечишћење земљишта које је узроковано локалним или тачкастим изворима углавном је повезано с рударством, индустријским постројењима, одлагалиштима отпада и осталим постројењима током њиховог деловања и након затварања. Та постројења представљају ризик и за земљиште и за воду.

Дифузно загађење је просторног карактера и у великој мери нерегулисано. Првенствено настаје када киша и отопљени снег протичу преко земљишта и кроз подземље, који су већ на неки начин нарушени коришћењем простора. Овај отицај носи загађење даље и одлаже га у најближе површинске или подземне воде. Може потицати и из седимената исталожених у језерима, водотоцима, мочварама, односно из атмосферских талога. У овај тип загађења спадају и просторно загађења ваздуха, нпр. из рудничког простора, потом бука, као и сва загађења земљишта.

Дифузно загађење карактерише дешавање у случајним интервалима, уско везано за хидролошки и технолошки циклус, променљивост вредности параметара, испуст полутаната се не може идентификовати, пошто настаје на ширем простору, а количина (проток, маса) загађивача је тешко мерити традиционалним инжењерским техникама.

Дифузно загађење се јавља при отицању воде са урбаних површина, отицању и процеђивању са градилишта и депонија, са пољопривредних површина, сеоских дворишта, сточних фарми, рудника, те са површина где се врши расад и одвија сеча шума, прашина са свих отворених простора и градилишта, бука из урбаних и индустријских простора итд. [Staaf, Вељковић, 2013].

Дифузно загађење земљишта углавном се повезује с атмосферским таложењем, одређеним пољопривредним радовима и урбаним индустријским подручјима. Таложење полутаната из ваздуха у земљиште доноси киселе загађиваче (нпр., SO_2 , NO_x), тешке метале (нпр. кадмијум, олово, арсен, жива) и неке органских спојева (нпр. диоксини, РСВ-ови, РАН-ови). Кисели загађивачи поступно смањују пуферски капацитет земљишта тако да оно може да пређе критичну оптерећеност, што доводи до испуштања алуминијума и осталих токсичних метала у водни систем. Уз то, ацидификација придоноси испирању хранљивих материја што доводи до губитка плодности земљишта, могућих проблема с еутрофикацијом и велике количине нитрата у води за пиће. Осим тога, може оштетити корисне микроорганизме у тлу, успоравајући биолошку активност. Амонијак и остала азотова једињења узрокују нежељено обogaћивање земљишта што доводи до пада биоразноликости шума и високовредних природних пашњака.

Посебан извор дифузног загађења представља градски муљ, крајњи производ обраде отпадних вода. Може бити загађен целим низом загађивача, као што су тешки метали и слабо биоразградиви органски спојеви, што за резултат може имати повећање концентрације тих спојева у тлу, што представља ризик за микроорганизме, биљке, животиње и људе. Потенцијални патогени организми попут вируса и бактерија такође су присутни. Међутим, градски муљ садржи органску твар и хранљиве твари као што су азот, фосфор и калијум, који имају велику вредност за земљиште и укључују могућност употребе на пољопривредном земљишту.

На рудницима, постројењима за припрему минералних сировина, рециклажу, термоелектранама на угаљ, металуршким постројењима и другим постројењима тзв. прљаве индустрије срећу се оба типа загађења. Ако се врши испуштање технолошке отпадне воде или воде за хлађење из самих постројења то се, по правилу, ради о тачкастом загађењу. Међутим, са депонија које се технолошки неизоставно јављају уз ова постројења срећу се оба типа загађења. Преливна избис-

трена вода и вода коју захвати дренажни систем обично се издвајају на једном или неколико познатих места кроз цевоводе. С друге стране, процедурне воде, инфилтрационе воде и сливне воде са спољних косина насила неконтролисано одлазе са депонија/јаловишта уз изражено просторно распрострањење. Процедурне воде зависе од технолошког процеса и стања депоније, инфилтрационе нису директно условљене атмосферским приликама али зависе од нивоа подземних вода док су сливне воде директна последица падавина и топљења снега. Узорковање и мерење количина и квалитета ових вода обично технички није изводљиво. Код ваздуха тачкасти извори загађења су димњаци термоелектрана и металуршких постројења, односно сви испусти система за проветравање или пречишћавање ваздуха. Дифузно загађење је карактеристика отворених површинских копова око којих се концентрично или у зависности од смера струјања ветра шири загађење. Слични ефекти се запажају и са депонија отпадног материјала.

Позната је подела према **карактеризацији емитера** на [LaGrega, 2001]: **тачкасте, линијске, просторне, волуметријске** и **тренутне**. **Тачкасти** извори су прецизно лоцирани извори који емитују загађујуће материје у континуитету. **Линијски, просторни** и **волуметријски** се сматрају несталним емитерима и спадају у групу дифузних извора загађења. Наведени извори могу бити илустровани кроз следеће примере:

- **Тачкасти** (изражавају се у kg/h) - димњак спалионица отпада, гасни вентили на комуналним депонијама;
- **Линијски** (изражавају се у kg/m) - прашина са ауто-путева, различите емисије гасова из возила на путевима;
- **Просторни** (kg/m^2) - емисије волатилних (испарљивих) материја из лагуна;
- **Волуметријски** (kg/m^3) - емисије волатилна или суспендованих честица из зграда са отвореним прозорима;
- **Тренутни** (изражавају се као укупна количина истицаја/просипања) - емисије волатилних (испарљивих) материја приликом акциденталних просипања.

2. УЗОРКОВАЊЕ

Шта можете сазнати и научити читајући ово поглавље:

- шта је узорковање, популација и узорак
- врсте узорака
- врсте грешака мерења
- о плану узорковања и одређивању минималног броја узорака
- врсте техника узорковања
- општа правила поступања са узетим узорцима

2.1. Опште о узорковању, популацији, узорку

Узорковање (воде, седимената, ваздуха, тла...) је од круцијалне важности за праћење, процену и/или оцену стања животне средине. Обавља се по унапред стандардизованим, технички уобичајеним или договореним правилима која обезбеђују репрезентативност.

У статистичком смислу, узорковање је метод прикупљања информација о целој популацији без испитивања сваког члана популације.

Теорија узорковања проучава однос неке популације и узорка извученог из ње. Такве информације се затим користе за процену параметара попут аритметичке средине и стандардне девијације [Кирин, -].



Слика 2.1. Однос популације и узорка

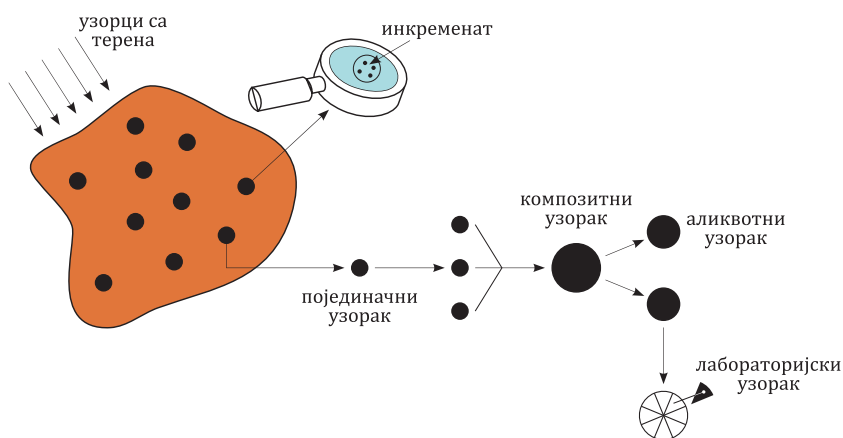
Популација (основни скуп, медијум) представља скуп свих јединица (елемената, чланова) с одређеним заједничким карактеристикама.

Популација може бити **коначна** и **бесконачна**. Коначна популација може бити пребројива и небројива [Кирин, -].

Узорак је подскуп основног скупа и он треба да буде репрезентативан [Жижих и др., 2007].

Врсте узорака су [Dragičević, 2006]:

1. **Инкремент** (енг. *Increment*) је количина материјала који се узоркује узет у једном "потезу" [СРПС, 2009].
2. **Појединачни (примарни) узорак**. То је узорак узет са једног места (тачке) узорковања. Најчешће се састоји од више инкремената, поготову када се узоркује нека одређена количина материјала која се због ограничених капацитета узоркивача не може одједном узети. Ипак, није реткост да инкремент буде једнак појединачном узорку.
3. **Композитни (здружени) узорак**. Он може бити сачињен од више појединачних (примарних) узорака узетих са различитих тачака узорковања, при чему се врши њихово мешање, уједначавање. Композитни узорак се може по потреби поделити на два узорка који се називају аликвотни узорци [Костић, 2007].
4. **Узорак са терена**. Узорак који је узоркован на терену и који тек треба да се обради и скрати за потребе даљих анализа. Може бити појединачни или композитни узорак.
5. **Лабораторијски узорак**. Користи се за хемијске, биолошке и физичке анализе и добија се непосредно из примарног узорка или смањењем композитног узорка.



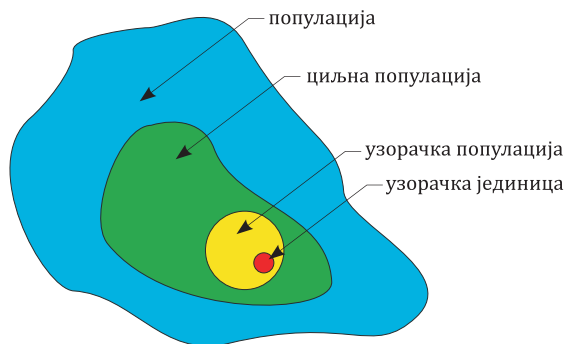
Слика 2.2. Врсте узорака

Појединачни узорци су погодни за утврђивање расподеле и концентрације полутаната док су композитни погоднији за утврђивање укупног квалитета медијума који се испитује [Dragičević, 2006].

Потпуну информацију о карактеристикама популације [медијума] даје само **статистички попис**. Међутим, попис изискује много времена и ствара високе трошкове, посебно када је основни скуп велики. Осим тога, попис не може се спровести када је скуп неограничен (бесконачан), због тога се попис замењује другом методом за испитивање основног скупа (медијума). Та метода се назива **метода узорка**. Поред тога што је ефикаснија и економичнија од пописа, метода узорка може да обезбеди и бољи квалитет прикупљених података [Жижић и др., 2007].

У пракси, то значи да се из узетих узорака ваздуха може закључити о концентрацији $PM_{2.5}$ у ваздуху изнад Београда, иако није анализиран сваки "делић" ваздуха.

Циљна популација је скуп свих јединица које су предмет испитивања и то је заправо популација на основу које се доносе закључци. **Узорачка популација** је део циљне популације и она представља скуп јединица које су доступне за узорковање (слика 2.3). *На пример, циљна популација може бити земља у неком дворишту, а узорачка популација могу бити делови те дворишне земље који нису прекривени вегетацијом. У идеалном случају, циљна и узорачка популација су исто. Ако нису, изведени закључци треба да оправдају да су подаци мерења узорачке популације довољни да би се закључивало о циљној популацији.*



Слика 2.3. Илустрација повезаности циљне и узорачке популације

Узорачка јединица је део популације која се узоркује [U.S. EPA, 2002]. Оне чине циљну и узорачку популацију и могу бити дефинисане на много начина у зависности од циљева испитивања, трошкова, прописаних стандарда, врста мерења итд. Узорачке јединице су, на пример [Gilbert, 1987]:

- 10 g земље узетих из насуте гомиле са неког загађеног подручја, који се даље уситњавају, суше и спремају за хемијску анализу;
- Филтери ваздуха који се даље шаљу на хемијску анализу;
- Вегетативни слој са земљишта површине 2 m², који је осушен и уситњен за анализу.

Узорак је скуп неких од ових јединица. **Потпора узорка** представља део узорачке јединице, која је предмет испитивања. *На пример, ако је узорачка јединица дрво, потпора узорка би било језгро стабла, или ако је јединица 10 kg земље, потпора је 1 грам земље који је издвојен из тих 10 килограма после адекватне хомогенизације.*

У једном језеру врши се испитивање биолошких параметара воде. Циљна популација је вода која је ограђена бовама до којих се крећу пливачи. Узорачка популација је вода из тог простора од 11 до 17 h када су пливачи најактивнији, на дубини од око 15 cm од површине. Узорак се састоји од 3 l воде (узорачких јединица) узет са одређених места у дефинисаном делу језера. У овом случају, потпора узорка је једнака јединици узорковања. Техника узорковања такође одређује места узорковања, која су овом случају изабрана насумично - једноставно случајно узорковање.

"Врућа тачка" је место у медијуму где је загађење изразито веће него у њеној околини [NSW, 1995].

Врло је битно утврдити **идејни модел** потенцијалне опасности. Идејни модел идентификује потенцијални извор загађења, дефинише површину области која би могла бити загађена, идентификује све битне медијуме у околини који би могли бити угрожени као и проходне путеве до њих [U.S. EPA, 2002].

Адекватно одабрана техника узорковања има главну улогу у процени да ли су прикупљене информације довољне да би се извели потребни закључци. Закључак треба да буде заснован на тачним информацијама.

Да би се прибавиле тачне информације о степену загађења околине, треба узети у обзир следеће [U.S. EPA, 2002]:

- **прецизност и педантност** при прикупљању узорака и руковању с њима,
- утицај **грешке мерења**,
- квалитет и прецизност **лабораторијских анализа**,
- **репрезентативност** узорака.

Ризик да се донесе погрешна одлука, зависи од два фактора [Костић, 2007]:

- **квантитета**, и
- **квалитета** података.



Слика 2.4. Повећање броја података и побољшање њиховог квалитета

На слици 2.4 се види да се ризик смањује са повећањем броја података и побољшањем њиховог квалитета. Тај однос није линеаран и у једном тренутку то смањење ризика постаје незнатно, па свако побољшање квалитета и квантитета података не би било економски оправдано. Треба подвући да оба фактора треба посматрати заједно, као један јединствен фактор. Ово значи да се ризик не би смањило повећањем броја података лошег квалитета или повећањем квалитета недовољном броју података.

Да би се обезбедио квалитет добијених података треба, при прављењу плана за узимање узорака и анализу узорака, размотрити све елементи који обезбеђују да се избегну грешке, као што су грешке при узимању и чувању узетих узорака. Ови елементи се специфицирају у упутству за осигурање квалитета и упутству за контролу квалитета који се, обично, сажму у заједничко упутство [Костић, 2007].

2.2. Грешке узорковања

Приликом било каквог рада могуће је направити грешку. Да би се та грешка дефинисала треба препознати њену природу или тип и величину.

Грешка је мера одступања измерене вредности од праве вредности. По природи она може бити **апсолутна** и **релативна**. Према свом типу **систематска** и **случајна**. Такође, постоје и **грешке узорковања** које по типу могу бити систематске или случајне, или комбинација ове две грешке.

Апсолутна грешка је бројна вредности, у исто време физичка величина, која описује разлику између праве и измерене вредности изражена у јединицама у којима је изражена и мерена вредност [Гржетић, -].

Пример: Ако је стварни садржај сребра у некој руди 80 g/t, а измерена вредност у узетом узорку 70 g/t у руди, тада је апсолутна грешка 10 g/t.

Релативна грешка је бројна вредност која се исказује као удео апсолутне грешке у величини стварне вредности или средње вредности више мерења. Не изражава се у јединицама у којима су вршена мерења већ у процентима [Гржетић, -].

Из претходног примера релативна грешка може да се израчуна по формули:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{10 \frac{\text{g}}{\text{t}}}{80 \frac{\text{g}}{\text{t}}} \cdot 100 = 12,5\%$$

Систематска грешка је специфичан тип грешке који се може утврдити, а који систематски мења вредност одређену мерену вредност. Има увек исти знак и величину. Врло је битно препознати је да би се сваки добијени резултат могао прерачунати [Гржетић, -].

Типичан пример су ваге за које је познато да у старту додају или одузимају килограме при мерењу.

Случајне грешке су грешке које су могуће при сваком раду. Код ових грешака не може се установити проблем нити предзнак у ком ће се развијати. Упркос тој чињеници, случајне грешке се врло добро уклапају у статистичка правила. Њихова величина се умањује са повећањем бројем мерења [Гржетић, -].

Грешке узорковања могу бити статистичке и физичке.

Статистичка грешка узорковања, или краће грешка узорковања се јавља као последица тога што се само један део популације узоркује. Услед тога, израчунати параметар ће се нужно разликовати од праве вредности параметра популације. Управо та разлика је грешка узорковања. Ова грешка може бити систематска или случајна, или комбинација те две, у зависности од примењене технике узорковања [СРПС, 2009].

Поред статистичке грешке узорковања која настаје као неизбежна последица насумичног избора узорка, сама активност узорковања може проузроковати додатну грешку. Та грешка се зове **физичка грешка** узорковања и може се јавити у форми систематске или случајне грешке, или као комбинација те две. Како би се умањио овај тип грешке потребно је користити одговарајућу опрему за узорковање и употребљавати је према упутствима [СРПС, 2009].

2.3. Репрезентативни узорак

У природи се не могу увек наћи јасно дефинисане јединке. Иако је, на пример, шума сачињена од јасно уочљивих јединки (дрвећа), за језеро се то не може рећи. Језеро, заправо, представља континуум јединица воде које немају почетак, нити крај. У сваком случају, све јединице у природи заузимају одређену запремину, у времену и простору. У сваком медијуму се може дефинисати узорачка јединица уз помоћ неке радне јединице попут, на пример, литра или килограма. Због специфичности сваке врсте медијума (земљишта, воде и ваздуха) и њихових јасних разлика не постоји јединствена дефиниција за репрезентативни узорак. Заправо, сваки скуп, свака популација има своју дефиницију репрезентативног узорка [Artiola et al., 2004].

Међутим, уколико би се захтевала нека једноставна, општа дефиниција, најадекватнија би била следећа: репрезентативан је онај узорак који у потпуности представља изворну популацију (медијум), у погледу њених физичких, механичких, хемијских, биолошких и других карактеристика.

2.4. План узорковања

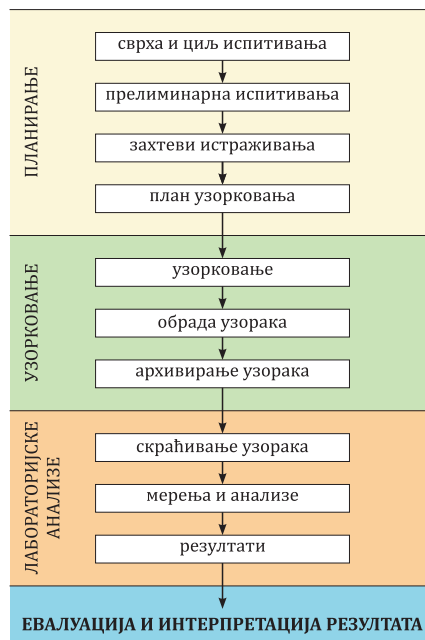
Дефинисање плана узорковања је једна од најбитнијих ставки у тестирању која гарантује успешно анализирање и тачне резултате. План узорковања је тачно дефинисана процедура за одабирање, чување, транспортовање и припрему узорака који ће се узорковати из неке популације [СРПС, 2009].

Према српском стандарду за узорковање отпада [СРПС, 2009] тачни кораци у дефинисању **плана узорковања** су следећи:

- **Утврђивање предмета испитивања**
- **Дефинисање техничких аспеката** [Костић, 2007]
 - ♦ Дефинисање популације која ће се узорковати - медијуме из којих треба узети узорке (површинска вода, подземна вода, земља, седимент, ваздух, резервоари, реактори, цевоводи, бурад итд.),
 - ♦ Оцена варијабилности,
 - ♦ Одабир приступа узорковања (пробабилистичко или непробабилистичко узорковање),
 - ♦ Утврђивање размере узорка,
 - ♦ Одабир одговарајућег статистичког параметра који ће се одређивати,
 - ♦ Одабир одговарајућег нивоа поверења,
- **Дефинисање практичних аспеката**
 - ♦ Одабир технике узорковања,
 - ♦ Дефинисање величине/количине инкремента/узорка,
 - ♦ Опредељивање за појединачни или композитни узорак,
 - ♦ Дефинисање оптималног броја узорка,
- **Дефинисање плана узорковања** (мисли се на коначну усвојену верзију плана и његову примену)

Наравно, план узорковања може варирати од популације до популације и прилагођава се датим условима, као и одобреном буџету.

Како све то интегрисано у целокупан процес неког истраживања изгледа, приказано је на слици 2.5.



Слика 2.5. Хијерархија поступака у процесу истраживања

У вези са бројем узорака треба узети у обзир следеће факторе [Мацановић, 2009]:

- **Варијабилност популације** - што је популација хомогенија, то је потребно изабрати мањи узорак да се достигне прецизност одређеног параметра,
- **Врста технике узорковања** - предност имају технике које дају не само тражену прецизност, већ и омогућавају ниже трошкове,
- **Ограничена финансијска средства** – сва истраживања се спроводе под одређеним финансијским ограничењима, која утичу на величину и врсту узорка и начин прикупљања података,
- **Захтев за прецизношћу** - ако су сви услови једнаки, већа прецизност постиже се у зависности од методе оцене траженог параметра популације, а тада прецизност расте са повећањем узорка,
- **Реткост/учесталост појаве** - ако је већа фреквентност појављивања неког обележја у популацији, то је потребна мања величина узорка и обрнуто.

У сваком случају, узорак треба да буде довољно велик како би се умањиле све грешке узроковане фундаменталном варијабилношћу материјала који се узоркује [СРПС, 2009].

2.4.1. Одређивање минималног броја узорака воде

Број узорака потребних за испитивање вода или отпадних вода се одређује након прикупљања неких почетних података о концентрацији и варијанси концентрације параметара од интереса. Ови подаци се могу и претпоставити (проценити), међутим, процена би умањила веродостојност резултата. Користе се две технике у одређивању броја узорака воде, једна се базира на ограниченој стандардној девијацији а друга на прецизности аритметичке вредности узорака. Свака ће дати потребни број узорака, при чему се увек бира већи број узорака [U.S. EPA, 1982].

1. Одређивање броја узорака при ограниченој стандардној девијацији

Да би се применио овај начин, потребни су следећи подаци [U.S. EPA, 1982]:

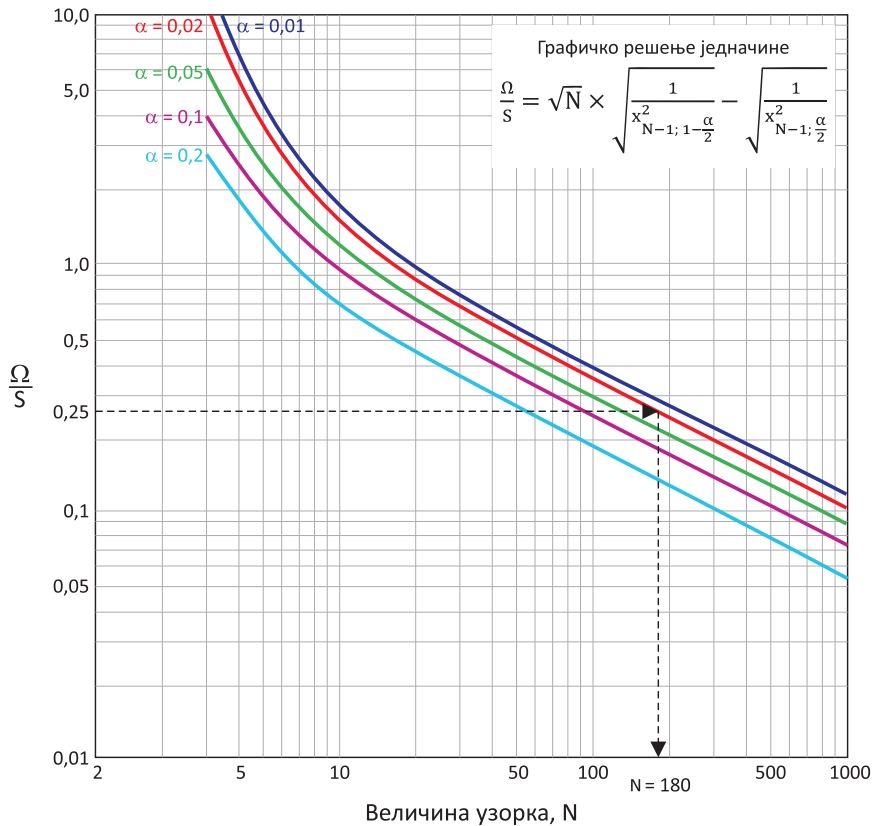
- Дозвољена грешка стандардне девијације Ω/Sx
- Захтевани ниво поверења $(1-\alpha)$

Стога, у овим ситуацијама, процењује се да ће се вредност одређене варијабле појавити у одређеном интервалу. Узета је у обзир нормална расподела података.

Пример [U.S. EPA, 1982]: Одредити број узорака потребних за мониторинг отпадних вода при чему је процењена стандардна девијација 25% ($x \pm 12,5\%$) од њене стварне вредности, при нивоу поверења од 98%.

Тада је: $\alpha = 0,98 = 0,02$ и $\Omega/Sx = 0,25$.

Према слици 2.6, вредност $\Omega/Sx = 0,25$ се читава на у-оси, повлачи се хоризонтална линија и тамо где она пресече криву $\alpha=0,02$, на х-осу се спусти нормална линија и чита тражени прој узорака, што је у овом случају 180.



Слика 2.6. Одређивање минималног броја узорака воде на основу захтеване прецизности

2. Одређивање броја узорака при ограничењу средње аритметичке вредности

Да би се овај начин применио, потребни су следећи подаци [U.S. EPA, 1982]:

- Захтевани ниво поверења $(1-\alpha)$
- Коефицијент варијације $CV = \frac{S_x}{\bar{X}}$
- Захтевана прецизност аритметичке вредности узорака

Препоручује се метода итерације, поготову кад је добијени број узорака мали ($N < 30$). При овом прорачуну, разматра се нормална расподела података.

При првој итерацији користи се формула:

$$N' = \left(\frac{CV \cdot Z_{\frac{\alpha}{2}}}{\frac{D}{100}} \right)^2$$

где је: D - дозвољено одступање од аритметичке средине узорка, изражено као удео стварне средине

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$ - се одређује из табеле 2.1

За другу итерацију се користи формула:

$$N = \left(\frac{CV \cdot t_{\frac{\alpha}{2}; N'-1}}{\frac{D}{100}} \right)^2$$

при чему се $t_{\frac{\alpha}{2}; N'-1}$ одређује из табеле 2.2.

Пример [U.S. EPA, 1982]: На месту изливања отпадне воде са просечном дневном концентрацијом БПК од 120 mg/l и стандардном девијацијом од 32 mg/l, потребно је одредити број узорака које би требало узорковати сваког дана са прецизношћу од 5% од дневних просека.

$D = 5$; $\bar{X} = 120$; $S_x = 32$

$$CV = \frac{S_x}{\bar{X}} = \frac{32}{120} = 0,27$$

Ако је $\alpha = 0,05$ (ниво поверења је 95%), онда је $Z_{\frac{\alpha}{2}} = Z_{0,025}$ из табеле 2.1 - 1,96.

Корак 1.

$$N = \left(\frac{0,27 \cdot 1,96}{\frac{5}{100}} \right)^2 = 112,02 \approx 113 \text{ узорака}$$

Корак 2.

Ако је $N' = 113$, онда је $t_{\frac{\alpha}{2}; N'-1} = t_{0,025; 112}$ из табеле 2.2 апроксимативно 1,983

(користећи линеарну интерполацију), па је:

$$N = \left(\frac{0,27 \cdot 1,983}{\frac{5}{100}} \right)^2 = 114,5 \approx 115 \text{ узорака}$$

Уколико су као критеријуми код оба начина коришћена стандардна девијација и аритметичка средина, бира се већа вредност N . У датим примерима, $N = 180$ са ограничењем стандардне девијације, и $N = 115$ са ограничењем аритметичке средине, па се бира 180 узорака које би требало узорковати на дневном нивоу.

Табела 2.1. Стандардизован нормалан распоред-функција распореда

z_α	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,1	0,4502	0,4562	0,4522	0,4493	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4268	0,4247
0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1763	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1492	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1271	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1075	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0901	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0749	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
1,5	0,0668	0,0665	0,0643	0,0618	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
1,6	0,0584	0,0537	0,0526	0,0505	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0409	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
1,8	0,0359	0,0351	0,0344	0,0329	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0262	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233

Табела 2.2. Критичне вредности студентовог t -распоред

$\alpha \rightarrow$	00,10	0,05	0,025	0,01	0,005
N'-1 ↓					
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878

$\alpha \rightarrow$	00,10	0,05	0,025	0,01	0,005
N'-1 ↓					
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
...			1,983		
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Вредност 1,983 је добијена методом интерполације на бази $N'-1=112$.

2.4.2. Одређивање минималног броја и трајања интервала узорковања ваздуха

Број и трајање интервала узорковања ваздуха треба да буду довољни да се добију релевантни подаци о ваздуху који су подобни за статистичку обраду. Према NAAQS (*National Ambient Air Quality Standards*) годишњи ниво неког параметра треба да се израчуна на основу укупно **104 мерења вршена два пута недељно у трајању од 24 h** [NAAQS, 2011].

Загађивачи варирају на дневном и сезонском нивоу и ове варијације такође треба узети у обзир приликом одређивања учесталости узорковања. Тражена прецизност је исто тако битна. Узорковање треба бити учесталије од степена варирања загађујућих материја.

Ниво РМ честица је нижи током кишовитих дана услед њиховог "спирања". Загађивачи попут СО су заступљенији током зимских месеци. Стога мерења треба вршити током свих годишњих доба да би добијени годишњи просек био репрезентативан [Bhawan, Nagar, 2003]

2.4.3. Одређивање минималног броја узорака земљишта

Код узорковања земље, разликује се одређивање броја узорака за запремину мању и већу од 200 m³. У табелама 2.3 и 2.4 дат је предложени број узорака на бази минимална 3 узорка, у зависности да ли се узоркује на терену (in-situ) или из неке насуте гомиле [EPA, 2009].

Табела 2.3. Минималан број узорака земљишта

in-situ узорковање		из насуте гомиле	
Запремина земљишта, m ³	Број узорака	Запремина земљишта, m ³	Број узорака
25 или <25	3	25 или <25	3
26-50	3	26-50	3
51-75	4	51-75	3
76-100	5	76-100	4
101-125	7	101-125	5
126-150	8	126-150	6
151-175	9	151-175	7
176-200	10	176-200	8
>200	1:25	>200	1:25

Када је запремина земљишта већа од 200 m³ постоје две опције [EPA, 2009]:

1. опција: Узорци могу бити узорковани тако да један узорак репрезентује 25 m³.
2. опција: Стопа узорковања се може смањити на бази нивоа поверења од 95%.

Одговарајућа стопа узорковања на бази нивоа поверења од 95% може варирати од случаја до случаја услед различитог степена хомогености земљишта. У табели 2.4 дат је предложени број узорака по овом критеријуму за запремине земљишта веће

од 200 m³. Треба обратити пажњу на то да су ове препоруке базиране на минималном броју узорака, и да ход хетерогенијих земљишта овај број треба повећати.

Табела 2.4. Минималан броја узорака земљишта запремине веће од 200 m³ на бази нивоа поверења од 95%

Запремина земљишта, m ³	Број узорака на бази размере 1:25 m ³	Минимални број узорака на бази интервала поверења од 95%
300	12	10
400	16	10
500	20	10
600	24	10
700	28	10
800	32	10
900	36	10
1000	40	10
1500	60	10
2000	80	10
2500	100	10
3000	120	12 (1:250)
4000	160	16 (1:250)
4500	180	18 (1:250)
5000	200	20 (1:250)
>5000	1:25	1:250

Из табеле 2.4 се може видети да се код запремина већих од 2500 m³ предлажу узорци који репрезентују запремину од 250 m³.

У ЕУ се предлаже да минимални број композитних узорака за површину испод 5 хектара буде 3, од 5 ha - 4, од 10 до 55 ha - 5, а преко 25 ha - 6 [Stolbovoy et al., 2007].

2.4.4. Одређивање минималног броја узорака чврстог отпада

Минималан број узорака чврстог отпада зависи од [SWA, 2004]:

1. жељене прецизности резултата (изражене преко максимално дозвољене случајне грешке ε)
2. жељеног нивоа поверења (израженог преко коефицијента поверења (z-вредности) t-расподеле ($t_{\alpha;n-1}$))
3. варијансе популације (израженог преко коефицијента варијације CV)
4. стопе узорковања f (односа броја узетих узорака и узорковане популације)

Потребан број узорака рачуна се помоћу формуле [SWA, 2004]:

$$n = \left(\frac{t_{\alpha;n-1} \cdot CV}{\varepsilon} \right)^2 \text{ за } f < 0,05$$

где је: ε - максимално дозвољена случајна грешка

CV - коефицијент варијације отпада

$t_{\alpha;n-1}$ - коефицијент поверења t-расподеле (табела 2.2.)

f - дата стопа узорковања

Док се жељена прецизност резултата и ниво поверења резултата могу претпо-ставити, варијанса представља неку врсту "природне константе" која се одређује прелиминарним испитивањима или усвоја из неких ранијих сличних испитивања.

Број узорака чврстог отпада се може лако одредити и помоћу табеле 2.5. У њој су да-ти минимални бројеви узорака у зависности од природног коефицијента варијаци-је и прецизности резултата (максимално дозвољене случајне грешке) [SWA, 2004].

Табела 2.5. Одређивање минималног броја узорака чврстог отпада (на бази нивоа поверења од 95%)

Коефицијент варијације (CV), %	Неопходан број узорака n (са нивоом поверења од 95%)					
	Максимално дозвољена случајна грешка (%)					
	2,5%	5%	10%	15%	20%	30%
15	138	35	9	4	2	1
20	246	61	15	7	4	2
25	384	96	24	11	6	3
30	553	138	35	15	9	4
35	753	188	47	21	12	5
40	983	246	61	27	15	7
45	1245	311	78	35	19	9
50	1537	384	96	43	24	11
55	1859	465	116	52	29	13
60	2213	553	138	61	35	15
70	3012	753	188	84	47	21
80	3934	983	246	109	61	27
90	4979	1245	311	138	78	35
100	6147	1537	384	171	96	43

Уколико је стопа узорковања f јако мала, односно, уколико је популација јако велика у односу на број узорака који се из ње узоркује, потребан број узорака тада нарочито зависи од тзв. природног коефицијента варијације.

Пример: Коефицијент варијације неког отпада на депонији је 15%. Максимално дозвољена случајна грешка је $\pm 10\%$. За задати ниво поверења од 95%, стопу узорковања $f < 0,05$ потребан број узорака отпада се може израчунати као:

$$n = \left(\frac{t_{\alpha;n-1} \cdot CV}{\varepsilon} \right)^2 = \left(\frac{t_{0,05;\infty} \cdot 0,15}{0,1} \right)^2 = \left(\frac{1,96 \cdot 0,15}{0,1} \right)^2 = 8,64 \approx 9 \text{ узорака}$$

2.4.5. Минимална количина узорка

Течности. Минимална количина течног узорка нема неке специјалне одредбе, првенствено из разлога што се разлике у течном отпаду испољавају тек на молекуларном нивоу. Када се узоркује композитни узорак, величина узорка је условљена бројем подзорака и њиховом величином, а величина подзорака је опет условљена капацитетом узоркивача [СРПС, 2009].

Муљевити и прашкасти материјали. Прашкови и муљеви су заправо чврсти материјали са веома малим честицама, с тим што муљеви садрже и одређену количину течности. Уколико уређај за узорковање омогућава узорковање материјала било ког агрегатног стања, онда не постоје никакви посебни захтеви у вези са минималном количином узорка. Разлике између тих честица не могу имати велики утицај на карактеристике самог узорка, што у пракси значи да ће узети узорак бити увек довољно велики јер се састоји од великог броја честица па је количина узетог узорка условљена искључиво захтевима лабораторијских анализа [СРПС, 2009].

Честични/зрнасти материјали. Код оваквог врста отпада треба узети у обзир минималну количину узорка. Као прво, улазни део уређаја за узорковање мора бити довољно велики да омогући улазак свих честица отпада. У пракси ово значи да отвор на сваком узоркивачу треба да буде три пута већи од пречника највеће честице у материјалу који се узоркује. Код тродимензионалног узоркивача захтева се да запремина узетог узорка буде $(3d)^3 = 27d^3$. Из практичних разлога, пречник највећих честица треба заменити пречником који представља горњу граничну крупноћу¹ (d_{95}). С обзиром на то да за разлику од прашкастог материјала, честице зрнастог материјала могу имати утицај на карактеристике укупног узорка, минимална величина узорка треба да буде довољно велика да компензује разлике међу зрнима и њихов међусобни утицај. Ова чињеница долази до изражаја када се на пример загађујућа материја налази у врло малом проценту у материјалу, а циљ је да се првенствено тај проценат тачно одреди, односно, када је циљ да се открије "врућа тачка" [СРПС, 2009].

Ваздух је стишљив флуид, те код узорковања ваздуха не постоје никаква ограничења.

2.5. Критеријуми за одабир технике узорковања

Постоји **4 критеријума** на која се треба осврнути приликом одабира адекватне технике узорковања [Gilbert, 1987]:

1. Циљ узорковања,
2. Исплативост технике узорковања,
3. Расподела загађујућих материја,
4. Практична разматрања попут доступности подручја која се узоркују, поузданости опреме за узорковање, правне клаузуле итд.

1) Горња гранична крупноћа (ггк) узорка представља величину отвора сита на којем остаје 5 % или кроз коју пролази 95 % просејане масе.

2.5.1. Циљ узорковања

Дефинисање циља увек треба бити први корак у одабиру одговарајуће технике узорковања, јер утиче на број и тип узорака, место узорковања и сл. Најчешћи циљеви узорковања су [NSW, 1995]:

- Да се прикупе подаци о загађењу, попут оних који се тичу локације, природе и обима загађења, нпр. карактеризација загађења;
- Да се укључе статистичке методе у оцени загађења, нпр. оцена просечних, укупних вредности загађења, расподеле, трендови и слично, помоћу методе узорка.

2.5.2. Исплативост

Када се бира техника узорковања на бази исплативости, то може значити да се изабере техника са минималним трошковима, или да трошкови буду усаглашени са расположивим буџетом. С обзиром да је увек новац ограничавајући фактор врло је битно дефинисати буџет којим се располаже пре узорковању и на бази њега одабрати технику која неће прекорачити дозвољене трошкове [Gilbert, 1987].

Постоје различите статистичке процедуре за одређивање загађења медијума као што је одређивање процента медијума које се може сматрати незагађено, одређивање просечних вредности концентрација полутаната, утврђивање да ли постоје "врхове тачке" које су веће од критичних величина и ако јесу, утврђивање њихове локације итд. Свака од ових метода може захтевати различите величине узорака, на шта истраживачи треба да обрате пажњу приликом дефинисања буџета. На пример, око 10, а некад и мање узорака је потребно да се утврди да ли је просечна концентрација загађујућих материја нижа од граничних вредности. Међутим, најмање 59 узорака је потребно да се утврди да ли 95 % медијума има заступљене концентрације полутаната у оквиру дозвољених. Стога је потребно усагласити захтеве узорковања са критеријумом исплативости, пре него што се одабере адекватна техника [NSW, 1995].

2.5.3. Расподела полутаната

Варирање у концентрацији загађивача широм подручја које се испитује значи да се индивидуалне анализе не могу користити како би се одредила расподела. Уколико се добијене концентрације графички представе у функцији граничних вредности, добијена крива (или хистограм) представља расподелу загађивача на том подручју. Ако се простор испод криве расподеле посматра као целина, одсечак испод криве се може посматрати као подручје чије се загађење може читати са х-осе, тамо где су 2 краја криве. Када се неко подручје оцењује као "загађено" или "незагађено", истраживачи треба да упореде добијене вредности са граничним вредностима. Други начин да се утврди расподела загађивача је одређивањем средње аритметичке вредности концентрације загађивача - начин који захтева више узорака. То такође омогућава истраживачима да врше компарације, као нпр. просечна концентрација загађивача према граничним вредностима загађивача [NSW, 1995].

Већина загађења у животној средини нема симетричну, Гаусову нормалну, расподелу. Када нема нормалне расподеле, класичне статистичке методе нису релевантне, те се препоручује примена непараметарских статистичких метода. Тада се могу применити неке друге, асиметричне статистичке расподеле, као нпр. логнормална [Gilbert, 1987]. Поред ове две најчешће расподеле, загађујуће материје у животној средини могу имати и Вејбулову, Гама и Бета расподелу.

При одабиру технике, првенствено се обазиремо на прва 3 критеријума. Нестатистички фактори попут оних који су наведени у 4. критеријуму, могу имати знатан утицај на одабир технике, али нису у домену науке већ субјективне процене [Gilbert, 1987].

2.6. Технике узорковања

Узорковање може бити:

- пробабилистичко, и
- непробабилистичко

Пробабилистичко узорковање (узорковање на бази вероватноће) подразумева то да све узорачке јединице имају познату вероватноћу узорковања, тачније имају једнаку шансу да уђу у узорак. То значи да се може вршити статистичко закључивање на основу добијених података [U.S. EPA, 2002].

Статистичко закључивање представља поступак доношења закључака о вредностима параметара основног скупа на основу информација добијених из узорка. Састоји се од статистичког оцењивања и тестирања статистичких хипотеза [Жижић и др., 2007].

Непробабилистичке узорковање (узорковање које није засновано на вероватноћи) подразумева узорковање на бази знања и научних ставова истраживача. Заправо, непробабилистичко узорковање може бити делимично пробабилистичко, или без икакве употребе статистике [СРПС, 2009].

У табели 2.6 приказано је поређење ова два типа узорковања.

Табела 2.6. Поређење техника узорковања

	Пробабилистичке	Непробабилистичке
Предности	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Могућа процена нивоа поверења ♦ Дају резултате у складу са нивоом поверења ♦ Могућа процена статистичких параметара 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Мањи трошкови узорковања ♦ Уштеда времена ♦ Врло су једноставне и лако примењиве поготову код популација хомогеног састава
Мане	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Успешност узорковања зависи од адекватно одабраног идејног модела ♦ Могу се јавити потешкоће око узорковања на местима која нису приступачна 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Недостаје им објективност ♦ Зависе од искуства и знања истраживача ♦ Узорци често нису поуздани

Када се узоркује на основу сопствених процена (непробабилистичко узорковање) закључци се искључиво доносе на бази експертских знања. Продуктивност и корисност оваквог узорковања зависе од циљева испитивања, обима испитивања као и од релевантности стручних ставова. Такође, код овог типа узорковања, квантитативна испитивања нивоа поверења оцене (нпр. интервала поверења) се не могу извести [U.S. EPA, 2002].

Постоји шест техника узорковања:

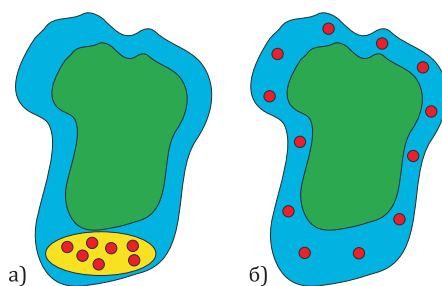
1. експертско узорковање,
2. једноствано случајно узорковање,
3. стратиграфско случајно узорковање,
4. систематско/мрежно узорковање,
5. узорковање скупа ранжираних јединица,
6. кластер узорковање.

2.6.1. Експертско узорковање

Експертско узорковање је непробабилистичка техника узорковања која може обухватати широк избор образаца узорковања који се заправо разликују од чињенице колико ће одступати од чисте пробабилистичке технике узорковања [СРПС, 2009]. Заснива се на знању и искуству лица које врше узорковање (експерата).

Пример: На слици 2.7 дат је пример експертског узорковања које је делимично пробабилистичко. Узоркован је део медијума за који се сматра да је загађен и то систематски, по одређеном распореду.

Са друге стране, на слици десно дат је пример чистог непробабилистичког, експертског узорковања, без икаквог правила узорковања.



Слика 2.7. Пример делимично пробабилистичког (а) и непробабилистичког (б) узорковања

Код испитивања загађења животне средине, експертско узорковање је применљиво:

- када се испитују загађења малих размера,
- када се прикупља мали број узорка за анализу,

- када постоје поуздане и истините информације о врсти загађења на датом подручју,
- када план испитивања искључује могућност примене техника са статистичком подлогом.

Ова техника узорковања је применљива у многим рутинским, брзим испитивањима животне средине, као што су то на пример Браунфилд (*Brownfield*) испитивања [U.S. EPA, 2002].

Термин Браунфилд представља површине и објекте у урбанизованим подручјима који су изгубили свој првобитни начин коришћења или се врло мало користе. Често имају еколошка оптерећења и негативно утичу на животну средину.

Предности:

- Ова техника узорковања изискује мали утрошак времена и новца с обзиром да се прикупља мали број узорака;
- Једноставна примена;
- Резултати који се добијају овом техником су једноставни за тумачење;

Мане:

- Најосетљивија техника узорковања на систематске грешке [Dragičević, 2006];
- Ово је субјективна техника узорковања јер се приликом одабира места узорковања у потпуности ослања на стручност и искуство лица која врше узорковање (експерата);
- Код ове технике постоји велика шанса да је претпостављени распоред загађења нетачан и стога да узети узорци нису репрезентативни [Dragičević, 2006];

Пожељно је користити експертско узорковање у комбинацији са осталим техникама како би се извели што бољи закључци [U.S. EPA, 2002].

2.6.2. Једноставно случајно узорковање

Једноставно случајно узорковање је најједноставнија техника и представља основу свих осталих пробабилистичких техника узорковања [Gilbert, 1987].

Код ове технике узорковања, узорачке јединице се бирају случајно и свака јединица има подједнаку (малу) вероватноћу да буде изабрана. Главни предуслов који се мора испунити да би се једноставно случајно узорковање уопште могло применити, јесте да популација која се узоркује **буде коначна и пребројива**.

Међутим, ова техника узорковања не гарантује да ће узети узорци покривати подједнако читаву популацију из које су узорковани. То може бити разлог због ког ће се код неких сложенијих испитивања тражити нека комплекснија техника узорковања [СРПС, 2009].

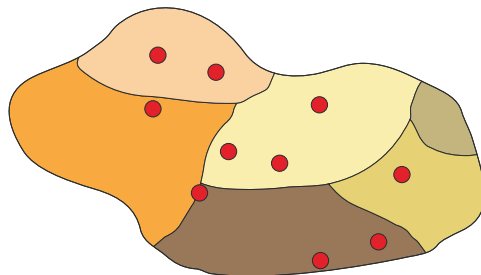
Предности:

- На случајан начин гарантује да је изабрани узорак репрезентативан за популацију [Кирић, -];
- Омогућава примену статистике и статистичког закључивања [U.S. EPA, 2002];

- Врло је лако за примену, резултате које даје су врло јасни за тумачење [U.S. EPA, 2002];
- Представља једину објективну технику узорковања [Dragičević, 2006];
- Елиминише појаву систематских грешака [Dragičević, 2006];

Мане:

- Ова техника је прилично рањива на грешке узорковања (апсолутне, релативне и случајне), јер случајност селекције може довести до тога да неки узорак не одражава састав популације [Кирин, -];
- У неким случајевима, може бити отежана примена ове технике уколико је популација велика па само узорковање захтева пуно времена, и високе трошкове [U.S. EPA, 2002];
- Узорци узети из необично велике популације могу бити веома гломазни и напорни за обраду [U.S. EPA, 2002];
- Такође, код великих популација (медијума) може доћи до неравномерне расподеле тачака узорковања по површини [Dragičević, 2006].



Слика 2.8. Једноставно случајно узорковање

Једноставно случајно узорковање је још једноставније за примену ако је медијум који се испитује хомогеног састава.

Избор узорачких јединица из узорачког оквира се може урадити помоћу компјутерског генератора случајних бројева или таблице случајних бројева.

Постоје две врсте једноставног случајног узорковања [Жижих и др.,2007]:

1. Једноставно случајно узорковање са понављањем – након што је узорак изабран, враћа се у основни скуп и случајно одабира други узорак. При овом узорковању се узима у обзир редослед извлачења. Ово може довести до тога да исти узорак буде изабран више пута;
2. Једноставно случајно узорковање без понављања при чему се занемарује редослед извлачења. Једном изабран узорак се више не враћа у скуп. Овакво једноставно случајно узорковање се чешће примењује код мониторинга животне средине.

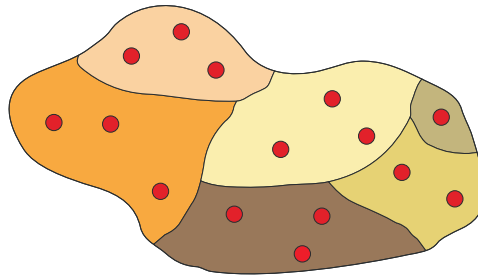
2.6.3. Стратиграфско случајно узорковање

Стратиграфско случајно узорковање је врло корисна и флексибилна техника за прецизне и лаке оцене просечних вредности и укупних количина загађујућих материја [Gilbert, 1987].

Код популација, медијума, који обухватају више самосталних суб-категорија оне се могу организовати у стратуме (слојеве) од којих поједини елементи могу бити насумично одабрани [Кирин, -].

Стратум је хомогени слој унутар хетерогеног медијума, и више стратума не треба да се преклапа. Могу бити дефинисани на основу просторне и временске близине узорачких јединица или на основу већ познатих чињеница о медијуму [U.S. EPA, 2002].

Одређени број узорака се унутар сваког стратума узоркује једноставним случајним узорковањем, што осигурава да свака узорачка јединица има једнаку шансу да буде узоркована [СРПС, 2009].



Слика 2.9. Стратиграфско случајно узорковање

Река је природно издељена на стратуме који се међусобно могу разликовати по учешћу, на пример, суспендованих честица. Стратуми код реке могу бити матица, суб-матица, приобални леви део и приобални десни део, дно реке итд.

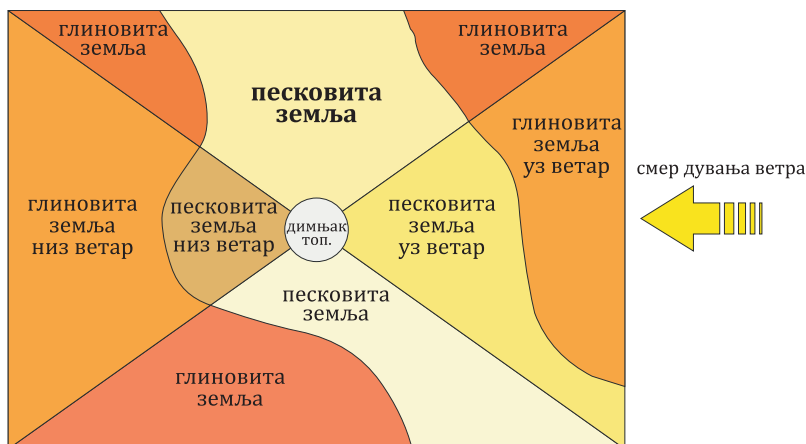
Предности:

- Овом техником се може постићи већа прецизност узорковања са истим бројем узорака него што би се то постигло са једноставним случајним узорковањем;
- Омогућава уштеду новца;
- Репрезентативност узорака је осигурана;
- Обезбеђује довољно узорака за анализу сваког стратума појединачно;

Мане:

- Ова техника узорковања је применљива само уколико се неки медијум може јасно изделити на хомогене суб-јединице;
- Може изискивати велики утрошак времена и стога бити напорна;

На слици 2.10 приказано је земљиште које је стратификовано на основу познатих чињеница о томе како је присутно загађење, како ветар дува, типу и структури земљишта. Истраживач жели да утврди просечну концентрацију олова у земљи око топионице, како би утврдио да ли је дошло до прекорачења дозвољених концентрација. Узорци су узети у раздаљини до 500 m од димњака. Резултати ранијих студија указују на то да ће олова највише бити у делу дуж преовлађујућег смера дувања ветра, а да ће варијације у концентрацији бити израженије код глиновите него код песковите земљишта. Преовлађујући смер ветра је са истока. Прецизнију оцену просечне вредности истраживачи могу постићи ако ову површину поделе на стратуме, те су се одлучили да примене технику стратиграфског случајног узорковања.



Слика 2.10. Пример практичне примене стратиграфског случајног узорковања

2.6.4. Систематско/мрежно узорковање

Систематско узорковање које се може назвати и мрежно узорковање, подразумева узимање узорака у одређеним интервалима по утврђеној шеми [Кирин, -]. Иницијално место или време узорковања се бира насумично (једноставним случајним узорковањем), и то се врши како би се осигурала подједнака могућност уласка сваке јединице у узорак и тиме испунио услов пробабилистичких техника [СРПС, 2009], док се остатак бира по прецизно дефинисаној мрежи узорковања или у једнаким временским интервалима [U.S. EPA, 2002].

Мрежа узорковања може бити **квадратна, троугласта, ромбоидна, правоугаона** и **радијална**. Место једне тачке мреже, рецимо прве тачке са горње, леве стране мреже, се одабере случајно, а остатак тачака је одређено фиксним размаком између линија мреже.

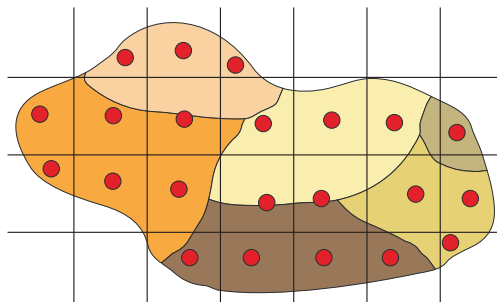
Најчешће се користи правилна квадратна мрежа. Употребом троугласте мреже подручје покривања је много веће, али је постављање и лоцирање тачака узорковања захтевније [Dragičević, 2006].



Слика 2.11. Врсте мрежа узорковања

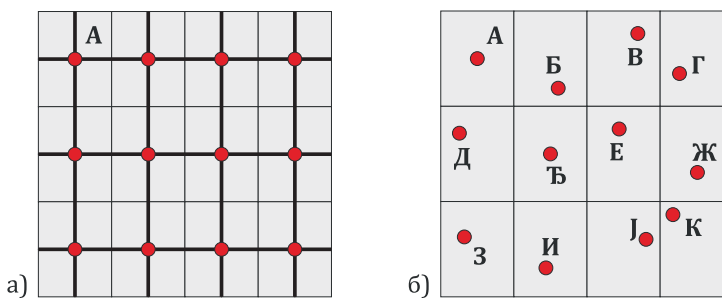
Систематско узорковање је применљиво под следећим условима [U.S. EPA, 2002]:

- Ако не постоје претходне информације о циљној популацији и циљ је да се утврди повезаност међу узорачким јединицима, или
- Ако су познате везе међу јединицама циљне популације и циљ је да се утврди јачина тих веза.



Слика 2.12. Пример добре покривености узорцима циљне популације у систематском узорковању

Постоје две главна плана систематског узорковања: просторни и временски [U.S. EPA, 2002].

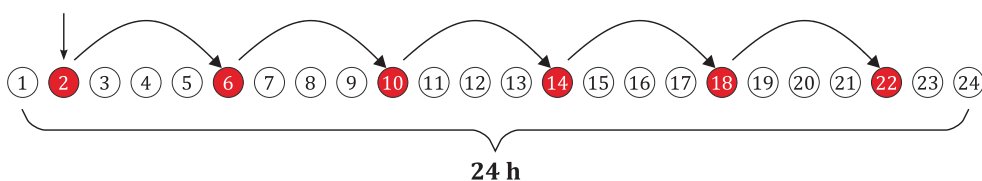


Слика 2.13. Дводимензионално просторно систематско узорковање

Просторни план. Узорци се могу узорковати, у једној, две или три димензије, уколико особина популације који се испитује има ту просторну одлику. Узорковање дуж линије је пример **једнодимензионалног узорковања**. Узорковање сваког чвора мреже је пример **дводимензионалног узорковања**. Уколико је узорачка јединица на одређеној дубини медијума, онда мрежа узорковања има и хоризонтални и вертикални правац, то је пример **тродимензионалног узорковања**. Неколи-

ко примера дводимензионалног просторног узорковања је приказано на слици 2.13. На слици 2.13.а, место узорковања "А" је насумично одабрано, док су остала места одређена чим се са почетног места "развукла" мрежа узорковања. Може се приметити да су све тачке узорковања на једнаким удаљењима, што може узроковати проблем ако је и загађење једнако распоређено. На слици 2.13.б, место "А" је такође насумично изабрано а остала места (од "Б" до "К") су случајно распоређена унутар сваке квадратне ћелије мреже. Овакав план представља добру комбинацију случајности и добре покривености.

Временски (периодични) план. Када су узорци изабрани тако да представљају циљну популацију која се мења у току времена (нпр. квалитет ваздуха у близини термоелектране), истраживачи користе једнодимензионални узорак где је свака k -та јединица узорка прикупљена у одређено време. На слици 2.14 приказан је пример временског (периодичног) плана узорковања. Потребно је у току једног дана (24 сата) узорковати ваздух, тако да се узоркује шест пута по сат времена. Дакле, систематски узорак је $n = 6$ а коначна популација је $N = 24$ јединица. Интервал узорковања се одређује тако што се укупан број јединица у популацији подели са бројем јединица које улазе у узорак: $N/n = 24/6 = 4$. Први сат узорковања се одабере насумично, у овом случају је то други сат, а након тога сваки следећи сат узорковања је четири сата након претходног сата узорковања.



Слика 2.14. Периодично систематско узорковање

Предности:

- Ова техника је пропорционална са величином медијума који се узоркује тако да омогућава потпуну покривеност [Dragičević, 2006];
- Често га је много лакше применити у теренским условима него једноставно случајно узорковање и стратиграфско случајно узорковање због једноставнијег постављања мреже на терену [Dragičević, 2006];
- Управо због потпуне покривености медијума, доприноси већој репрезентативности узетих узорака [Gilbert, 1987];
- Погодна је за дијагностиковање "врућих тачака" [Gilbert, 1987];
- Помоћу ове технике могу се лако пратити промене у расподели загађујућих материја [Dragičević, 2006];

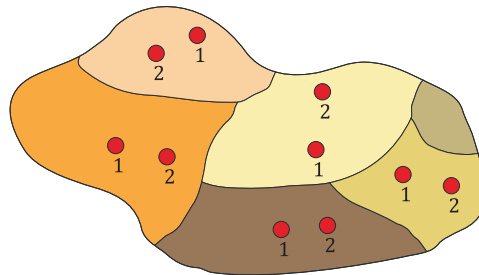
Мане:

- Будући да избор мреже узорковања захтева стручно предзнање о локацији, систематске грешке код ове технике није могуће искључити [Dragičević, 2006];
- Ова техника није погодна ако се мрежа узорковања или узорковања поклапа са распоредом загађења. У том случају може доћи до прецењивања или потцењивања и могу се донети нереални закључци [U.S. EPA, 2002];
- Врло често је потребан велики број узорака како би се постигла потпуна покривеност популације, што прате високи трошкови.

2.6.5. Узорковање скупа ранжираних јединица

Узорковање скупа ранжираних јединица је врло иновативна и исплатива техника коју је развио Мекиннтајер (*McInture*) 1952. Састоји се из три фазе узорковања приликом чега се прво идентификују скупови јединица и потом изврши рангирање јединица унутар сваког скупа, а онда бира по једна јединица из сваког скупа.

Приликом овог узорковања, у првој фази, **m** скупова се бира једноставним случајним узорковањем. У другој фази јединице у тим скуповима се рангирају или на основу експертских процена или на основу јефтиних, брзих *in-situ* мерења. Експертске процене се заснивају на визуелној детекцији потенцијалних јединица, када одлике тих јединица могу бити добри индикатори повишених концентрација загађујућих материја. На пример, на загађење земљишта може указивати промена боје и те промене се могу рангирати од најинтензивније до најблеђе нијансе. Некада су јефтина *in-situ* мерења прикладнија за мерења релативних концентрација загађујућих материја. Уистину, осетљивост и прецизност *in-situ* детектора је последњих година повећана. Када је завршено рангирање, врши се узорковање тих јединица из скупова у 3. фази.



Слика 2.15. Узорковање скупа ранжираних јединица

Предности (Mode et al., -):

- Даје прецизније резултате од једноставног случајног узорковања са истим бројем узорака;
- Не захтева пуно узорака, стога смањује трошкове;
- Овом техником се лако издвајају ниске, средње и високе вредности полутаната у популацији. То омогућава да се, на пример, пореде аритметичке средине два различита скупа.
- Идеална је у случајевима када су трошкови лабораторијских анализа високи.

Мане:

- Ограничење ове технике је то што би насумично одабрани скупови у којима се рангирају јединице требало бити насумично и лоцирани на неком медијуму што може значити и приличну раздаљину између њих. Врло често се због практичности и лакшег мерења ти скупови јединица лоцирају у непосредној близини што може прилично утицати на смањење прецизности резултата [U.S. EPA, 2002];

У пракси, ако се користе експертске процене за рангирање јединица у сваком скупу, величина скупа (у овом случају $m = 3$) треба да буде између 3 и 5. Већи скупови отежавају рангирање јединица. Скупови већи од 5 јединица су једино пожељни када се користе скрининг мерења код рангирања јединица, јер омогућавају прецизније процене [U.S. EPA, 2002].

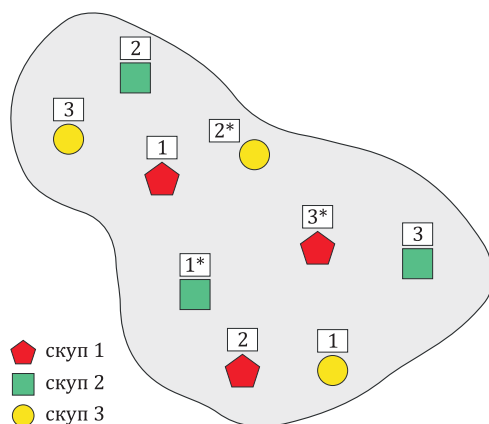
Сумња се да плац има повећану концентрацију As у површинском слоју земљишта. Претходна испитивања кажују да концентрација арсена није иста у сваком делу плаца, те је потребно плац поделити на више делова и упоредити највише концентрације арсена на тим деловима. Такође, установљено је да су трошкови in-situ мерења били неупоредиво мањи у односу на лабораторијска испитивања. Стога је изабрана техника узорковања скупа ранжираних јединица, као идеално решење за овакву врсту проблема.

Одређено је $m=3$ основна узорка (скупа). Узорковање скупа ранжираних јединица је спроведено на следећи начин:

Једноставним случајним узорковањем је у 3 претходно дефинисана скупа одабрано 9 јединица на плацу. Сваки скуп је величине 3 јединица. На слици 2.16 први скуп је означен као "скуп 1", други као "скуп 2", а трећи као "скуп 3".

Врши се мерење арсена у све три јединице у сва три скупа. Свакој јединици се на основу добијених резултата додељују вредности од 1-3, тако да 1- означава најнижу вредност арсена, 2 - средњу вредност арсена а 3 - највишу вредност арсена у сваком скупу.

Приступа се упоређивању највиших вредности арсена у сва 3 скупа. Узоркују се узорци са ознаком "3" и врши њихово упоређивање.



Слика 2.16. Узорковање 3 скупа ранжираних јединица

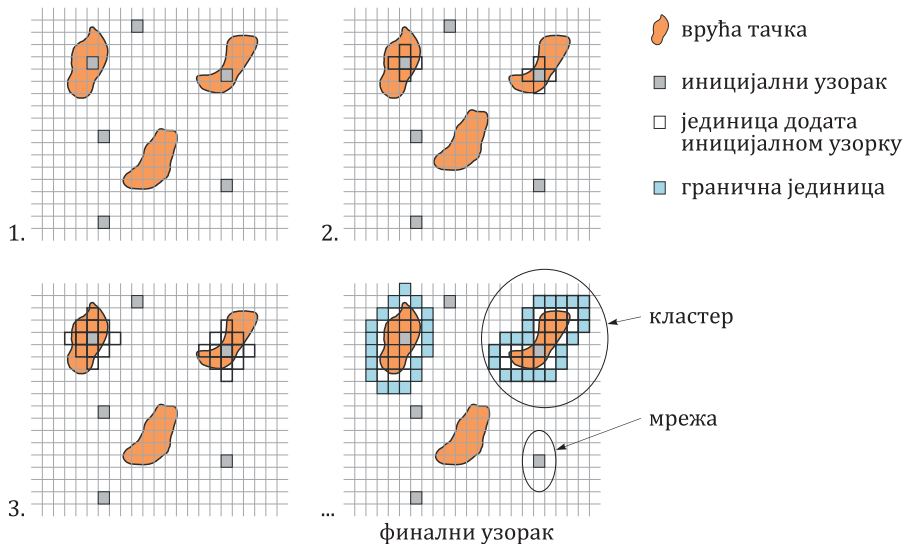
2.6.6. Кластер узорковање

Кластер узорковање подразумева дефинисање кластера (група) унутар медијума. Врло често је и прихватљивија цена узорковања када се елементи популације групишу по географском принципу или временском периоду [Кирин, -].

Код овог узорковања, бира се n узорака једноставним случајним узорковањем, док се остали узорци узимају на местима где су мерења утврдила прекорачење граничних вредности одређеног полутанта. Ова техника има две кључне ставке које се морају испоштовати [U.S. EPA, 2002]:

- Одабир **иницијалног** случајног узорка, и
- Одабир **критеријума** по ком ће се остале јединице одабирати и додавати узорку

У животној средини, кластер узорковање је применљиво у испитивању загађености земљишта, карактеризацији опасног отпада, Браунфилд испитивањима итд.



Слика 2.17. Кластер узорковање

Приликом кластер узорковања, мрежа узорковања се аплицира на циљну популацију, у којој сваки отвор мреже обухвата потенцијалну (иницијалну) узорачку јединицу. Пример је дат на слици 2.17. Наранџасти уоквирени делови на слици представљају неиспитана подручја која могу бити загађена - "вруће тачке". Пет уоквирених сивих коцкица на слици представљају иницијалне узорке који су насумично узорковани. Свака иницијална јединица-узорак се испитује и ако се утврди да нека има повишену концентрацију загађујуће материје, сматра се да та јединица захвата вруће тачке. По аутоматизму се и суседне узорачке јединице узоркују. Овакав модел кластер узорковања се популарно зове "**комшилук узорачке јединице**". Узорковање траје све док се не установе прве јединице око загађених које не показују повишену концентрацију загађујуће материје. Те јединице

се називају **граничне јединице**. Финални узорак се састоји од кластера узоркованих јединица око иницијалне јединице и сваки кластер је оивичен граничним јединицама. Иницијалне јединице код којих се установило да немају повишену концентрацију загађујућих материја се такође сматрају **кластерима које се састоје од једне јединице**. Кластер без граничних јединица се зове **мрежа**. Свака јединица која се посматра, било гранична или иницијална, која нема повишену концентрацију загађујуће материје је **мрежа величине једне јединице**. Тако се финални узорак састоји од непреклапајућих мрежа [U.S. EPA, 2002].

Предности:

- Ова техника је идеална за оне медијуме који захватају велике површине;
- Погодна је за оне медијуме код којих је загађење раштркано, али нагомилано;
- Погодна је за идентификовање "врућих тачака"
- Није потребно извршити статистички попис читаве популације која се узоркује за примену ове технике узорковања, као што је то случај са једноставним случајним узорковањем. Стога може уштедети доста времена и средстава;

Мане:

- Постоји ризик да се овом техником узорковања добије нерепрезентативни узорак, као и велике грешке узорковања због тога што се кластерима не обухвата читаву популацију;
- Иако је уштеда времена и новца наведена као предност ове технике, то није увек случај јер узорковање престаје тек онда кад се установи последња гранична јединица, а када је "врућа тачка" великог пречника, то изискује пуно напора и трошкова;

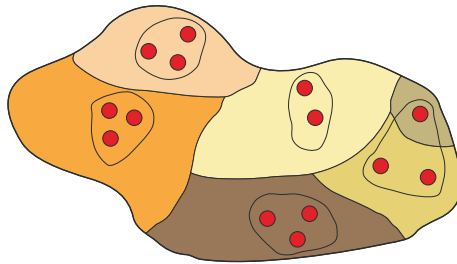
2.7. Композитно узорковање

Композитно узорковање (композитирање) представља процедуру за добијање композитног узорка која може укључити више техника узорковања.

Композитирање се најчешће спроводи код мониторинга река и отпадних вода, мада је пракса показала да се користи и земљишта врло успешно [Gilbert, 1987]. Мање количине појединачних узорака се спајају и мешају како би се направио јединствени хомогени узорак, који се потом анализира. Композитно узорковање може знатно умањити трошкове јер аутоматски смањује број хемијских анализа које би се вршиле на појединачним узорцима. Та бенефиција посебно долази до изражаја када трошкови хемијске анализе премашују трошкове самог узорковања [U.S. EPA, 2002].

Концентрација испитиваног елемента у композитном узорку представља просечну концентрацију у подзорцима, уколико је критеријум репрезентативности задовољен. Међутим, велики недостатак композитног узорка је тај што ако подзорци садрже високу концентрацију загађујућих материја, те концентрације могу остати незапажене јер може доћи до њиховог разблажења у току композитирања. Ако ти подзорци заправо представљају "вруће тачке", оне неће бити идентификоване. Проблем разблажења врућих тачки може се решити неком од следећих метода [NSW, 1995]

Метода 1. Граница до које се толерише ниво загађујуће материје се подели са бројем подузорака који чине композитни узорак, чиме се прилагођава гранична вредност загађивача. Овакав концепт је заснован на најгорем могућем сценарију, по ком један подузорак има врло високу концентрацију загађивача, док су остали подузорци са нултом концентрацијом. Ако композитни узорак не испуњава захтеве у погледу дозвољене граничне вредности, онда се сви подузорци који га чине анализирају појединачно. Овакав конзервативан приступ изискује понављање многих анализа што знатно повећава трошкове.



Слика 2.18. Композитно узорковање

Метода 2. Лице које врши узорковање доставља доказе, детаљни опис стања медијума који се испитује и статистичке анализе претходних резултата узорковања да је вероватноћа да медијум има "вруће тачке" веће од прописане критичне величине, минимална. Уколико би се могло доказати да вруће тачке уопште не постоје на простору који се узоркује, прилагођавање дозвољеној граници загађивача није потребно.

Метода 3. Ова метода је слична првој методи, али уз претпоставку да подузорци имају нулту концентрацију загађивача. Дозвољена граница загађивача ће бити испоштована и тиме ће се смањити потреба за ре-анализама подузорака. Применом ове методе, све добијене концентрације загађивача су базиране на претпоставци. Оне би требало да се анализирају појединачно и да буду у потпуности оправдане.

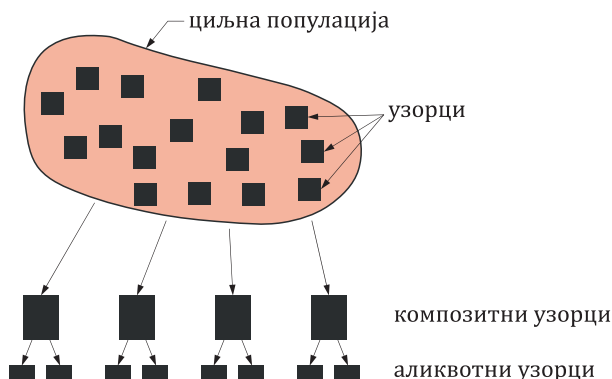
Правила којих се треба придржавати током композитног узорковања [NSW, 1995]:

- композитирање је подобно за неорганске супстанце, као на пример тешке метале, или слабо запаљиве супстанце.
- запаљиве супстанце попут нафте, нису подесне за композитно узорковање.
- узорци који се сакупљају морају потицати са истог подручја (из исте циљне популације).
- земљишта са високим уделом глине нису погодна за композитирање због потешкоћа које се стварају приликом хомогенизирања подузорака.
- мешање узорака се мора обавити по прописима. Чак и да се мешање обавило како треба, то често не може утицати и умањити хетерогеност подузорака [U.S. EPA, 2002]

Подузорци треба да буду [NSW, 1995]:

- једнаке величине/количине,
- узети са суседних тачака,

На слици 2.19 приказан је пример композитног узорковања.



Слика 2.19. Композитно узорковање

2.8. Општа правила поступања са узетим узорцима

Сва три стања узорака (чврсто, течно и гасовито агрегатно стање) захтевају различите третмане. На пример, ако се упореди узорковање ваздуха и земљишта, неупоредиво је лакше узорковање ваздуха. Исто тако, узорци земљишта су стабилнији од узорака ваздуха [Jadhav, Purohit, 2008].

За узимање узорака, посебно ван индустријског круга треба оформити екипу од најмање две особе. Два лица су потребна не само из безбедности разлога већ због честе потребе да се испомогну јер приступ месту узимања може бити отежан, а ситуација захтева да неко дода и прихвати суд за узорковање, односно да придржи и помогне лице које узима узорак, слика 2.20. Пошто је узорковање почетна и веома важна активности у процесу мониторинга при избору треба водити рачуна да лице које узима узорке буде обучено, одговорно, спретно, способно да импровизује и брзо доноси одлуке везане за начин узимања узорака итд. Најбоље је када су све особе које излазе на терен обучене за све активности везане око узорковања и рада на терену, али то није увек могуће па у тим ситуацијама најмање једна од њих треба да буде обучена за узорковање. Та особа је и одговорна за сам процес узимања узорака, његово паковање, презервацију и транспорт до лабораторије. На слици 2.21 приказано је узимање узорака земљишта.

За исправан рад узимачи треба да имају и потребну опрему. Поред радног одела то су, обично, рукавице и наочаре. За узимање узорака површинске воде често су потребне и "рибарске" чизме, а за узимање узорака земљишта гумене чизме. Код узорковања воде из великих водотокова потребно је имати и чамац за узимање узорака. Посебна опрема је потребна за подводно узимање узорака (практикује се при узорковању воде из седимената и језера).

У обавезну опрему спада и довољан број стерилисаних посуда, од одговарајућег материјала, за узимање узорака воде, потребан број кеса за узорке земљишта, односно довољан број филтера за узорковање ваздуха. С обзиром да ситуација на те-

рену често може довести до промене почетног плана узорковања то је увек потребно имати по неку посуду, кесу и филтер у резерви. Најбоље је када се још у лабораторији у време припрема за узорковање на свим судовима испишу подаци везани за место, датум и врсту узорка, али је добро када лица која узимају узорке понеку фломастер или другу врсту оловке и налепнице како би могли да означе узорке или промене већ исписане ознаке.



*Узимање узорка из реке
придржавањем за "дрво"*



*"Брвно" за узимање узорка из
плитког таложног језера*



*Узимање узорка из канала уз
придржавање од стране члана екипе*



Узорковање воде са обале реке



*Узимање узорка за биолошки
мониторинг*



Узорковање из чамца

Слика 2.20. Детаљи са узимања узорка



Слика 2.21. Пример узорковања земљишта која је била изложена радиоактивном зрачењу

Пример студиозног приступа узорковању види се из списка потребног прибора који је дат у документу "Protocol for Water Quality monitoring" који су за индијске потребе сачинио тим састављен од стручњака холандске компаније и индијске компаније [DHV], а који подразумева следеће: итинерар пута, средства за транспортовање људи и опреме, мапа подручја, мапа локације предвиђене за узорковање, фрижидер за узорке, боце за узорковање, узоркивач, уже, контејнер за узорке, специјални контејнери за посебне узорке (бактериолошки, тешки метали итд.), хемикалије за титрацију, термометар, гумица за брисање, остали прибор за теренска мерења, средства за означавање узорака, ознаке за узорке, свеска, оловка/хемијска оловка/маркер, сапун и пешкир, шибице, лампа на гас, батеријска лампа, пијаћа вода и нож.

Време између узимања и обраде узорка треба да буде најкраће могуће, а свакако се треба уклопити у 48 часова. У сваком случају узете узорке треба заштитити (презервација). Има више техника заштите узетих узорака: залеђивање, хлађење, закисељавање, додавање одговарајућих реагенаса, екстракција из раствора и/или филтрирање [СРПС, 2009]:

Залеђивање узорака се најчешће примењује на узорцима воде и земљишта. Код воде треба оставити довољно простора због ширења залеђене воде. По доласку у лабораторију, а пре анализирања врши се одлеђивање и хомогенизација (мешање, миксање) узорака на амбијенталној температури.

Хлађење подразумева смештање узорака у лед или приручни фрижидер током транспорта.

Закисељавање воде (рН испод 2) се врши ради заштите ретких метала, смањења преципитације и микробиолошке активности и губљења сорпцијом на зидовима контејнера у којем се узорак налази. Код подземних вода и растворених метала закисељавање се врши само на филтрираним узорцима.

Додавање реагенаса се врши ради хемијске заштите аналитичких параметара. Избор реагенаса треба направити тако да они не загађују узорак (нпр. не користи се азотна киселина ако се анализирају нитрати).

Екстракција из раствора се врши када се анализира неки састојак из матрикса као што су органски полутанти (хидрокарбонати, ПАХ и неки пестициди).

Филтрирање на лицу места се врши:

- када се органски или неоргански загађивачи адсорбују на суспендоване честице у води, и
- када се одређује ниво растворених загађивача или када треба одредити загађиваче удружене са суспендованим честицама.

Филтрирање се обавља одмах по узимању узорка.

Постоје и многи специфични поступци заштите узорка. Тако на пример код узорка земљишта треба водити рачуна да не дође до промене влажности јер влага убрзава активности микроба и може условити промену концентрације неких загађивача па је узорке потребно држати охлађене на температури испод 6°C.

Кад се узоркују испарљива једињења у ваздуху потребно је узорке ваздуха (нпр. филтере) држати на сувом леду (-70°C) пре анализа. Код мање испарљивих једињења сасвим је прихватљива температура презервације испод -10°C. Ако суви лед није доступан, узорци се могу чувати и у фрижидерима или замрзивачима [Sava, 1994].

2.8.1. Процес узорковања

Током узорковања врло је битно очувати све особине узорка од момента када се узорак узоркује до момента кад се узорак анализира у лабораторији. Потребно је испоштовати процедуру руковања узетим узорцима која подразумева следеће [Jadhav, Purohit, 2008]:

- **Означавање узорака налепницама.** Потребно је да те налепнице буду гумиране и да на њима буде назначен број узорка, датум узорковања, локација узорковања, као и име лица које врши узорковање. Све то се ради са циљем да не дође до мешања узорака и погрешних резултата.
- **Запечаћивање узорака.** Врши се са циљем спречавања неовлашћеног дирања узорака пре саме анализе.
- **Вођење теренског дневника.** На самом терену треба завести све информације од важности, као нпр.: локације узетих узорака, опис процедуре и технике узорковања која је спроведена на терену итд.
- **Формулар.** Потребно је попунити формулар ради праћења сваког узорка или групе узорака. Тај формулар треба да садржи следеће: број узорка, потпис лица које врши узорковање, датум, време и место узорковања, врсту технике узорковања која је примењена, потписе лица која преузимају даље узорке у читавом ланцу и датуме преузимања.
- **Листа анализа узорка.** Ова листа се испоручује заједно са узорцима у лабораторију. На овој листи је потребно унети име лица које преузима узорак у лабораторији, датум преузимања, као поступке које треба спровести.
- **Достављање узорака у лабораторију.** Потребно је узорке доставити у лабораторију на што практичнији и безбеднији начин.

- **Преузимање узорака.** У лабораторији, лице задужено за надзор преузима узорке, провера њихово стање и жиг, бележи све информације из извештаја и додељује нове бројеве узорцима у лабораторијском дневнику. Потом их смешта на сигурно место одакле их преузима аналитичар.
- **Анализа узорака.** Аналитичар је одговоран за узорке кад доспеју у његове руке. Он обавља крајње анализе.

2.8.2. Трансфер и чување узорака

2.8.2.1. Вода

Руковање узорцима воде током њиховог транспорта зависи од природе узорка и врсте анализа које треба обавити. У сваком случају, узете узорке би требало одмах одложити у неки ручни фрижидер или међу кесе са ледом на путу до лабораторије, а ако није могуће анализирати их у кратком року, било би пожељно и заледити их [Јарап, -]

2.8.2.2. Седименти

Као што је случај са узорцима воде, и код седимената процедуре руковања узорцима током транспорта зависе од њихове природе и врсте анализа. Кад узорци седимената пристигну у лабораторију, требало би [Јарап, -]:

- Узорке измерити и анализирати у што краћем року, уколико се ради о анализама на испарљива органска једињења;
- Узорке за испитивања на полуиспраљива и неиспраљива органска једињења би требало просејати на сити отвора 1 mm, како би се уклонили крупнији комади, и темељно хомогенизовати пре анализа; Ако се узорци морају одложити на неко време, потребно их је оставити у фрижидеру или замрзнути након просејавања;
- Узорке за анализе на тешке метале, потребно је просејати на ситима од неметаличних материјала након сушења на собној температури, потом их хомогенизовати и анализирати;

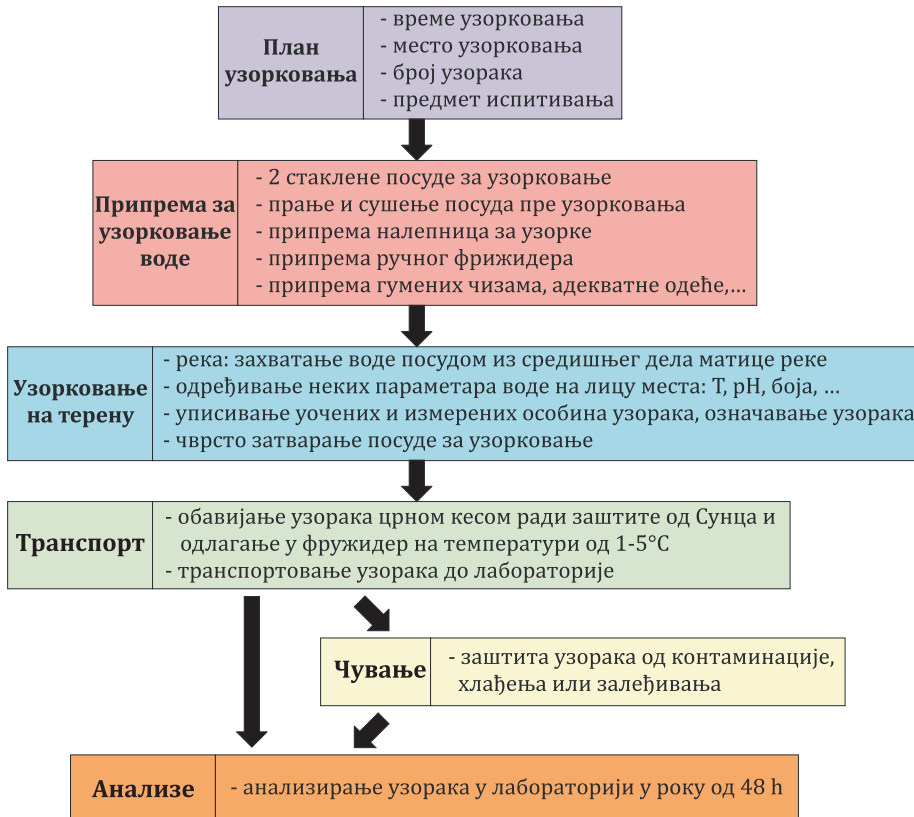
2.8.2.3. Ваздух

Након узорковања треба одмах расформирати узоркиваче како би се избегла могућност контаминације узорака околним ваздухом. Спаковати филтере у пластичне кесе. Стаклене вакуум боце и кесе за узорковање гасова обложити црним кесама или алуминијумским фолијама како би се спречио утицај Сунца. Затворити контејнере за узорковање чврсто. У сваком случају, контејнере са узорцима ваздуха је потребно што пре је могуће допремити и анализирати у лабораторијама након узорковања. Ако није могуће узорке анализирати у кратком року након узорковања, требало би их чувати у затамњеним просторијама ван утицаја околног ваздуха [Јарап, -].

2.8.2.4. Земља

Процедура је потпуно иста као и са узорцима воде [Јарап, -].

На слици 2.22 дат је пример дијаграма узорковања неке реке планинског карактера.



Слика 2.22. Пример дијаграма узорковања планинског типа реке

2.9. Систем обезбеђења и контроле квалитета (QA/QC)

Систем квалитета је структурно организован и документован управљачки систем који успоставља политику, циљеве, принципе, начин руковођења, одговорност, поузданост и план рада неке организације која се бави истраживањима у животној средини чиме се осигурава квалитетан процес и обезбеђује квалитет добијених резултата. Систем квалитета обезбеђује све што је неопходно за планирање, извођење, документовање и оцену рада неке организације, као и свега што је неопходно за обезбеђење квалитета и управљање квалитетом.

Процедуре обезбеђења и контроле квалитета (QA/QC) су неопходне за све активности током програма мониторинга, укључујући бригу о очувању интегритета

узорка. **Обезбеђење квалитета** (QA акроним од *Quality assurance*) односи се на целокупно управљање системом који обухвата организацију, планирање, прикупљање података, контролу квалитета, документацију, евалуацију и извештавање о активностима. QA даје информације које су потребне да се утврди квалитет података и да ли испуњавају захтеве пројекта. QA осигурава да подаци испуњавају дефинисане стандарде квалитета са потребним нивоом поверења. **Контрола квалитета** (QC акроним од *Quality control*) се односи на рутинске техничке активности чија је сврха, у суштини, контрола грешке. Грешка може да се јави било где: на месту узорковања, у лабораторији или у канцеларија. QC треба да укључују и интерне и екстерне мере. Заједно, надзор и контрола квалитета омогућавају да се обезбеди потребни квалитет, повећа кредибилитет у извештавање о резултатима мониторинга, и на крају уштедети време и новац. Међутим, добар QA/QC програм је успешан само ако сви пристану да га користе и ако су све компоненте пројекта доступне у писаној форми [EPA, 1996].

У табели 2.7 дат је упоредни приказ активности у склопу обезбеђења и контроле квалитета [Mitchell, 2006].

Табела 2.7. *Поређење активности код обезбеђења и контроле квалитета*

Обезбеђење квалитета	Контрола квалитета
Предвиђа проблеме пре него што се они догоде	Одговара на уочене проблеме
Користи све расположиве информације да побољша квалитет	Користи резултате актуелних мерења да доноси одлуке о процесима или производима
Није везан за одређену стандард квалитета	Захтева претходно изјашњавање о стандарду квалитета ради поређења
Процењује да ли је примењиво, углавном у фази планирања	Процењује да ли је примењиво, углавном у фази обраде
Процењује да ли је свеобухватно у својим активностима	Процењује да ли је скуп процедура подскуп обезбеђења квалитета

Показатељи контроле квалитета укључују прецизност, тачност, репрезентативност, потпуност, упоредивост и осетљивост [Mitchell, 2006]. Са овим показатељима, могу се оценити изворе варијабилности и повећати ниво поверења. Сваки програм узорковања може имати различите нивое прихватљивости ових показатеља, а у зависности од циљева и података који су потребни за испуњење програма.

Прецизност, позната и као репродуцибилност или поновљивост, јесте степен у којем поновна мерења под непромењеним условима показују исти резултат. Непрецизност је резултат недоследне примене правила на терену, при лабораторијским анализама или у оба случаја.

Тачност је степен блискости између измерене количине и њене стварне (праве) вредности. Случајне и систематске грешке током узорковања и анализе узорка смањују тачност. Случајне грешке се односе на случајне варијације или прецизности података, док се систематске грешке односе на пристрасности, или вредности које су доследно више или ниже од праве вредности. Ако постоји систематска грешка повећањем величине узорка повећава се прецизност, али се не побољшава тачност. Елиминисање систематске грешке побољшава тачност, али се не мења прецизност.

Систем је **валидан** ако је и тачан и прецизан.

Репрезентативност је квалитативни термин који показује колико подаци одражавају стварно стање животне средине које се узоркује. Варијабилност узорковања треба свести на минимум како би се осигурала репрезентативност. На пример, узорци прикупљени непосредно низводно од улаз притоке на реци вероватно неће репрезентовати стање у реци чија вода се испитује [Mitchell, 2006].

Потпуност је мера количине валидних података потребних за потврду, у програму постављене, хипотезе. Неколико статистичких процедура је познато за процену броја узорака потребних за одређени ниво истраживања.

Упоредивост је квалитативни термин који показује колико добро се могу упоредити подаци узети са једног места са другим из исте зоне узорковања. Она упоређује методе прикупљања и руковања узорцима, аналитичке технике и протоколе обезбеђење квалитета. На пример, ако су прикупљени узорци у претходном периоду, не би било прикладно урадите композитне узорке за нову анализу, ако је циљ био да се упореде подаци из два периода.

Осетљивост је способност методе или инструмента да се може одредити и ниска концентрација анализата (аналит, или компонента, је супстанца или хемијски конституент који се мери). То се обично односи на границе детекције или опсег неког инструмента за мерење. Опсег је интервал између најниже и највише концентрације анализата/узорка у коме се тај анализат одређује. Лимит детекције је најмања количина анализата у узорку која се може детектовати, али не и одредити.

Природа и високи трошкови пројеката за контролу, очување или унапређење животне средине захтевају висок степен сигурности ради обезбеђења интегритета стручних или научних података. То захтева израду и одржавање свеобухватног и добро документованог плана за обезбеђење и контролу квалитета пројекта [Гржетић, -].

Успостављање плана обезбеђења квалитета спроводи се корак по корак [ЕРА, 1996]:

- Корак 1: **Формирање тима**, треба формирати мали и ефикасан тим који ће помагати у успостављању плана обезбеђења квалитета, који ће нудити нове информације и усмеравати активности,
- Корак 2: **Утврђивање циљева и предмета рада**, подразумева се да треба разјаснити зашто је мониторинг потребан, ко ће и како користити податке,
- Корак 3: **Сакупљање основних (полазних) информација**, треба прикупити расположиве информације како би се лакше направио план,
- Корак 4: **Пречишћавање прикупљених информација**, дешава се да се прикупи више информација него што треба па их због ефикаснијег рада треба пречистити и одбаците све што није потребно,
- Корак 5: **Планирање узорковања, аналитичких техника и дефинисање потребних података**, у суштини треба дефинисати шта, како, када и где ћете бити праћено,
- Корак 6: **Развијање плана имплементације**, треба дефинисати логистику пројекта,

Корак 7: **Прављење нацрта стандардних радних процедура и плана обезбеђења квалитета,**

Корак 8: **Прикупљање повратних информа ција** о предлозима радних процедура и плану обезбеђења квалитета, треба тражити повратне информације од надлежних органа и/или потенцијалних корисника података,

Корак 9: **Ревидовање предложеног плана обезбеђења квалитета** и достављање на коначно одобрење, на основу коментара више се ревидовања плана и доставља на усвајање,

Корак 10: **Започињање планираног мониторинга,** када је план одобрен почиње мониторинг,

Корак 11: **Евауација и надградња** плана обезбеђења квалитета.

Америчка ЕПА [ЕРА, 1996] предлаже 24 елемента плана обезбеђења квалитета, с тим да сваки план не мора имати све побројане елементе. Сви елементи су подељени у 4 групе:

Организација пројекта (елементи 1-9)

1. назив
2. садржај
3. списак лица којима се план доставља
4. пројекат/задатак организације
5. идентификација проблема/претходна сазнања
6. пројекат/опис задатка
7. циљеви у погледу прикупљања и квалитета података
8. захтевана обука/сертификација
9. документација и евиденција

Мерење/прикупљање података (елементи 10-19)

10. планирање узорковања
11. избор метода узорковања
12. руковање и чување узорака
13. избор аналитичких метода
14. захтеви у погледу контроле квалитета
15. тестирање инструмената/опреме, преглед и одржавање
16. процедуре за калибрацију и учесталост калибрације инструмената
17. контрола/прихватање захтева за снабдевање
18. прикупљање података
19. управљање подацима

Процена и надзор (елементи 20-21)

20. процена и провера података
21. извештаји

Валидација и употребљивост (елементи 22-24)

22. преглед података, валидација и верификација
23. избор методе валидације и верификације
24. прихватање података

План обезбеђења квалитета пројекта настаје као логична последица процеса планирања било каквог подухвата који подразумева сакупљање података и увек треба да задовољи захтеве који произилазе из типа пројекта, врсте података који се сакупљају и одлука које треба да се донесу [Гржетић, 2001].

Питања за понављање:

1. Шта је репрезентативан узорак?
2. У чему је разлика између композитног и појединачног узорка?
3. Како се одређује минималан број узорака воде?
4. Како се одређује минималан број узорака земљишта?
5. Колико често је потребно узорковати ваздух према NAAQS-у?
6. Како се одређује минималан број узорака чврстог отпада?
7. Набројати технике узорковања!
8. Шта је стратум, а шта кластер?
9. Које су предности једноставног узорковања!
10. Како је то систематско/мрежно узорковање?
11. Које су мане експертског узорковања?
12. Наведите технике заштите узорака!
13. Зашто се у узете узорке додају реагенси?
14. Који прибор узимач узорака треба да поседује када узима узорке?
15. Које кораке треба испоштовати приликом контроле узорковања?

Литература

- [1] **Кирић С.**, (-), Увод у статистичке методе истраживања, http://www.bg.ac.rs/files/sr/studije/studije-uni/Uvod_statisticke_metode_istrazivanja.pdf
- [2] **Жижић М., Ловрић М., Павличић Д.**, (2007), Методи статистичке анализе, Економски факултет Универзитета у Београду, Београд
- [3] **Dragičević S.K.**, (2006), Priručnik za trajno motrenje tala Hrvatske, Agencija za zaštitu okoliša (AZO), Zagreb
- [4] **СРПС**, (2009), СРПС: CEN/TR 15310, Карактеризација отпада-Узимање узорака отпада-Део 1: Смернице за избор и примену критеријума за узимање узорака под различитим условима, Део 2: Смернице за технике узимања отпада Институт за стандардизацију Србије, Београд
- [5] **Костић А.**, (2007), Инжењеринг заштите животне средине, Хемијски факултет Универзитета у Београду, Београд
- [6] **Gilbert R.**, (1987), Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring, Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York
- [7] **NSW**, (1995), Sampling Design Guidelines, NSW Environment Protection Authority, Sidney
- [8] **U.S.EPA**, (2002), Guidance on choosing a sampling design for environmental data collection, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington
- [9] **Гржетић И.**, (-) Аналитичке грешке и статистичка анализа грешака, Хемија животне средине 2, Београд, стр. 1-40.
- [10] **Artiola J., Pepper I. L., Brusseau M. L.**, (2004), Environmental Monitoring and Characterization. Tucson, Elsevier Science & Technology Books, Arizona
- [11] **Мадановић А.**, (2009), Пословна статистика, Висока школа за примјењене и правне науке "Прометеј", Бања Лука

- [12] **U.S. EPA**, (1982), Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio
- [13] **NAAQS** (National Ambient Air Quality Standards), (2011), U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, <http://www.epa.gov/air/criteria.html>
- [14] **Bhawan P., Nagar E. A.**, (2003), Guidelines for Ambient Air Quality Monitoring, Central Pollution Control Board, Delhi
- [15] **EPA**, (2009), Soil Sampling, Environmental Protection Authority, Victoria, <http://www.epa.vic.gov.au/~media/publications/iwrg702.pdf>
- [16] **Stolbovoy V, Montanarella L, Filippi N, Jones A, Gallego J, Grassi G**, (2007), Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soil of the European Union, Version 2, Institute for Environment and Sustainability, European Communities, EUR 21576 EN/2
- [17] **SWA**, (2004), Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool), European Commission, Austria
- [18] **Mode N. A., Conquest L. L., Marker, D. A.**, (-), Ranked Set Sampling for Ecological Research: Accounting for the Total Costs of Sampling, The National Research Center for Statistics and the Environment, Washington
- [19] **Jadhav, H., Purohit, S.**, (2008), Global Pollution and Environmental Monitoring, Global Media, Mumbai
- [20] **Sava R.**, (1994), Guide to Sampling Air, Water, Soil and Vegetation for Chemical Analysis, Environmental Protection Agency (EPA), Sacramento
- [21] **Japan**, (-), Standard Guidelines for the Environmental Monitoring of Chemicals, Ministry of the Environment- Government of Japan, Japan,
- [22] <https://www.env.go.jp/en/chemi/pops/Appendix/04-GuideLine/guidelines.pdf>
- [23] **Ивковић З.**, (1980), Математичка статистика, Научна књига, Београд
- [24] EPA 841-B-96-003, (1996), The Volunteer Monitor's Guide To Quality Assurance Project Plans, United States Environmental Protection Agency, Office of Wetlands, Oceans and Watersheds
- [25] **Mitchell P.**, (2006), Guidelines for Quality Assurance and Quality Control in Surface Water Quality Programs in Alberta, W0603, Environmental Monitoring and Evaluation Branch, Environmental Assurance Division, Alberta Environment, Edmonton, Alberta
- [26] **Гржетих И.**, (2001), Обезбеђење квалитета и управљање квалитетом на пројектима и задацима са аналитичком праксом, Техника - Квалитет, стандардизација и метрологија 2, No. 2, стр. 1- 14

3. МОНИТОРИНГ ВОДА И СЕДИМЕНАТА

Шта можете сазнати и научити читајући ово поглавље:

- зашто се врши мониторинг вода,
- који се индикатори користе за одређивање квалитета вода,
- локалну законску регулативу,
- мерење протока и нивоа,
- технике и опрема за узорковање свих врста вода,
- праћење квалитета подземних вода,
- мониторинг седимената.

Мониторинг вода обухвата све врсте вода, од вода за пиће, пливање, риболов, рекреацију, наводњавање преко, индустријских потенцијално загађених, испусних вода које се користе и након употребе испуштају у водне реципијенте до сложених водних еколошких система. Обухваћене су воде океана, мора, река, језера, потока и бара, односно све врсте површинских и подземних вода. Само воде које су затвореном технолошком систему (нпр. воде после филтрирања које се поново користе у технолошком процесу или повратне воде са депонија отпада) не подлежу мониторингу, са еколошког аспекта. Њихов квалитет се контролише сагласно потребама технолошког процеса.

Поред воде, као течне фазе, мониторингу подлежу и седименти (чврста фаза) који се таложе на дну водних тела. Међутим, седименти су сложени системи тако да се ту поред чврсте фазе контролише и вода у порама (порна вода) и вода непосредно изнад седимента.

Мониторинг вода је значајан из најмање три разлога:

- вода је извор живота и мора се чувати,
- вода је главни транспортни медијум преко којег се преноси загађење поужем и ширем окружењу, и
- најчешће није могуће органолептички уочити загађеност.

Значај мониторинга седимената произлази из њиховог сталног и блиског контакта са водом те могућности да се загађења акумулирају у седименту, и тако, као секундарни извори загађења, утичу на квалитет воде у дугом периоду.

Основни задаци који се решавају у поступку мониторинга вода и седимената су:

- површинске воде.....количина (проток и водостај) и квалитет воде,
- подземне воде.....ниво и квалитет воде,
- отпадне (испусне) воде.....количина (проток) и квалитет воде,
- седименти.....квалитет чврсте и течне фазе.

3.1. Индикатори квалитета вода

За реалну оцену стања користе се индикатори. Индикатори животне средине су мерења, статистички подаци или вредности која представљају најбоље мерило или показатељ ефеката програма управљања животном средином, стања животне средине или услова који владају у животној средини. Компоненте које представљају индикаторе квалитета (загађења) воде су ствар експертских процена и законске регулативе.

Загађење воде по природи и пореклу може бити физичко, хемијско и биолошко, па се у том смислу врше физичке, хемијске, биолошке (бактериолошке, вирусолошке, радиолошке и биолошке у ужем смислу) анализе воде. Физичке, хемијске и бактериолошке анализе воде су рутинске и врше се систематски, а биолошке у ужем смислу, вирусолошке и радиолошке повремено.

Развијене су бројне методе којима се даје процена квалитета воде. Те методе се базирају на физичко-хемијским и биолошким параметрима/индикаторима. Резултати физичких анализа указују на неки поремећај. Хемијским методама мере се тренутне концентрације појединих полутаната који су само потенцијално одговорни за стање и квалитет воде. Већина биолошких параметара су индикатори еколошке равнотеже или степена неравнотеже проузроковане дуготрајним или комплексним деловањем различитих фактора [Остојић, Ђурчић, 2005]. Односно, само свеобухватном анализом физичких, хемијских и биолошких индикатора добија се потпуна слика стања животне средине или анализираних делова.

3.1.1. Физички индикатори

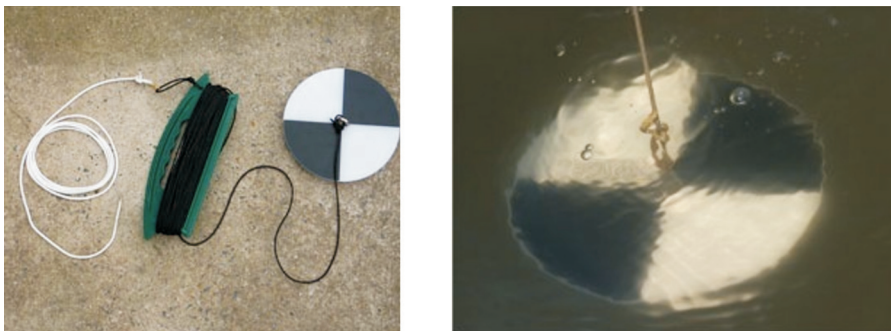
Физички индикатори се релативно брзо и лако одређују и већином служе за грубу оцену квалитета воде. Ту спадају: **температура, мирис и укус, транспарентност, мутноћа, боја, суспендоване честице.**

Температура је параметар који показује који организми могу да живе у тој води. Неке рибе, као нпр. поточна пастрмка, бела риба и др., воле да живе у хладној води, док друге, као нпр. бранцин, греч и др. воле топлије воде. Температура се одређује живиним термометром или термистором.

Мирис је естетска карактеристика која зависи од људског чула. Супстанце које производе мирисе учествују и у формирању **укуса** воде. Ипак, многе супстанце дају укус, али не и мирис. Неорганске супстанце чешће изазивају појаву укуса воде, без појаве мириса. Са друге стране, органске супстанце могу да произведу и мирис и укус. Мирис воде може да укаже на њено потенцијално загађење. Продукти неких алги и бактерија у води могу довести до развоја различитих мириса:

мириса земље, буђи, воћа и поврћа, траве, рибе итд. Биолошка разградња често је праћена настанком гасова и једноставнијих органских супстанци, узročника мириса [Јездимировић, 2011]. Међутим, ако се осети непријатан мирис то сигурно указује да је дошло до неког поремећаја у квалитету, а шта је узрок тог непријатног мириса одређује се хемијским и биолошким методама. Мирис се одређује органолептички, на собној температури.

Провидност (транспарентност) воде показује дубину воде на којој се може уочити неки предмет. Одређује се помоћу тзв. Секи (*Secchi*) диска, слика 3.1. Провидност зависи од угла под којим у воду улазе сунчеве зраке, временских прилика, количине материја у води, органске продукције, температуре воде и сл. По провидности воде се деле на: бистре, скоро бистре, слабо замућене, замућене, веома мутне и непровидне. Како се смањује степен провидности тако се повећава сумња у загађеност воде.



Слика 3.1. Секи диск за мерење провидности воде

Мутноћа или турбидитет показују колико је присуство алги, седимената и микроскопских организама у води. Што је њихово присуство веће то је провидност мања. Муљевита вода блокира сунчеву светлост и утиче на живи свет у води. Мутноћа се мери поређењем светлосних ефеката који се одвијају проласком светлости кроз узорак и кроз стандардне узорке. Изражава се у нефелометријским јединицама мутноће, (*eng. nephelometric turbidity units (NTU)*).

Боја воде је последица присуства алги, седимената и осталих суспендованих и растворених материја у води. Алге дају зелену или жућкасту боју, а суспендовани седименти од бледо до тамно кафене боје. Понекад је боја последица и природних услова, нпр. млечно-зелена боја указује на слојеве глине на дну воде. Врло чиста и дубока вода обично има плаву боју, зато што вода апсорбује плави део спектра и рефлектује га на површину. Боја се одређује колориметријски, визуелно упоређивањем. Јединица боје базирана је на платина-кобалт (Pt-Co) стандардном раствору који формира жуту боју.

Суспендоване честице чине честице муља и глине донесене водом, микроскопске биљке, канализацијски и идустијски отпад. Висока концентрација суспендованих честица смањује провидност воде, смањује фотосинтезу и повећава температуру воде. Многе растворене честице се вежу са токсичним састојцима и

тешким металима и акумулирају се на дну воде као седименти. Суспендоване честице се одређују гравиметријски, сушењем на 103-105°C.

3.1.2. Хемијски индикатори

Хемијски индикатори су специфичнији и кориснији од физичких за моменталну процену квалитета. Општи хемијски показатељи који се односе на велики број растворених материја су: **електрична проводљивост**, **ацидитет** и **алкалитет** (киселост и базичност), **тврдоћа** воде, **редокс потенцијал**, **специфичне хемијске анализе** итд.

Електрична проводљивост је способност (мера) воде да проводи електрицитет. Ниво проводљивости је директно зависан од концентрације растворљивих супстанци у води, али не показује о којој се супстанци ради. Константан ниво проводљивости је битан за одржавање живота у води. Што је проводљивост већа то је вода загађенија. Посебним тестовима се утврђује количина раствореног калцијума, азота, фосфора, гвожђа, сумпора, бикарбоната и других јона који се налазе у води. Многи од растворених јона граде скупове молекула неопходне за животне процесе биљака и животиња, али велика количина растворених супстанци може угрозити баланс еко-система. Мерење проводљивости врши се кондуктометрима, а јединица у SI систем је S/m (сименс по метру). Будући да проводљивост зависи и од температуре воде, односно да се са повећањем температуре повећава проводљивост, да би се резултати могли поредити прерачунавају се на стандардну температуру (25°C). Овако изражена вредност се назива **специфична** електрична проводљивост. Уобичајене вредности електричне проводљивости у пијаћој води износе од 0,005 (апсолутно чиста вода) до 0,05 S/m.

Ацидитет воде представља способност воде да неутралише базу, а **алкалитет** да неутралише киселину. Алкалитет и ацидитет се одређују титрацијом.

Ацидитет природних вода потиче од присуства слабих киселина, посебно угљене киселине. Већина природних вода се сматрају алкалним, мада могу садржати и слободну угљену киселину. Одређивање ацидитета је важно због агресивних особина киселих вода.

Алкалитет чине хидроксиди, карбонати и бикарбонати алкалних и земноалкалних метала, углавном калцијума, магнезијума, натријума и калијума. Алкалитет воде је важан за акватичне организме, јер алкалитет одржава рН у границама 6 до 9, што је најподесније за живе организме, и спечава нагле промене рН вредности. Површинске воде са високом вредношћу алкалитета могу да неутралишу киселе кише и друге киселе примесе.

Вредност рН је мера киселости, односно базичности воде. Већина водених организма захтева рН вредност у границама од 5,5 до 8. Кисела средина утиче на сазревање водених инсеката, а у рибама се могу наћи тешки метали растворени из стена у кориту водотока.

Количина **раствореног кисеоника** показује које биљке и животиње се могу наћи у води. Растворени кисеоник у води је пореклом из атмосфере или је производ

фотосинтезе алги и водених биљака. Воде са константно високим садржајем раствореног кисеоника представљају здрав и стабилан еко-систем у којем обитавају многе врсте. Хладна вода задржава више раствореног кисеоника него топла. Учешће кисеоника у чистој води на 0°C је 14,6 mg/l, на 20°C – 9 mg/l, а на 40°C - 6,6 mg/l [Рекалић, 1989]. Распадање органског отпада утиче на смањење количине раствореног кисеоника. Засићеност кисеоником се одређује титриметријски по Винклеру (*Winkler*) или јон-селективном електродом.

Нутријенти су азот, фосфор, угљеник, сумпор, калцијум, натријум и гвожђе и они су битни за раст живих бића. Они су биостимулатори јер су неопходни за примарну производњу (алге, зелене биљке). Од нутријената посебно важно је учешће азота и фосфора. Нутријенти се одређују спектрофотометријски.

Азот је производ разградње органских материја, а додатно се уноси испирањем пољопривредних земљишта. У води уз присуство кисеоника азот, у облику амонијака, се разграђује на нитрате и нитрите (тзв. нитрификација). Органски азот и амонијак везују кисеоник из воде, а нитрити су токсични. Индустијска употреба воде у којој има амонијака није погодна јер је амонијак корозиван.

Фосфор у воду долази испирањем фосфатних руда, спирањем пољопривредног земљишта и преко отпадних вода из индустрије и домаћинства. Повећање садржаја фосфора (и азота) доводи до тзв. **еутрофикације**. Еутрофикација је процес обогаћивања неке средине нутријентима што изазива убрзан раст алги и виших облика биљног живота, стварајући непожељан поремећај равнотеже организама присутних у води и квалитета те воде. Ширење алги може довести до смањења концентрације раствореног кисеоника у води, а што негативно утиче на биљке, рибе и остали живи свет у води.

Посматрано са аспекта квалитета воде нутријенти имају негативан утицај на систем кад год је њихова концентрација изнад природне.

Органске материје у води се налазе у раствореном и нераствореном облику. Деле се на биолошки разградиве и неразградиве материје. Разградњом се повећава количина CO₂ чиме се снижава рН вредност и повећава концентрација метала (гвожђе, манган...).

Показатељ количине разградиве органске материје је **биолошка потрошња кисеоника** (БПК₅) који представља петодневну биохемијску потребу кисеоника (при температури од 20 °C). **Хемијска потрошња кисеоника** (ХПК) је мера загађености воде, а представља потребну количину кисеоника за оксидацију органских компоненти и неорганичких соли. БПК и ХПК се изражавају као потрошња O₂ у mg/l. Биолошка потрошња кисеоника се одређује методом разблаживања и засејавања, а хемијска титриметријски.

Од органских материја у води се испитује и учешће пестицида, детергената и нафтних деривата. **Пестициди** најчешће допиру преко земљишта, а најопаснији су РСВ који се акумулира у ланцу исхране. **Детергенти** спречавају раст алги и стварају пену на површини. **Деривати нафте** формирају танки слоја на води и спречавају трансфер кисеоника. Неки су и канцерогени.

Метали у воду доспевају растварањем стена, испирањем земљишта и преко отпадних вода из индустрије и домаћинства. Обично се воде као тешки метали, мада сви не спадају у ту групу (нпр. алуминијум). Метали се трајно акумулирају у организму. Неки су и отровни (олово, жива, арсен...). Одређују се атомском апсорпцијом спектрометријом (AAS).

3.1.3. Индикатори квалитета воде према листи индикатора заштите животне средине

Према "Правилнику о националној листи индикатора заштите животне средине" (Сл. гласник РС бр. 37/2011) на воду се односе следећи индикатори:

- **Индикатор потрошње кисеоника у површинским водама**
 - ◆ Индикатор прати концентрације биолошке потрошње кисеоника (БПК₅) и амонијума (NH₄ – N) у рекама и обезбеђује меру стања површинских вода у смислу биоразградивог органског оптерећења и амонијума.
- **Нутријенти у површинским и подземним водама**
 - ◆ Индикатор прати концентрације ортофосфата (PO₄ – P) и нитрата (NO₃-N) у рекама, укупног фосфора (P) и нитрата (NO₃-N) у језерима и акумулацијама и нитрата (NO₃-N) у подземној води и обезбеђује оцену стања површинских и подземних вода у погледу концентрације нутријената.
- **Индекс сапробности (SI)**
 - ◆ Индекс сапробности је биолошки индикатор статуса вода који се користи за оцену нивоа органског загађења. Степен сапробности рефлектује интензитет процеса деградације органске супстанце у екосистему. Индекс сапробности може користити различите групе водених организама као индикаторе.
- **Serbian Water Quality Index (SWQI)**
 - ◆ SWQI као композитни индикатор квалитета површинских вода прати девет параметара физичко-хемијског и један параметар микробиолошког квалитета воде и обезбеђује меру стања површинских вода у погледу општег квалитета површинских вода не узимајући у обзир приоритетне и хазардне супстанце.

У Агенцији за заштиту животне средине Републике Србије [Sera,-] развијен је индикатор животне средине за област вода који је намењен извештавању јавности, стручњака и доносиоца политичких одлука (локална самоуправа, државни органи). Индикатор се заснива на методи *Water Quality Index (Development of a Water Quality Index, Scottish Development Department, Engineering Division, Edinburgh, 1976.)*. Методом *Water Quality Index (WQI)* десет одабраних параметара (табела 3.1) својим квалитетом (q_i) репрезентују особине површинских вода сводећи их на један индексни број. Удео сваког од десет параметара на укупни квалитет воде нема исти релативни значај, зато је сваки од њих добио своју тежину (w_i) и број бодова према уделу у угрожавању квалитета. Сумирањем производа ($q_i \times w_i$) добија се индекс 100 као идеалан збир удела квалитета свих параметара. У случају када недостаје податак о квалитету за неки параметар вредност аритметички измереног WQI коригује се множењем индекса са вредношћу $1/x$, где је x збир аритметички измерених тежина доступних параметара.

Табела 3.3. Параметри SWQI и њихова релативна вредност

Параметри (јединица мере)	Максимална вредност, $q_i \times w_i$
Засићеност кисеоником (%)	18
БПК ₅ (mg/l)	15
Амонијум (mg/l)	12
рН вредност	9
Укупни оксиди азота (mg/l)	8
Ортофосфати (mg/l)	8
Суспендовне материје (mg/l)	7
Температура (°C)	5
Електропроводљивост ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	6
<i>E.Coli</i> (МПН у 1000 ml)	12
$\Sigma(q_i \times w_i) = \text{WQI}$	100

Индикатори квалитета површинских вода (SWQI) су представљени бојама на картама водотока означавајући одговарајуће контролне профиле, табела 3.4.

Табела 3.4. Индикатори квалитета површинских вода (SWQI)

Нумерички	Описни	Класа вода	Боја
90 - 100	Одличан	I класа	●
84 - 89	Веома добар	I класа	●
72 - 83	Добар	II класа	●
39 - 71	Лош	III класа	●
0 - 38	Веома лош	IV класа	●
Нема података - није било мерења или је недовољан број параметара за израчунавање SWQI			○

■ **Квалитет воде за пиће**

- ◆ Квалитативни индикатори утицаја на здравље из извора животне средине одређују се као ризик од изложености микробиолошким агенсима (*Escherichia coli*, *Enterococcus*) и физичко-хемијским агенсима, тако да никада не премаше максимално дозвољене концентрације.

■ **Квалитет воде за купање**

- ◆ Индикатор прати број купалишта који током сезоне купања задовољавају и не задовољавају стандарде квалитета воде за купање у односу на укупан број купалишта.

■ **Процент становника прикључен на јавни водовод**

- ◆ Индикатор прати број становника прикључен на јавни водовод у односу на укупан број становника и даје меру одговора друштва на снабдевање становништва здравом водом за пиће

■ **Процент становника прикључен на јавну канализацију**

- ◆ Индикатор прати број становника прикључен на јавну канализацију у односу на укупан број становника и дају меру одговора друштва на побољшање услова живота и здравља становништва.

- **Постројења за пречишћавање отпадних вода из јавне канализације**
 - ◆ Индикатор прати проценат становништва прикљученог на постројења за пречишћавање отпадних вода из јавне канализације са примарним, секундарним и терцијарним третманом у односу на укупан број становника на територији државе и даје меру одговора друштва у области заштите вода.
- **Загађене (непречишћене) отпадне воде**
 - ◆ Индикатор прати удео испуштених непречишћених отпадних вода у површинске водопријемнике у односу на укупну количину испуштених отпадних вода.
- **Емисије загађујућих материја из тачкастих извора у водна тела**
 - ◆ Индикатор прати емисију загађујућих материја из тачкастих извора загађења на нивоу сливова, водних подручја и државе.

Побројани индикатори нису приоритетно предвиђени за праћење стања, квалитета и статуса воде већ представљају меру развијености и достигнутог развојног нивоа целог друштва, односно система заштите животне средине. Међутим, из броја индикатора везаних за воду, очигледно је колики се значај придаје води као мерилу развоја и развијености.

3.2. Мониторинг површинских вода

3.2.1. Законска регулатива

3.2.1.1. Европска унија

Најзначајни документ донесен у Европској унији који тежи добром квалитету ресурса воде за пиће је Оквирна Директива за воде (EU 2000/60/EC Water Framework Directive - "Правилник о опасним материјама у води"). Ова директива је донесена ради постизања "доброг статуса" свих вода и као допринос заштити и побољшању квалитета акватичних екосистема. У исто време је предуслов за одрживи развој и употребу водних ресурса. После ње је донесено још доста других директива које детаљаније покривају квалитет воде за купање, за узгој слатководних риба, шкољки, за садржај опасних супстанци, квалитет подземне воде итд. [Далмација, 2013].

WFD директива доноси неке новине у систему заштите вода, а то су:

- систем управљања преко речних сливова,
- употреба комбинованог приступа контроле загађења коришћењем граничних вредности емисије (ГВЕ) и циљних критеријума квалитета (ГВИ),
- свест корисника о трошковима обезбеђења довољних количина воде одговарајућег квалитета и њеног коришћења, и
- учешће најшире јавности у процесу доношења одлука.

Према овој директиви статус вода је дефинисан преко:

- статуса површинских вода (хемијски и еколошки статус)
- статуса подземних вода (хемијски и квантитативан статус).

Квалитет река, језера, прелазних (брактичних, сланкастих) и приобалих вода дефинише се као: одличан, добар, осредњи, а код модификованих или вештачких водотока класификација се врши на основу еколошког потенцијала, као: максималан, добар или осредњи.

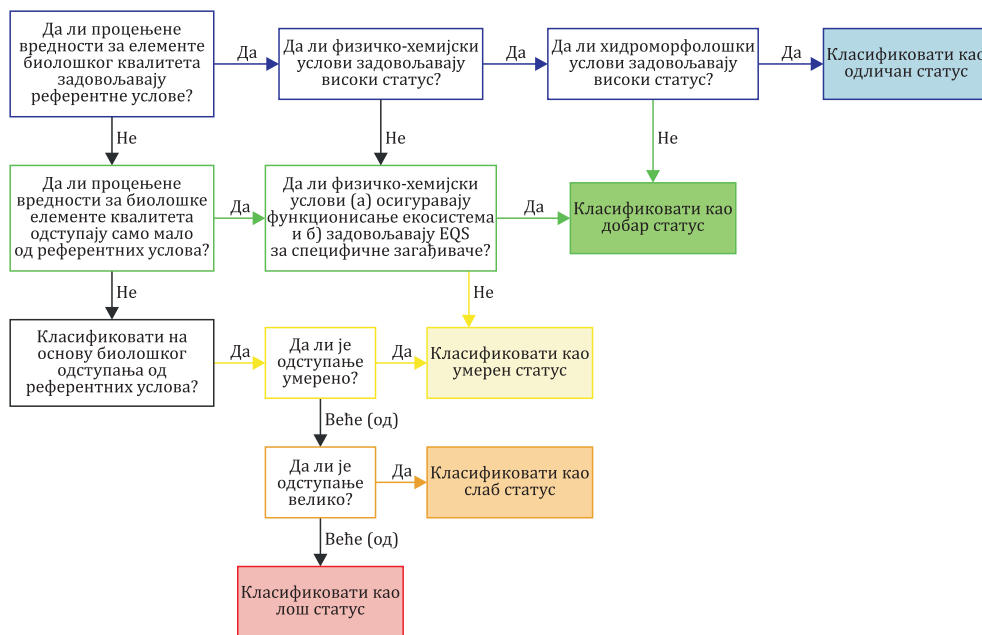
Постизање доброг статуса код површинских вода значи добар еколошки и хемијски статус, а подела на прихватљив и неприхватљив статус дата је на табели 3.5.

Табела 3.5. Статус вода према WFD

Статус	Прихватљивост према WFD	Карактеристике
Одличан	Прихватљиво	Природно стање
Добар		Занемарљиво погоршање
Умерен	Неприхватљиво	Уочљиве промене
Слаб		Значајне промене
Лош		Обиљне промене

Еколошки статус се одређује на основу **најлошије процењеног елемента** квалитета. Међутим, одлука о томе да ли је водно тело у лошем статусу или није условљена је стањем биолошких елемената квалитета. Стање физичко-хемијских и хидроморфолошких елемената квалитета само утиче на ту одлуку индиректно кроз њихов утицај на стање биолошких елемената квалитета.

Алгоритам за дефинисање статуса природних површинских вода приказан је на слици 3.2.



Слика 3.2. Алгоритам за дефинисање статуса површинских вода према WFD

За модификоване или вештачки формиране водотокове направљен је сличан алгоритам за дефинисање њиховог статуса.

ЕУ посвећује посебну пажњу мониторингу квалитета воде, па је многе детаље разрадили у склопу WFD. У тој Директиви као посебне врсте издвојени су:

- **надзорни**, врши се ради обезбеђења комплетног прегледа статуса вода и давања информација о дугорочним трендовима,
- **оперативни**, врши се ради установљивања или потврђивања статуса оних водних тела која су идентификована као ризична у смислу немогућности испуњења задатих циљева и
- **истраживачки** мониторинг, врши се тамо где разлози прекорачења граничних вредности нису познати.

Мрежа за мониторинг површинских вода успоставља се тако да осигура целовит и свеобухватан преглед еколошког и хемијског статуса у сваком речном сливу, као и да омогући класификацију водних тела у пет класа.

3.2.1.2. Србија

Уредбом о класификацији вода (Сл. гласник СРС 5/68) дефинисан је квалитет вода у СФРЈ, тиме и у Србији, са јасном дефиницијом за класе I до IV и две поткласе за класу II (табела 3.6).

Табела 3.6. Класификација вода

Ред. бр.	Показатељ	Класа I	Класа II		Класа III	Класа IV
			Поткласа			
			IIa	IIb		
1.	Суспендоване материје, при сувом времену у mg/l највише до	10	30	40	80	-
2.	Укупни суви остатак, при сувом времену у mg/l највише до:	350	1000	1000	1500	-
	- за површинске воде и природна језера					
	- за подземне воде	800	1000	1000	1500	-
3.	pH вредност	6,8-8,5	6,8-8,5	6,8-8,5	6,0-9,0	
4.	Растворени кисеоник, у mg/l најмање (не примењује се на подземне воде и природна језера)	8	6	5	4	0,5
5.	Петодневна биохемијска потрошња кисеоника, у mg/l, највише до	2	4	6	7	-
6.	Степен сапробности, према Либману (примењује се само за језера)	олиго-сапробан	бета-мезо-сапробан	бета-алфа-мезо-сапробан	алфа-мезосапробан	
7.	Степен биолошке продуктивности, (примењује се само за језера)	олиготрофни	сутрофни	-	-	-
8.	Највероватнији број колиформних клица, у 100 ml највише до	200	6000	10000	-	-
9.	Видљиве отпадне материје	без	без	без	без	без
10.	Приметна боја	без	без	без	-	-
11.	Приметан мирис	без	без	без	-	-

Поједине класе вода обухватају:

- **класа I** - воде које се у природном стању или после дезинфекције могу употребљавати или искоришћавати за снабдевање насеља водом за пиће, у прехранбеној индустрији и за гајење племенитих врста риба (салмонида);
- **класа II** - воде које су подесне за купање, рекреацију и спортове на води, за гајење мање племенитих врста риба (ципринида), као и воде које се уз нормалне методе обраде (коагулација, филтрација и дезинфекција) могу употребљавати за снабдевање насеља водом за пиће и у прехранбеној индустрији;
 - ◆ **поткласа IIa**, обухвата воде које су уз нормалне методе обраде (коагулација, филтрација и дезинфекција) могу употребљавати за снабдевање насеља водом за пиће, за купање и у прехранбеној индустрији, и
 - ◆ **поткласа IIb**, обухвата воде које се могу искоришћавати или употребљавати за спортове на води, рекреацију, за гајење мање племенитих врста риба (ципринида) и за појење стоке.
- **класа III** - воде које се могу употребљавати или искоришћавати за наводњавање и у индустрији, осим прехранбене индустрије;
- **класа IV** - воде које се могу употребљавати или искоришћавати само после посебне обраде.

Прихватањем европских норми произашлих из Оквирне директиве о води Србија се, практично одрекла ове класификације вода. Међутим протеклих педесетак година мониторинг вода се базирао на овој класификацији, па је због континуитета потребно познавати и параметре и дефиниције из ове класификације.

Србија је донеле мноштво законских прописа последњих година како би се уклопила у савремену европску праксу и Оквирну директиву о води. За мониторинг вода најзначајнији су следећи документи:

- "Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање" (Сл. гласник РС бр. 50/2012)
- "Уредба о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање" (Сл. гласник РС бр. 35/2011)
- "Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање" (Сл. гласник РС бр. 67/2011).
- "Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода" (Сл. гласник РС бр. 74/2011).
- "Правилником о референтним условима за типове површинских вода" (Сл. гласник РС бр. 67/2011).

"Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање" (Сл. гласник РС бр. 50/2012) је основни законски документ који прати квалитет вода и седимената у води, а који се директно наслања на европске директиве. Када је у питању вредновање квалитета воде ова Уредба уводи нове изразе за граничне параметре. **Гранична вредност** је стандард квалитета животне средине изражен као концентрација појединачне загађујуће материје или групе загађујућих матери-

ја или индикатора загађивања у површинској и подземној води и седименту, која не сме да буде прекорачена у циљу заштите животне средине и здравља људи.

Као граничне вредности за површинске воде користе се:

- **максимално дозвољена концентрација (МДК), и**
- **просечна годишња концентрација (РГК).**

Према наведеној Уредби, а према еколошком и хемијском статусу, површинске воде се деле у пет класа. Опис сваке од тих класа дат је у табели 3.7.

Табела 3.7. Класе површинских вода према еколошком и хемијском статусу

Класа	Статус	Опис класе
I	одличан	обезбеђују услове за функционисање екосистема, живот и заштиту риба (салмонида и ципринида) и могу се користити као вода за пиће уз предходни третман филтрацијом и дезинфекцијом, купање и рекреацију, наводњавање, индустријску употребу (процесне и расхладне воде).
II	добар	обезбеђују услове за функционисање екосистема, живот и заштиту риба (ципринида) и могу се користити у исте сврхе и под истим условима као и површинске воде које припадају класи I.
III	умерен	обезбеђују услове за живот и заштиту ципринида и могу се користити као вода за пиће уз предходни третман коагулацијом, флокулацијом, филтрацијом и дезинфекцијом, купање и рекреацију, наводњавање, индустријску употребу (процесне и расхладне воде).
IV	слаб	могу се користити као вода за пиће уз примену комбинације предходно наведених третмана и унапређених метода третмана, наводњавање, индустријску употребу (процесне и расхладне воде).
V	лош	не могу се користити ни у једну сврху.

Као и код ЕУ еколошки статус се одређује на основу најлошије процењеног елемента квалитета, а одлука о томе да ли је водно тело у лошем статусу или није условљена је стањем биолошких елемената квалитета.

Граничне вредности загађујућих суспензија у површинским водама дате су у табели 3.8.

Табела 3.8. Граничне вредности загађујућих материја у површинским водама

Параметар	Јед. мере	Граничне вредности, по класама				
		I	II	III	IV	V
Општи						
рН		6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	<6,5 или <8,5
Суспендоване материје	mg/l	25	25	-	-	-
Кисеонични режим						
Растворени кисеоник	mg O ₂ /l	-(8 (или ПН))	-(8)	5	4	< 4
Засићеност кисеоником	%					
- епилимнион (стратификована вода)		90-110	70-90	50-70	30-50	<30
- хиполимнион (стратификована вода)		70-90	70-50	30-50	10-30	<10
- нестратификована вода		70-90	50-70	30-50	10-30	<10
БПК ₅	mg O ₂ /l	-(8 (или ПН))	-(8)	7	25	>25
ХПК (бихроматна метода)	mg O ₂ /l	10 (или ПН)	15	30	125	>125
1 ХПК (перманганатна метода)	mg O ₂ /l	5 (или ПН)	10	20	50	>50

Табела 3.8. Наставак

Параметар	Јед. мере	Граничне вредности, по класама				
		I	II	III	IV	V
Укупни органски угљеник (ТОС)	mg/l]	-(8) (или ПН)	-(8)	15	50	>50
Нутријенти						
Укупан азот	mg N/l	1 (или ПН)	2	8	15	>15
Нитрати	mg N/l	-(8) (или ПН)	-(8)	6	15	>15
Нитрити	mg N/l	0,01 (или ПН)	0,03	0,12	0,3	>0,3
Амонијум јон	mg N/l	-(8) (или ПН)	-(8)	0,6	1,5	>1,5
Не-јонизовани амонијак	mg/l NH ₃	0,005	0,025	-	-	-
Укупан фосфор	mg P/l	-(8) (или ПН)	-(8)	0,4	1	>1
Ортофосфати	mg P/l	-(8) (или ПН)	-(8)	0,2	0,5	>0,5
Салинитет						
Хлориди	mg/l	50 (или ПН)	-(8)	150	250	>250
Укупни заостали хлор	mg/l HOCl	0,005	0,005	-	-	-
Сулфати	mg/l	50 (или ПН)	100	200	300	>300
Укупна минерализација	mg/l	<1000 (или ПН)	1000	1300	1500	>1500
Електропроводљивост на 20°C	mS/cm	<1000 (или ПН)	1000	1500	3000	>3000
Метали						
Арсен	µg/l	<5 (или ПН)	10	50	100	>100
Бор	µg/l	300 (или ПН)	1000	1000	2500	>2500
Бакар	µg/l	5 (T=10) 22 (T=50) 40 (T=100) 112 (T=300)	5 (T=10) 22 (T=50) 40 (T=100) 112 (T=300)	500	1000	>1000
Цинк	µg/l	30 (T=10) 200 (T=50) 300 (T=100) 500 (T=500)	300 (T=10) 700 (T=50) 1000 (T=100) 2000 (T=500)	2000	5000	>5000
Хром (укупни)	µg/l	25 (или ПН)	50	100	250	>250
Гвожђе (укупно)	µg/l	200	500	1000	2000	>2000
Манган (укупни)	µg/l	50	100	300	1000	>1000
Органске супстанце						
Фенолна једињења (као C ₂ H ₅ OH)	µg/l	<1	1	20	50	>50
Нафтни угљоводоници не смеју да:						
- формирају видљиви филм на површини воде или превлаке на обалама водотокова и језера,				-	-	-
- дају препознатљиви "угљоводонични" укус рибама,						
- изазивају штетне ефекте у рибама.						
Површински активне материје (као лаурилсулфат)	µg/l	100	200	300	500	>500
АОН (адсорбујући органски халоген)	µg/l	10	50	100	250	>250
Микробиолошки параметри						
Фекални колиформи	cfu/100ml	100	1000	10000	100000	>100000
Укупни колиформи	cfu/100ml	500	10000	100000	1000000	>1000000
Цревне ентерококе	cfu/100ml	200	400	4000	40000	>40000
Број аеробних хетеротрофа (метода Kohl)	cfu/100ml	500	10000	100000	750000	>750000

T- тврдоћа воде, ПН - природни ниво, (8) код класе I и II односи се на табеле квалитета вода из тих класа за одличан и добар статус

Према "Правилнику о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода" површински водотоци су подељени у 6 типова:

тип 1 – велике низијске реке, доминација финог наноса (Дунав, Сава, Бегеј, Тамиш, Тиса, Велика Морава),

тип 2 – велике реке, доминација средњег наноса, изузев река подручја Панонске низије (Нера, Млава, Пек, Црни и Бели Тимок, Јужна и Западна Морава, Ибар, Лим, Колубара, Нишава итд.),

тип 3 – мали и средњи водотоци, надморска висина до 500 m, доминација крупне подлоге,

тип 4 – мали и средњи водотоци, надморска висина преко 500 m, доминација крупне подлоге,

тип 5 – водотоци подручја Панонске низије, изузев водотока сврстаних у тип 1,

тип 6 – мали водотоци изван подручја Панонске низије који нису обухваћени типом 3 и 4, као и водотоци који нису обухваћени Правилником о утврђивању водних тела површинских и подземних вода (Сл. гласник РС бр. 96/10).

Посебно су прописани и параметри и квалитети, по класама, за:

- језера испод надморске висине од 200 m
 - ♦ посебно за плитка језера, ≤ 10 m, и све барско-мочварне екосистеме, а
 - ♦ посебно за средњедубока, 10-30 m, и дубока ≥ 30 m,
- акумулације формиране на водним телима, по типовима водотокова,
- вештачка водна тела.

Табела 3.9. Захтеви према класама у односу на садржај приоритетних и хазардних супстанци

Класа	Садржај приоритетних и приоритетних хазардних супстанци у површинским водама	Еколошки статус
I	У току годишњег испитивања измерена вредност не сме да прекорачи просечну годишњу концентрацију (PGK)	одличан
II	Измерена вредност је мања или једнака PGK	добар
III	Измерена вредност је већа од PGK, али мања или једнака МДК	умерен
IV		слаб
V	Измерена вредност је већа од МДК	лош

У истом правилнику дају се и критеријуми за процену нивоа поузданости статуса водних тела површинских вода. Ниво поузданости може да буде висок, средњи и низак. Прописани су услови на бази чега се дефинише ниво поузданости.

"Правилником о референтним условима за типове површинских вода" (Сл. гласник РС бр. 67/2011) прописани су референтни услови за сваки тип водотока, осим вештачког, који одговарају вредностима елемената квалитета при одличном еколошком статусу тог типа водотока.

За сваки тип водотока, осим вештачког, одређују се специфични референтни услови:

1. **биолошки параметри**, дефинисани као значајни за оцену еколошког статуса за дати тип;
2. **физичко-хемијски параметри** релевантни за дати тип, који су од значаја за биолошке параметре;

3. хидроморфолошки параметри, који су од значаја за биолошке параметре за дати тип.

Списак приоритетних и хазардних супстанци дефинисан је "Уредбом о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање", Сл. гласнику РС 35/2011.

Према садржају приоритетних и хазардних супстанци у површинској води свака од наведених класа треба да испуњава захтеве дате у табели 3.9, а граничне вредности су дате у табели 3.10.

Табела 3.10. ГВ за приоритетне и хазардне супстанце у површинским водама

Бр	Име приоритетне супстанце (PS)	Приоритетне хазардне супстанце (PHS)	Просечна год. концентрација (PGK) (µg/l)	Мак. дозвољена концентрација (МДК) (µg/l)
1	Atrazin		0,6	2,0
2	Benzen		10	50
3	Кадмијум и његова једињења (у зависности од класе тврдоће воде)	X	≤0,08 (класа 1) 0,08 (класа 2) 0,09 (класа 3) 0,15 (класа 4) 0,25 (класа 5)	≤0,45 (класа 1) 0,45 (класа 2) 0,6 (класа 3) 0,9 (класа 4) 1,5 (класа 5)
4	Ugljentetrahlorid		12	/
5-8	Ciklodienski pesticidi: Aldrin, Dieldrin, Endrin, Izodrin	X	сума 0,01	/
9	Ukupni DDT		0,025	/
10	Para-para- DDT		0,01	/
11	1,2-dihloretan		10	/
12	Endosulfan	X	0,005	0,01
13	Heksahlorobenzen	X	0,01	0,05
14	Heksahlorobutadien	X	0,1	0,6
15	Heksahlorocikloheksan	X	0,02	0,04
16	Олово и његова једињења		7,2	/
17	Жива и њена једињења	X	0,05	0,07
18	Naftalen		2,4	/
19	Никл и његова једињења		20	/
20	Pentahlorofenol		0,4	1
21-25	Poliaromatični ugljovodonici (PAH)	X	/	/
	Benzo(a)piren	X	0,05	0,1
	Benzo(b)fluoranten	X	сума 0,03	/
	Benzo(k)fluoranten	X		
	Benzo(g,h,i)perilen	X	сума 0,002	/
Indeno(1,2,3- cd)piren	X			
26	Simazin		1	4
27	Tetrahaloroetilen2		10	/
28	Trihaloroetilen2		10	/
29	Tributil kalajna јединjenja	X	0,0002	0,0015
30	Trihalorobenzeni (svi izomeri)		0,4	/
31	Trihalorometan (hloroform)		2,5	/
32	Trifluralin		0,03	/
33	Polihlorovani bifenili (PCB)	X	/	/

Квалитет воде која се испушта у природни реципијент у Србији дефинисан је "**Уредбом о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање**" (Сл. гласник РС бр. 67/2011). Наведена Уредба покрива широк дијапазон индустријских постројења из којих се испушта вода. Укупно је систем подељен на 49 група (1. термоенергетска постројења, 2. постројења и погони за прање и сепарацију угља, 3. производња брикета мрког угља, ... 48. отпадне воде које садрже минерална уља, 49. стоматолошке ординације и клинике).

За сваку од наведених грана дефинисани су индикатори и граничне вредности емисије на месту испуштања воде. Граничне вредности емисије на месту испуштања у површинске воде из постројења и погона за прање и сепарацију угља, као пример како су у Уредби дефинисани параметри и ГВЕ, дате су у табели 3.11.

Табела 3.11. ГВЕ на месту испуштања у површинске воде из постројења и погона за прање и сепарацију угља

Параметар	ГВЕ, односи се на двочасовни узорак
Температура, °C	30
pH	6,5 - 9
Суспендоване материје, mg/l	80
XПК, mgO ₂ /l	100

3.2.2. Мерење протока воде

Мерење протока воде која се емитује у реципијент је битна како би се квантитативно сагледао и анализирао утицај на водоток – реципијент. Мерењем протока (Q , m³/s), уз познату концентрацију загађујуће материје (C , g/m³), оптерећење реципијента (L , g/s) се рачуна по обрасцу [Burden, 2002]:

$$L = C \times Q$$

Када се истакање воде врши пумпама са цевоводом који је под притиском и код кога је цели попречни пресек цеви испуњен водом тада се најчешће користе разне врсте протокомера (турбински, електромагнетски и др.) који се инсталирају на цев и који континуирано бележе проток у јединици времена и кумулативно.

Много чешћи случај је да се истакање воде врши преко канала или кроз цевовод који није под притиском и код којег је проток - каналски. Да би се ту измерио проток примењује се различите технике, најчешће се формирају преливне грађевине различитог профила и сужења код којих се мерењем појединих параметара прерачунава проток.

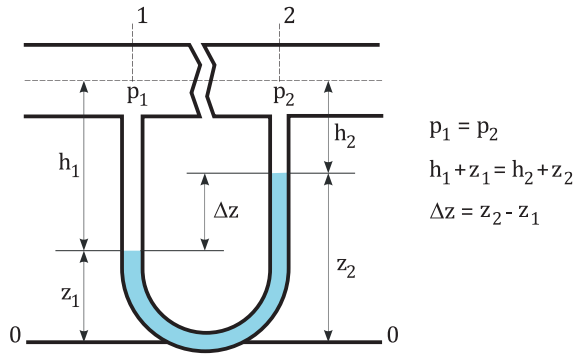
Методe мерење протока флуида могу бити директна, динамичка, површинска и проточна.

Директна мерења се заснивају на принципу по којем је проток једнак запремини флуида која се забележи у јединици времена. Користи се само за мерење протока течности. За мерење се користе градуисани судови (мензуре, кофе и бурад разли-

чите запремине) и штоперица. Овај тип мерења је у индустријским условима физички тешко организовати па се ретко користи.

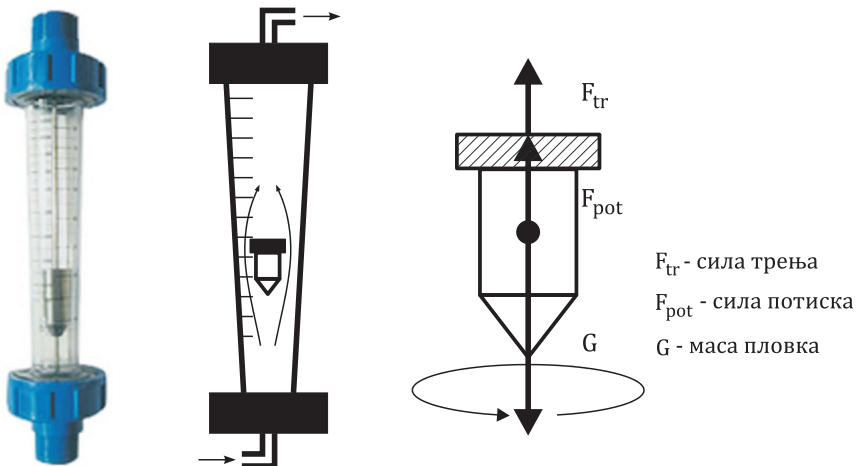
Динамичка мерења се заснивају на бележењу промене притисака која се јављају као последица протицања флуида кроз одговарајући уређај. Најчешће се користе пригушнице, диференцијални U-манометри и Питоова (*Pitot*) цев.

Овај тип мерења се често користи за мерење протока воде и гаса кроз цевоводну инсталацију под притиском када је попречни пресек цеви у потпуности испуњен флуидом. Најчешће се користе тзв. диференцијални U-манометри (слика 3.3).



Слика 3.3. Шема диференцијалног U-манометра

Површинска мерења се заснивају на промени површине попречног пресека струјања услед промене протока. Најчешће коришћени апарат за мерење протока воде и гасова у цевоводима под притиском је ротаметар, а мерни преливи, прагови, сужења, уставе итд. различитог облика за мерење протока воде при гравитацијском, слободном, протицању.



Слика 3.4. Ротаметар (фотографија, шема, пловак)

Ротаметар (слика 3.4) је једноставан апарат који се састоји од провидне градуиране веритакалне цеви која се конично шири одоздо навише и у коју се умеће цилиндрични пловак на чијем горњем делу су урезани жлебови тако да пловак при било којем протоку ротира. Уграђује се у вертикалну цевоводну инсталацију. Када нема протока пловак падне на дно и мирује. Када се појави неки проток услед силе потиска која превазилази силу гравитације пловак се подиже. С обзиром да се навише пречник цеви повећава у једном тренутку ће се појавити равномерно стање између силе потиска и силе гравитације (с обзиром да је трење занемарљиво мало), а достигнута висина се читава са скале на стакленој цеви. Очитана вредност представља вредност протока кроз цевоводни систем.

Посебно изграђене мерне грађевине (прелив, сужења, прагови, уставе, каскаде) се често користе у индустријској пракси, на каналима и мањим водотоцима, за мерење протока воде чији ток је гравитацијски (каналски).



Слика 3.5. Мерни преливи: горе: троугаони са резом под 90° , доле: правоугаони

Мерни преливи. Састоји се од сандука, најчешће бетонског, на чијој једној страни је урез одговарајућег облика. Вода утиче у сандук испуњава га и почиње да прелива преко наведеног уреза. Висина прелива се мења са променом протока. Мерењем висине прелива може се, из претходно припремљених табела, очитати проток у тренутку мерења. Дакле, уређај захтева претходну "калибрацију" што се може урадити директним мерењем протока у једници времена за успостављено стационарно стање висине воде на преливу или мерењем брзине кретања флуида кроз сандук чија површина, односно запремина, од најниже тачке до измерене висине на преливу, су познате.

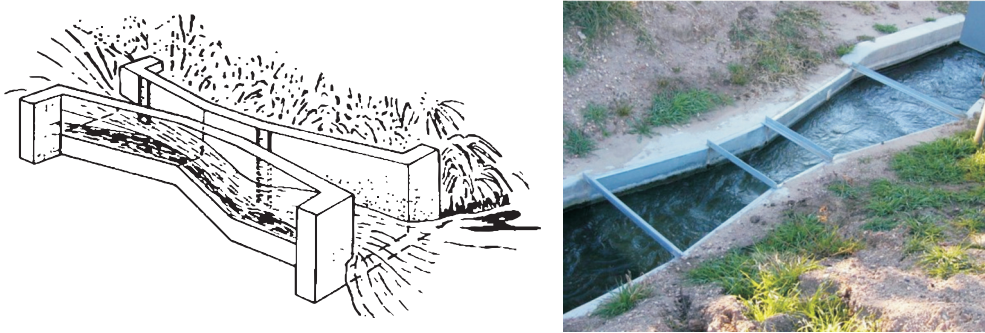
Када се троугаони урез направи под углом од 90° тада је, мерењем висине прелива (H , m) могуће прорачунати проток (Q , m^3/s) по обрасцу [Hudson, 1993]:

$$Q = 1,38 \times H^{2,5}$$

За квадратни урез, ширине L (m), проток се рачуна по обрасцу:

$$Q = 1,84 \times (L - 0,2 \times H) \times H^{2/3}$$

Сужења. Сврставају се у посредна мерења протока при истицању воде из цевовода под притиском када је мање од половине попречног пресека цеви испуњено водом. Принцип мерења се заснива на прерачунавању протока у зависности од површине заузетог попречног пресека цеви. Међу много типова сужења најчешће се среће Паршалово (*Ralph Parshall*) сужење, слика 3.6.



Слика 3.6. Паршалово сужење

Проточна мерења се заснивају на окретању ротора који се поставља у струју кретања флуида тако да при проласку флуида прима део кинетичке енергије флуида и преко спрегнутог бројача показује проток. У ову групу спадају водомер и анемометар. Водомер се користи за мерење протока течности, а анемометар гаса. Водомер се инсталира само на цевоводима који су под притиском и код којих је целокупни попречни пресек цеви испуњен флуидом. Код проточних мерења, уређај (често се зове "сат" и протокомер) бележи кумулативни проток од тренутка инсталисања. Проток у јединици времена се може добити бележењем регистроване вредности на почетку и на крају мерења уз мерење протока времена. На овај начин се, као код директних мерења, може утврдити тренутни проток флуида. Уређаји за оваква мерења се израђују у фабрикама и повремено захтевају баждарење применом неке друге методе. Анемометар се користи за мерење брзине гасовитих флуида и мерење брзине ветра. Када се монтира на цевовод тада се читавањем брзине кретања гаса кроз попречни пресек сталне површине лако израчунава проток гаса, слика 3.7.

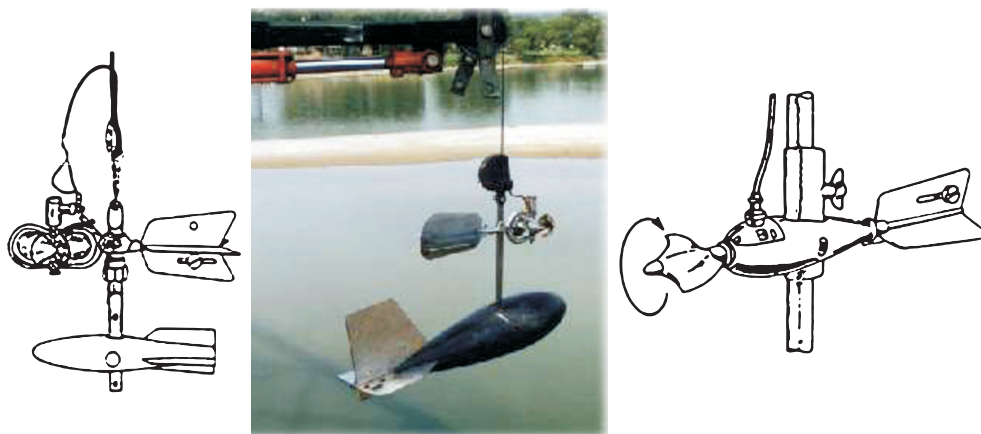
На отвореним токовима за мерење протока обично се користи посебан апарат. Позната су два типа: са чашицом и са пропелером слика 3.8. којима се утврђује брзина кретања воде. За познату ширину и просечну дубину рачуна се (или се процењује) површина попречног пресека која помножена са брзином даје проток воде.

Варијације брзина у кориту зависи од положаја матице и обала и дубине корита па је рачунање површине попречног пресека корита веома захтевно. На слици 3.9

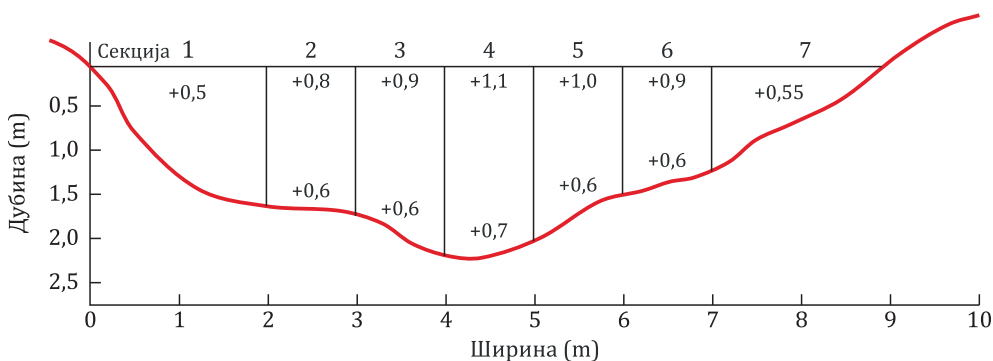
и у табели 3.12 дат је пример прорачуна [Hudson, 1993]. Мерење брзине се обавља на 0,2 D и 0,8 D (D - дубина воде у средини сваке секције у којој се обавља мерење).



Слика 3.7. Проточни мерачи (сат за проток воде, анемометар за мерење брзине ветра, анемометар за мерење брзине гаса)



Слика 3.8. Апарат са пропелером за мерење протока воде у отвореном току



Слика 3.9. Мерење површине попречног пресека корита водотока и брзине тока

Табела 3.12. Рачунање површине попречног пресека корита водотока и брзине тока

Секција	Брзина транспорта, m/s			Дубина, m	Ширина, m	Површина, m ²	Проток, m ³ /s
	0,2D	0,8D	Средина				
1	2	3	4	5	6	7 (5×6)	8 (4×7)
1	-	-	0,5	1,3	2,0	2,6	1,30
2	0,8	0,6	0,7	1,7	1,0	1,7	1,19
3	0,9	0,6	0,75	2,0	1,0	2,0	1,50
4	1,1	0,7	0,9	2,2	1,0	2,2	1,98
5	1,0	0,6	0,8	1,8	1,0	1,8	1,44
6	0,9	0,6	0,75	1,4	1,0	1,4	1,05
7	-	-	0,55	0,7	2,0	1,4	0,77
						Укупно	9,23

3.2.3. Узорковање површинске воде

Узимање узорака воде дефинисано је стандардима из групе SRPS EN ISO 5667.

Постоје три главна типа програма узимања узорака:

- контрола квалитета,
- оцена квалитета, и
- идентификација извора загађења.

Контрола квалитета подразумева поређење са резултатима претходних испитивања. **Оцена квалитета** подразумева испитивање свих параметара, а **идентификација извора загађења** тражи добро познавање технолошког процеса и могућег извора загађења пре него што се успостави листа параметара које треба мерити и анализирати.

Програм узорковања треба да садржи следеће:

- идентификација места узорковања,
- тип узорака (површинска вода, седимент, биота),
- временско трајање испитивања,
- учесталост узорковања (месечно, квартално...),
- врсте узорака (тренутни или композитни узорци),
- метод сакупљања узорака (ручно, аутоматски),
- податке о лицу које обавља узорковање.

Узимање узорака за анализу

Узорак воде треба да представља њен састав у испитиваном попречном пресеку и у одређеном времену. Да би се при узимању узорка воде задовољили сви услови, разликују се три врсте узорака:

1. **Појединачни узорак**, одређена запремина воде захваћена у одређено време, на одређеном месту.
2. **Мешовити узорак**, смеша појединачно захваћених узорака узетих у одређеним размацима времена или континуирано у току одређеног времена са одређеног места.

3. Скупни (комполитни) узорак, добија се мешањем појединачно захваћених узорака узетих истовремено са различитих тачака водене масе (и дубина), тј. са различитих попречних пресека водене масе.

У зависности од циља истраживања, како би се избегао несклад резултата и обезбедила репрезентативност, припрема се комполитни узорак за сваку локацију. За редовни мониторинг код већих водотокова препоручује се узимање узорака (лева обала, средина, десна обала) и хватање из тачке код мањих хомогених водних маса.

Начин узимања узорака воде зависи од врсте, величине и карактеристика водног реципијента или тока из које се узорак узима, односно од врсте испитивања која ће се извести на узетом узорку. При томе, вода из које се узима узорак може бити емитер (емисија) или пријемник/реципијент (имисија).

Посматрано са аспекта индустријских постројења који користе воду као саставни део технолошких процеса важно је узорковати, анализирати и пратити емисију загађења преко воде која се испушта у реципијент. Међутим, посматрано са аспекта водопривредне организације, локалне или шире заједнице поред емисије важно је познавати и ефекте које изливање воде у реципијент изазива. Односно, у овом случају важно је разматрати имисију загађења водног реципијента.

3.2.3.1. Узимање узорака за утврђивање емисије полутаната

Узимање узорака који репрезентују квалитет воде која се излива у реципијент зависи од количине изливне воде, приступачности места изливања и објеката преко кога се изливања обавља. На местима излива, по правилу, треба узети узорке за физичко-хемијске анализе воде, потом узорке за микробиолошка и биолошка испитивања, али треба утврдити и проток (количину) воде која се излива у реципијент. Утврђивањем само концентрације полутаната у некој води може се стећи крајње погрешан утисак о угрожености водотока јер се стварна угроженост може утврдити само анализом концентрације свих загађивача и количине воде која се излива у водоток. Разуме се, за стварно сагледавање потребно је знати (макар и оквирно) протицај водотока на месту или профили на којем се (загађена) вода излива.

Излив воде се врши из цевовода и преко канала (бетонских или земљаних). Често и комбиновањем цевовода и канала.

Када се изливање врши из цевовода, а проток покрива више од половине попречног пресека цеви великог пречника тешко је узети узорак (слика 3.10, лево). У оваквим случајевима проток се одређује посредно, преко капацитета пумпе којом се вода транспортује до реципијента (ако је транспорт воде принудан – пумпама) или изградњом посебних објеката (прелива, сужења) за мерење протока воде која се излива (слика 3.10, десно). Посебном опремом пресецањем млаза воде могу се узети узорци воде или се могу узети на преливу грађевина које се користе за одређивање протока.



Слика 3.10. Истицање воде: из цеви великог пречника (лево), преко Томпсоновог прелива (десно)

Уколико се изливања врши преко уређеног каналског излива тада се узорци најлакше могу узети на местима брзотока (вертикално смакнути део канала ради преливања из једног дела канала и успостављање веће брзине транспорта) где је вода најхомогенија.

3.2.3.2. Узимање узорака за утврђивање имисије полутаната

3.2.3.2.1. Узимање узорака из језера

Језера представљају природна или вештачка подручја унутар којих се акумулира одређена количина водене масе. У зависности од постанка, конфигурације терена и уређења водена маса може бити више или мање стационарна (стајаћа). Но, обично су језера притоке и отоке поједних водотокова те се тако преко њих врши транспорт водене масе уз привремено, вишедневно, задржавање воде. Измена маса код језера је спорија (ређа) него код водотокова (реке, потоци) но врши се чешће (брже) него код бара, мочвара или депресија у којима се акумулира вода.

Дакле, по правилу кроз језера (природна и вештачка) постоји ток основне водне масе.

Са аспекта загађења, језера представљају доста непогодне водне површине унутар којих се загађења могу акумулисати и дуго задржавати ширећи на тај начин потенцијално загађење по окружењу.

По облику језера могу да обухватају само један ниво и да имају кружан или неправилан облик који прати рељеф унутар којег су формирана. Овакав облик обично имају вештачка језера. Врло често природна језера се формирају на више нивоа, а облик је у потпуности прилагођен рељефу. Ова језера се састоје из више басена и имају компликовану обалну линију. Језера формирана само на једном нивоу најчешће показују задовољавају хомогенизованост воде, док су комплексна језера формирана из више басена и на више нивоа, у погледу хомогености јако компликована.

Код узимања узорака битно је одредити хоризонтални и вертикални распоред тачака на којима се узимају узорци. Уколико је квалитет вода у језеру хомоген, што у природи није чест случај, довољно је узети по један узорак на најдубљем

месту на језеру. Када је састав воде хетероген потребно је одредити више тачака на којима треба узети узорке воде. При томе треба узети и посебне узорке по дубини воде. До правилног распореда тачака за узорковање долази се прелиминарним узорковањем или коришћењем претходних истраживања да би се утврдила места и број потребних узорака. Ако се сви узорци, узети по хоризонтали и вертикали, помешају добија се композитни узорак који показује средње стање квалитета воде. Уколико се жели озбиљније проучити стање воде у језеру тада је потребно сваки узети узорак посебно анализирати. Уколико се врши контрола квалитета воде у језеру или се не располаже са довољним средствима за озбиљније испитивање квалитета воде онда као место узорковања треба одабрати место на којем вода отиче из језера.

За узимање узорака користе се посуде, а зависно од дубине узорковање може бити ручно или помоћу посебних посуда које се спуштају на одређену дубину и отварају када дођу до дубине са које се намерава узети вода.

3.2.3.2.2. Узимање узорака из река, потока и канала

По стандарду СРПС ISO 6107-2 река је природна водена маса која тече континуирано или са прекидима, дуж дефинисане трасе, у океан, море, језеро, депресију, мочвару или у други водоток. Од потока се разликује само по обиму (количини воде – протоку и физичким димензијама – дужина, ширина, дубина).

Разматрање узимања узорака из река захтева да се најпре дефинишу параметри реке: тип водотока, ширина корита, дубина воде, стање матице итд. У суштини је битно разликовати два типа река: равничарске и планинске.

Равничарске реке карактерише неравномерна брзина протицања воде, посматрано по профилу постављеном управно на смер протицања, шире и дубље корито, појава матице и делова где вода врло споро отиче. Овакав опис наводи на закључак да је измешаност (хомогенизованост) воде задовољавајућа само у матици реке, док је у свим другим деловима корита реке хомогенизованост проблематична или слаба. Истовремено, запажа се и различита измешаност воде посматрано у вертикалној равни, по дубини, унутар корита реке. За ове реке је карактеристична појава меких седимената у приобалним деловима (ван матице) унутар којих је могуће таложење чврстих честица и привремено задржавање одређених полутаната. Наше највеће реке (Дунав, Сава, Тиса, Морава) у највећем делу свог тока или у делу протицања кроз Србију су равничарске реке.

За разлику од равничарских код **планинских река** је брзина протицања већа, корито је уже и плиће, матица покрива највећи део корита река. Код ових река хомогенизованост воде је добра, а мала дубина воде не омогућава узимање више узорака по дубини воде у кориту. Код ових река седименти су углавном типа шљунка и задржавање потенцијалних полутаната у кориту је далеко мање.

Разуме се, ни једна дужа река није целим својим током планинска јер свака има делове где долази до умирења тока и понашања река слично равничарским. Дакле, у зависности од потреба и места узимања узорака врши се процена карактера тока реке за део тока који се користи за узорковање.

Потоци чешће имају карактер планинских него равничарских река.

Код планирања зона (места) узимања узорака воде важно је поштовати основне принципе узорковања:

- вода која се узоркује треба да буде што боље измешана,
- место узорковања треба да буде ван директног утицаја улива других вода,
- место треба да буде приступачно и безбедно, како за узимања узорака воде тако и за извођење "in situ" мерења и снимања.

Посебну врсту водотокова представљају канали. Обично се ради о вештачки прокопаним и уређаним коритима кроз које се обавља транспорт воде. Намена канала је различита, но најчешће се користе за одводњавање при високим водостајима и наводњавање у сушним периодима те за одвођење воде од места издвајања до неког реципијента. Могу бити земљани и канали код којих су дно и бочне стране уређени, најчешће бетонирањем. Понекад се само бочне стране бетонирају, док дно остаје неуређено. Брзина транспорта воде кроз канале је обично мала, а пуњеност профила је потпуна.

3.2.3.2.2.1. Узимање узорака из равничарских река

Код узорковања воде из равничарских река потребно је одредити профил у кориту који није под директним утицајем воде која утиче или се излива у реку и који је приступачан и безбедан за рад.

На одабраном речном профилу потребно је, у зависности од ширине корита и положаја матице, планирати тачке на којима ће се узети узорци. С обзиром на различиту брзину протицања воде кроз корито треба очекивати различиту и неравномерну дистрибуцију загађивача унутар одабраног профила. Да би се добио репрезентативан узорак потребно је узети узорке (подузорке или субузорке) по целој ширини корита и са различитих дубина воденог тока.

Код река мање ширине (испод 100 m) треба узети најмање три узорка по профилу: непосредно уз обе обале (на око 10 m од обале) и из главне матице реке. Код ширих река број узорака треба повећати, укључивањем више узорака из делова у којима река тече споро, али и узорке из споредних (секундарних) матица.

На одабраним тачкама узорковања унутар профила треба узети и узорке по дубини. У плићим деловима (најчешће су делови уз обале) довољно је узети по један подузорак са дубине од око 20 cm од површине воде, а на дубљим деловима корита треба узети по 2 или 3 подузорка, најбоље на свака 2 m дубине по један подузорак. Узети подузорци могу се анализирати појединачно како би се утврдила дистрибуција загађења по дубини, но чешће се ти подузорци спајају у један композитни узорак који репрезентује одабрану тачку на профилу реке.

За узимање узорака воде из равничарске реке потребно је располагати са потребном опремом. У првом реду је потребно користити мањи пловни објекат (брод, чамац), а потом је потребно располагати и са опремом за узимање узорака из веће дубине. Узорци који се узимају из површинског слоја могу се узимати уроњавањем и пуњењем посуде са чамца док је за узимање узорака по дубини потребно имати специјалну посуду која ће се спустити на потребну дубину, потом ту отво-

рити, напунити и затворити пре промене тачке и дубине узорковања. У свим случајевима када се за узимање узорака користи чамац са мотором воду треба узимати што даље од мотора (најбоље је да мотор буде постављен низводно), а ако је потребно чамац анкерисати тада треба предвидети време потребно да се подигнути седименти исталоже или да их матица реке однесе низводно.

3.2.3.2.2. Узимање узорака из планинских река

Код планинских река добра хомогеност воде омогућава релативно једноставно узимање узорака. Врло често је ширина тока таква да је на једном профилу довољно узети један узорак. Због дубине реке не може се узети више од једног узорка. Односно, нема могућности да се узме узорак по дубини. За узимање узорака није потребна посебна опрема. Углавном се узорци из матице реке могу узети са саме обале.

3.2.3.2.2.3. Узимање узорака из канала

Принципи узимање узорака воде из канала не разликује се од принципа узимања узорака из водотокова.

3.2.3.2.3. Узимање узорака из бара и других мањих стајаћих вода

Узимање узорака из стајаћих вода упућује на слабу хомогенизованост воде па је због тога потребно узети више узорака са различитих позиција. Хетерогеност састава је изражена и по вертикали те треба узети и узорке по дубини.

3.2.3.3. Избор зоне и тачака узимања узорака

Зона узорковања одређује се у зависности од намене. Уколико се жели одредити утицај (имисија) неког излива или другог водотока који се улива у реку или поток основни принцип узорковања јесте да се утврди квалитет пре улива потенцијалних загађивача и после њиховог улива. Код дефинисања зона узорковања битно је избећи директни утицај улива на стање водотока. По правилу, узводно место узорковања треба да буде неколико стотина метара од места улива, а низводно исто толико испод места улива. Стварни положај се одређује за сваки конкретан случај на лицу места водећи при томе рачуна да се обезбеди хомогеност узорака узетих узводно и низводно од улива загађивача.

Када се одређује емисија тада је зона узорковања дефинисана местом или местима изливања воде у реципијент.

Код одређивања тачке узорковања треба водити рачуна:

- да је могуће узети репрезентативан узорак, а да при томе не буде угрожена безбедност лица које то обавља, и
- да је могуће једнозначно дефинисати место узорковања.

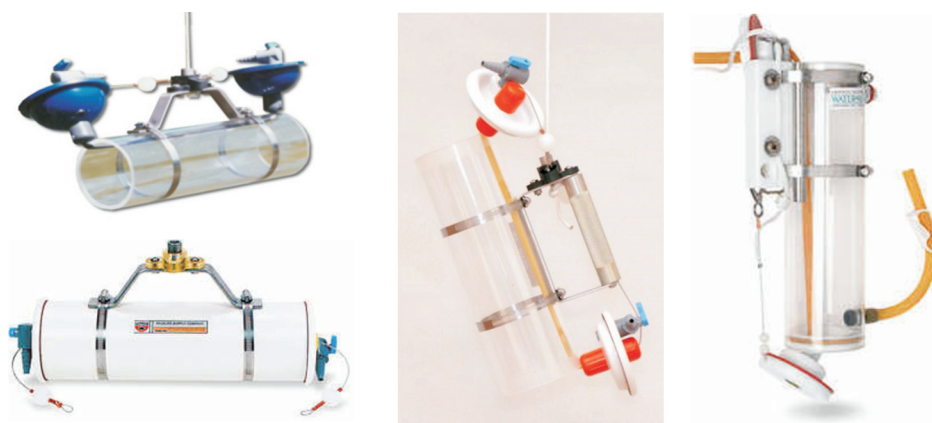
Безбедно узимање узорака се врши одабиром места које је лако приступачно (треба користити постојеће утабане стазе), на којем се лице које врши узорковање може комотно (о)кретати, на којем се могу ставити посуде и други прибор који се

користи за узорковање, са којег се лако може правилно захватити вода или је то могуће уз помоћ пратиоца или везивањем за стабло или неко друго прикладно место.

Једнозначно дефинисање тачке узорковања битно је да би се и накнадно узорковање обавило на истој тачки. То је могуће извести одабиром неког фиксног (непокретног, стационарног) места за узорковање (нпр. мост) или коришћењем глобалног система за позиционирање (GPS). Разуме се, коришћење глобалног система позиционирања је боље, али захтева поседовање одговарајуће опреме.

3.2.3.4. Опрема за узорковање

За узимање узорака површинске воде користи се различита опрема, од обичних пластичних или стаклених боца до посебно израђених посуда. Уобичајено се горњи слојеви воде узоркују са дубине од око 20 см. Узимање узорака се врши и са већих дубина и при томе се користе различите посуде за хоризонтално или вертикално хватање воде. На слици 3.11 приказане су неке од посуда за узорковање.



Слика 3.11. Посуде за узимање површинске воде по дубини

Ради се о посудама, израђеним од пластичних маса или стакла које се затворене спуштају на потребну дубину, потом се отварају и пуне водом, поново затварају и износе на површину са непоремећеним узорцима воде. Да би се ово постигло посуде су опремљене вођицама преко којих се отварају и затварају чепови.

3.2.3.5. Поступање са узорцима воде

Одређивање квалитета воде из узетих узорака захтева правилно поступање са узорцима до њиховог достављања у лабораторију.

Неке параметре је потребно одређивати на лицу места јер се мењају протеком времена, променом температуре или других услова. По правилу, на лицу места се мере (одређују) следећи параметри: температура, рН вредност, садржај кисеони-

ка раствореног у води, електрична проводљивост, Ен оксидо-редукциони потенцијал и замућеност. Могу се утврдити и изглед, боја и мирис.

Према ЕРА правилима ове параметре је могуће мерити и помоћу вишепараметарске сонде [Deatrick, 2013].

Остали параметри/индикатори се одређују у лабораторији.

Поступци чувања и руковања са узетим узорцима су стандардизовани. По правилу, узорци се чувају у пластичним или стакленим боцама, а ради очувања изворних карактеристика презервација се врши хлађењем до температуре од 1 до 5°C. Уобичајено време до којег узорци треба да стигну у лабораторију на обраду износи 48 сати (2 дана). У наредној табели 3.12 дат је преглед индикатора квалитета воде, суд подесан за чување и поступак са узорцима према српском стандарду [Трипковић и др., 2003].

Табела 3.12. Индикатори квалитета воде, посуде за узимање узорака, метод презервације и време анализирања

Индикатор	Судови за узорковање	Метода презервација	Макс. време до анализирања
Температура воде	П,С	Није препоручно	Мерити одмах
Мутноћа	П,С	Хлађење на 4°C	24 сата
Боја	П,С		24 сата
Мирис	С	Хлађење на 2°C-5°C и чување на тамном месту	6 сати
Растворени кисеоник	П, С	На лицу места	
Алкалитет	П,С	Хлађење до 2°C-5°C	24 сата
Тврдоћа	П,С	HNO ₃ , рН<2	1 месец
рН	П,С	Није дозвољено транспортовати на температури мањој од почетне	Одмах, 6 сати
Електропроводљивост	П,С	Хлађење на 2°C-5°C	24 сата
Амонијачни азот	П,С	Хлађење на 4°C, H ₂ SO ₄ , рН<2	24 сата
Нитрити	П,С		
Нитрати	П,С		
Азот по Кјелдал-у	П,Б	Хлађење на 4°C, H ₂ SO ₄ , рН<2	24 сата
Ортофосфати	П,С	Хлађење, за растворене ортофосфате филтрирати одмах	24 сата
Укупни растворени фосфор	Б,С	Хлађење на 2°C-5°C и по потреби филтрирати одмах	24 сата
Укупни фосфор	Б,С	Хлађење на 2°C-5°C, H ₂ SO ₄ , рН<2	24 сата 1 месец
Силицијум диоксид - растворени	П	Филтрирање одмах, H ₂ SO ₄ , рН<2 и Хлађење на 2°C-5°C	24 сата
Силицијум диоксид	П	Филтрирање одмах, H ₂ SO ₄ , рН<2 и хлађење на 2°C-5°C	24 сата
Натријум, калијум	П		1 месец
Калцијум, магнезијум	П,С	Закисељавање, рН<2	24 сата 1 месец
Хлориди	П	Није препоручено	28 дана
Сулфати	П,С	Хлађење на 4°C	7 дана
Сулфиди	П,С		

Табела 3.12. Наставак

Индикатор	Судови за узорковање	Метода презервација	Макс. време до анализирања
Гвожђе(II)	П,Б	Искључити дејство атмосферског кисеоника, HNO_3 , $\text{pH}<2$	24 сата
Хром шестовалентни	П,С	Хлађење на 4°C	24 сата
Манган, олово, цинк, никл, хром-укупни, алуминијум, баријум, кобалт, бакар, гвожђе укупно, калај, уран, сребро	П	Закисељавање, $\text{pH}<2$	1 месец
жива -укупна	Б	HNO_3 , $\text{pH}<2$	28 дана
Арсен	П,С	Закисељавање до $\text{pH}<2$	1 месец
Селен	С,Б	Закисељавање до $\text{pH}<1$ осим ако су присутни селениди. Ако су присутни алкализувати до $\text{pH}>11$ са NaOH_3	1 месец
Биохемијска потрошња кисеоника после 5 дана (ВРК5)	П,С	Хлађење на 4°C	24 сата
Хемијска потрошња кисеоника НРК-Сг	П,С	Хлађење на 4°C H_2SO_4 , $\text{pH}<2$, хлађење	5 дана
Укупан органски угљеник (ТОС) Растворени органски угљеник (ДОС)	П,С тамно стакло	H_2SO_4 , $\text{pH}<2$	7 дана
Нафтни угљоводоници	С	Хлађење на 4°C	24 сата
Феноли-фенолни индекс	Б	Хлађење на 4°C	24 сата
Анјонски активне супстанце	С		48 сати
Органски халогени који се могу адсорбовати (АОХ)	С	HNO_3 , $\text{pH}<2$, Хлађење до 2°C - 5°C , чувати на тамном месту	3 дана
Пестициди	С	Хлађење на 4°C , pH 5-9	24 сата
Радиоактивност, алфа, бета, Радијум	П,С	HNO_3 , $\text{pH}<2$	6 месеци

С - стаклена боца, П - пластична боца; полиетиленска, Б - борсиликатно стакло, S_- -(HNO_3) конзервација са 1+1 (HNO_3) до $\text{pH}<2$

3.2.3.6. Фреквенција и временски интервал узорковања

Када се разматра временски интервал узимања узорака воде треба имати на уму:

- да ли се узорковање и праћење воде тек започиње или се оно обавља у дужем временском периоду, и
- да ли се узоркује вода која се испушта у реципијент (емисија) или се разматра утицај једног или више емитера на реципијент (имисија).

Када се са праћењем воде тек започиње интервал узорковања треба да буде краћи него када већ постоји систематско праћење. У почетку тај интервал треба да буде једанпут месечно или чешће, а касније, када се уоче законитости и стекне увид у степен загађења, узорковање треба обављати највише 4 пута годишње, а број индикатора треба смањивати уз концентрисање на индикаторе/параметре чије концентрације су изнад максимално дозвољених или близу те границе. Једанпут годишње треба на узетим узорцима одредити све индикаторе, као и на почетку испитивања, како би се утврдило да нема непланираних промена у концентрације индикатора који се више не прате.

Када се осматра емисија полази се од претпоставке да емитер ради континуирано током целе године те да је количина и квалитет воде устаљен. У тим условима узорковање треба организовати у правилним временским размацима. Водећи рачуна о трошковима, узорковање и обраду узорака треба планирати највише 4 пута годишње, свака три месеца. На овај начин ће се покрити сва годишња доба и разлике које се бележе у падавинама и водостајима околних водотокова.

Када емитер ради само у одређеном периоду године тада узимање узорака треба организовати у том периоду. Временски интервал треба одредити од случаја до случаја. Обично се интервал креће од једног до три месеца.

Када се ради о праћењу имисије интервал узорковања треба да буде дужи него код емисије. Уобичајено је да се праћење имисије организује два пута годишње, једанпут при највишем водостају (на нашим просторима то је период март-април-мај) и једанпут при најнижем водостају (на нашим просторима то је период јул-август-септембар). Време треба одредити сагласно локалним условима.

У свим акцедентним ситуацијама потребно је ургентно узети ванредне узорке воде и на њима одредити све индикаторе са листе.

Учесталост мониторинга зависи од намене воде која се прати. Општа учестаност мониторинга квалитета вода према Директиви Европске уније број 2000/60 дата је у табели 3.13.

Табела 3.13. Учесталост мониторинга вода према Директиви 2000/60 ЕУ

Елементи квалитета		Реке	Језера	Прелазне воде	Приобалне воде	
Биолошки	Фитопланктон	1 пут у 6 месеци				
	Остала водена флора	1 пут у 3 године				
	Макро бескичмењаци	1 пут у 3 године				
	Рибе	1 пут у 3 године				
Хидро-морфолошки	Континуитет	1 пут у 6 год	-	-	-	
	Хидрологија	Стално	1 пут месечно	-	-	
	Морфологија	1 пут у 6 година				
	Термални услови	1 пут у 3 месеца				
Физичко-хемијски	Режим кисеоника	1 пут у 3 месеца				
	Салинитет	1 пут у 3 месеца			-	
	Нутријенти	1 пут у 3 месеца				
	Ацидификација	1 пут у 3 месеца			-	-
	Остала загађења	1 пут у 3 месеца				
	Приоритетне супстанце	месечно				

Евидентно је да праћење физичко-хемијских параметара воде треба вршити у најкраћим временским интервалима и да је оно најчешће тромесечно. Само се приоритетне супстанце (полутанти чија концентрација може бити ризична за водени екосистем) прате месечно. Код биолошких индикатора најчешће се прати стање фитопланктона, двапут годишње, док је праћење водене флоре, стања макро бескичмењака и риба једанпут у три године. Хидроморфолошки индикатори

се прате на рекама и језерима. Морфолошко стање се контролише на свим водама једанпут у шест година.

Када се ради о води за пиће учесталост мониторинга је нешто другачија и зависи од количине воде која се свакодневно дистрибуира. Према Директива Савета 98/83/ЕС од 3. новембра 1998. о квалитету воде намењене за људску потрошњу [98/83/ЕС, 1998] минимална учесталост је приказан у табели 3.14.

Табела 3.14. Учесталост мониторинга воде за пиће у ЕУ

Количина воде (просечно, годишње) која се дистрибуира, m ³ /дан	Број узорака, годишње	
	контролни мониторинг	ревизиони мониторинг
≤100	Одређује свака држава понаособ	
100 - 1.000	4	1
1.000 - 10.000	4 + 3 за сваких 1.000 m ³ /дан и за део до укупног износа	1 + 1 за сваких 3.300 m ³ /дан и за део до укупног износа
10.000 - 100.000		3 + 1 за сваких 10.000 m ³ /дан и за део до укупног износа
≥100.000		10 + 1 за сваких 25.000 m ³ /дан и за део до укупног износа

За одређивање количине воде која се дистрибуира може се користити и број становника тако што ће се усвојити да је просечна потрошња воде по становнику 200 l/дан.

Време узорковања треба равномерно распоредити током године.

Истом Директивом су дефинисани и параметри које је потребно пратити током контролног мониторинга:

- Алуминијум (само када се користи као флокулант)
- Амонијак
- Боја
- Проводљивост
- *Clostridium perfringens* (укључујући споре) (само ако вода потиче или је под утицајем површинских вода)
- *Escherichia coli* (*E.coli*)
- Концентрација водоникових јона
- Гвожде (само када се користи као флокулант)
- Нитрити (само ако се хлораминација користи за дезинфекцију)
- Мирис
- *Pseudomonas aeruginosa* (само у случају да се вода нуди за продају у боцама или контејнерима)
- Укус
- Број колонија на 22° С и 37°С (само у случају да се вода нуди за продају у боцама или контејнерима)
- Колиформне бактерије
- Мутноћа

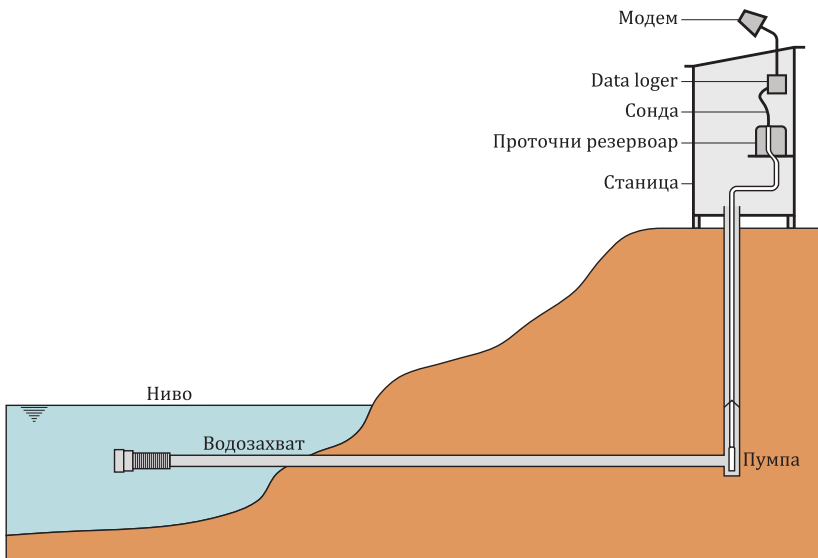
3.2.3.7. Континуирани мониторинг вода

У Србији је континуирано праћење квалитета вода још у повоју. Прва станица за континуирано праћење квалитета воде инсталисана је у месту Бели брод на реци Колубари [Мијовић, Палмар, 2009].

На овој мерној станици континуирано се региструју водостај, температура, рН, електропроводљивост и растворени кисеоник. Поред сензора и система за аквизицију података станица је опремљена са следећом додатном опремом:

- потапајућа пумпа на водозахвату ради континуираног захватања речне воде и обезбеђивања протицаја воде
- резервоар у коме се налазе уроњени сензори за мерење параметара квалитета воде,
- мерач протока воде.

Шематски приказ инсталације за обезбеђење узорака воде из реке, мерење параметара и њихову аквизицију дат је на слици 3.12.

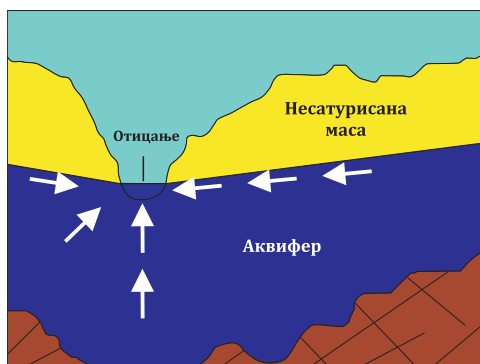


Слика 3.12. Шематски приказ станице за континуирано праћење квалитета воде реке Колубаре

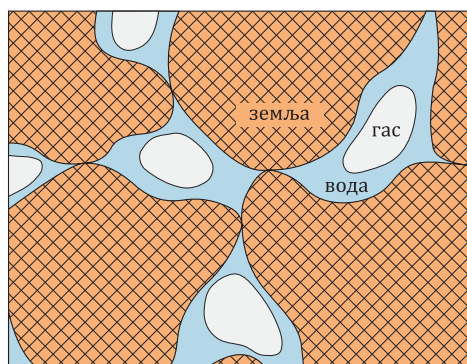
3.3. Мониторинг подземних вода

Поред површинских, воде се појављује и испод површине налазећи се и отичући кроз порозну средину. При томе површинске воде и падавине се могу инфилтрирати у порозну средину (земљиште), могу тећи потповршински и подземно. Инфилтрација представља упијање воде са површине, а резултат инфилтрације воде је земљишна влага у површинском слоју. Процеђивање инфилтриране воде ка дубљим слојевима доприноси прихрањивању подземних вода. Прихрањивање

зависи од геолошке структуре и састава стенске масе. У принципу, што су стене старије, то су више консолидоване (збијене) и слабије задржавају воду. Слојеви које садрже воду називају се аквиферима (слика 3.13). Потповршински отицај је течење у незасићеној средини, а подземно отицање је течење у засићеној средини, слика 3.15 [Иветић, 2001]. Засићена средина је земљиште у којем су све поре између чврстих зрна и честица испуњене водом, а незасићена у којој је само део пора испуњен водом, а преостали део ваздухом, слика 3.14 [Ritzema,1994].

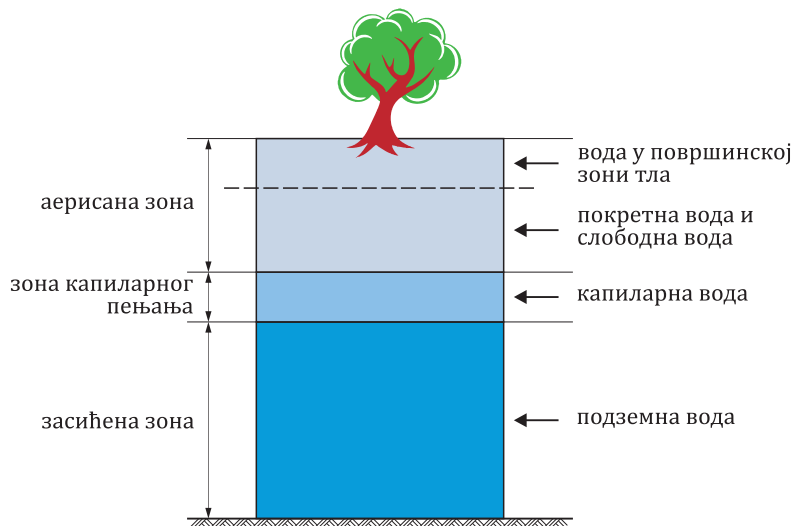


Слика 3.13. Ток и положај подземних вода



Слика 3.14. Структура слоја земљишта

Ниво подземне воде је онај ниво у засићеној средини на коме се вода налази под атмосферским притиском. Испод нивоа подземних вода средина је засићена и вода се налази под притиском који је већи од атмосферског. Изнад нивоа подземних вода порозна средина је, по правилу, незасићена. До засићења средине изнад нивоа подземне воде може доћи повремено услед инфилтрације или на неким деловима услед капиларног издизања (тзв. капиларне зоне).



Слика 3.15. Распоред воде у подземљу

3.3.1. Законска регулатива

"Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање" (Сл. гласник РС бр. 50/2012) је основни законски документ који прати квалитет вода и седмената у води, а који се директно наслања на европске директиве. Када је у питању вредновање квалитета воде ова Уредба уводи нове изразе за граничне параметре. Гранична вредност је стандард квалитета животне средине изражен као концентрација појединачне загађујуће материје или групе загађујућих материја или индикатора загађивања у површинској и подземној води и седименту, која не сме да буде прекорачена у циљу заштите животне средине и здравља људи.

Гранична вредност за подземне воде:

- **просечна годишња концентрација (PGK)**

Код подземних вода разматрају се још и два нивоа:

- **природни ниво (ПН)** јесте концентрација загађујуће материје која одговара таквом стању тела подземне воде чији ненарушени услови не подлежу променама које су последица антропогеног дејства или су те промене врло мале,
- **основни (нулти) ниво** јесте просечна вредност параметра у подземним водама мерена сваке године у временском периоду од најмање 5 година и служи за утврђивање граничне вредности загађујућих материја.

Параметар	Просечна годишња концентрација (PGK)
Нитрати, mg/l	50
Активне супстанце у пестицидима, укључујући њихове релевантне метаболите, продукте деградације и реакција, µg/l	0,1 0,5 (укупан)

II. Листе загађујућих материја

Листа I

- органохалогена једињења и материје које могу образовати таква једињења у воденој средини;
- органофосфорна једињења;
- органокалајна једињења;
- канцерогене, мутагене и тератогене материје, које имају те особине или их испољавају кроз или преко воде;
- жива и њена једињења;
- кадмијум и његова једињења;
- минерална уља и угљоводоници;
- цијаниди.

Листа II

- метали, металоиди и њихова једињења: Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Se, As, Sb, Mo, Ti, Sn, Ba, Be, B, U, V, Co, Tl, Te и Ag;
- биоциди и деривати;
- материје које дају мирис и укус, или образују такве материје у подземној води и чине је неупотребљивом за људску употребу;

- токсична или постојана једињења силикона, или она која формирају таква једињења, изузев оних која су биолошки нешкодљива или се претварају у нешкодљиве материје;
- неорганска једињења фосфора и елементарни фосфор;
- флуориди;
- амонијак и нитрати.

Америчка агенција за заштиту животне средине (U.S. EPA) препоручила је индикаторе хемијског загађења подземних вода који су дати у табели 3.16.

Табела 3.16. U.S. EPA списак индикатора за подземне воде

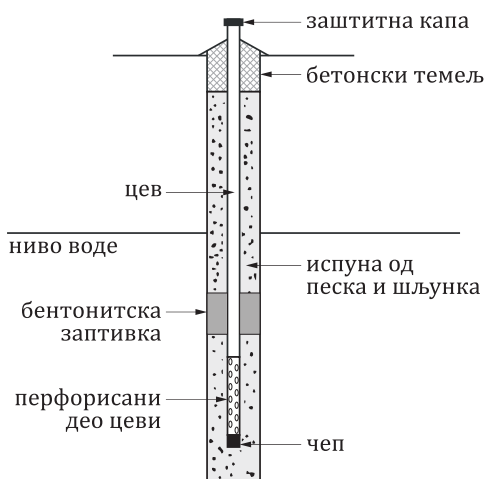
Категорија	Параметар
Параметри који се одређују на лицу места	температура, рН, електрична проводљивост, растворени кисеоник, Е _h оксидо-редукциони потенцијал, мутноћа
Индикатори излуживања	укупни органски угљеник, рН, специфична проводљивост, манган, гвожђе, амонијак, хлориди, натријум, биолошка потрошња кисоника, хемијска потрошња кисеоника, волатили, укупне халогене компоненте, укупне нафтни хидрокарбонати, укупне растворене честице
Додатни параметри квалитета воде	бикарбонати, бор, карбонати, калцијум, флуорид, магнезијум, нитрати, растворени азот, калијум, сулфати, силикати, стронцијум, укупне растворене честице
Мање важни и ретки елементи	
Компоненте специфичне за отпад	врши се избор у сваком посебном случају

3.3.2. Мерење нивоа подземних вода

Код подземне вода не може се мерити проток сем када избију негде на површину као издан. Док је испод површине могу се мерити нивои, односно притисци под којим се вода налази у порозној средини и брзина кретања воде. Нивои се мере у посебним уређајима – пијезометарима¹, а брзина кретања (отицања) подземне воде мерењем времена потребног да трасер (често је то кухињска со) дође од узводног до низводног пијезометра. Трасери се користе и за одређивање дисперзије загађујућих материја које се транспортују подземним водама. Разуме се, на подземним водама се редовно одређује и квалитет, односно степен загађења.

Пијезометар је хидрогеолошка бушотина изведена на такав начин да ниво воде у њој одговара нивоу подземне воде у њеној околини и служи за мерење растојања од фиксне тачке на врху његове конструкције до нивоа воде, а по потреби и за мерење температура воде и узимање узорака воде за анализе њеног квалитета. Пресек кроз пијезометар [EPA, Guide for Industrial Waste Management,] дат је на слици 3.16, а спољашњи изглед надземног дела пијезометра на слици 3.17.

1) У литератури на енглеском језику (САД, Аустралија, Европска заједница) разликују се пијезометри, код којих је унутрашњи пречник цеви испод 25 mm, и бунари, код којих је унутрашњи пречник изнад 38 mm [Nielsen, Nielsen, 2007]. У српској терминологији за ове уређаје користи се само израз пијезометар, док бунар означава хидротехнички објекат великог пречника, изнад 800 mm, а намењен је првенствено за одводњавање простора.



Слика 3.16. Пресек кроз пијезометар



Слика 3.17. Спољашњи изглед пијезометра (слика из Костољца)

Мерење нивоа воде у пијезометрима обавља се индиректно тако што се утврђује релативна дубина воде у односу на коту врха цеви те се потом утврђени ниво прерачунава на апсолутне вредности (коте).



Слика 3.18. Пантљика и пиштаљка за мерење нивоа подземне воде

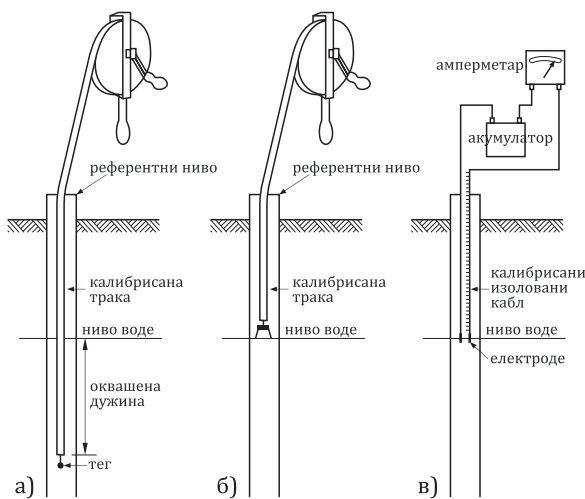


Слика 3.19. Мерење нивоа подземне воде у пијезометру

Најстарији начин мерења нивоа подземне воде преко пијезометара јесте одређивањем оквашеног дела пантљике. Наиме, на мерну траку се постави "тег" који вуче пантљику надоле, а потом се после извлачења одређује оквашени део пантљике и прерачунава ниво воде, слика 3.20.а [Ritzema,1994]. Много бољи начин јесте помоћу "пантљике и пиштаљке" (слика 3.18, 3.19 и 3.20.б). Ради се о лако-савитљивој мерној траци (обично је то градуисани коаксијални кабл) на почетку

које се качи механичка справа тако урађена да произведе звук када пиштаљка достигне ниво воде и када вода почне да потискује ваздух из пиштаљке. Ово је једноставан, јефтин и лако доступан уређај за мерење нивоа воде. Ова справа даје мерење нивоа са грешком од 5-10 cm, односно онолико колико је потребно да пиштаљка урони у воду и да вршилац мерења чује звук. Грешка од 5 до 10 cm суштински не представља посебан проблем те нема сметњи да се ова справа користи, али њено коришћење је лимитирано могућношћу да се звук чује са велике дубине. По правилу, "пантљика и пиштаљка" се користе за мерење нивоа до 25 m. Предност "пантљике и пиштаљке" је што не користи никакве батерије или акумулаторе при мерењу.

За мерење нивоа воде у пијезометарима веће дубине користе се слични уређаји. Наиме, на лакосавитљиву мерну траку се качи мерна сонда која се активира тако што се додиривањем нивоа воде затвара електрични круг, а лице које врши мерење има сигнал тако што се пали контролна сијалица и чује посебан звук (слика 3.20.в и 3.21). С обзиром да се извлачењем сонде из воде сијалица гаси омогућено је вршиоцу да по установљењу да се дошло до нивоа воде опит спуштања мерне сонде лагано понови и веома прецизно утврди ниво до којег је сонда допрла. При томе, извршилац нема потребу да слуша звук из пијезометра па се овај начин користи за мерење нивоа на дубинама и од преко 1000 m (канадска компанија "Солинст" прави уређаје за мерење до дубине од 1800 m [www.solinst.com]). Дакле, коришћењем мерне траке и електричне мерне сонде могуће је веома прецизно одредити ниво воде без обзира на којој се дубини у пијезометру вода налази.



Слика 3.20. Различити начини мерење нивоа подземне воде у пијезометрима



Слика 3.21. Електрична мерна сонда за мерење нивоа воде у пијезометрима

Ради тачнијег читавања нивоа на мерној траци користе се разна помагала која се инсталирају на пијезометар (слика 3.22)

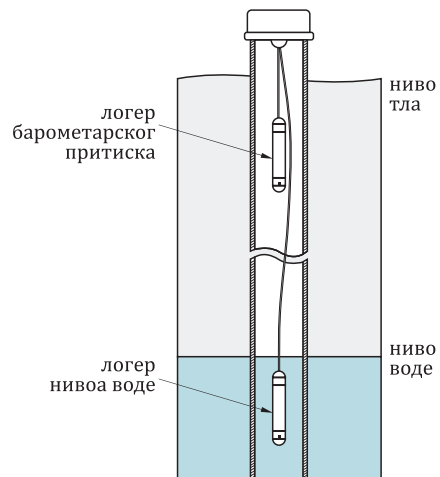


Слика 3.22. Помагала за прецизније одређивање дубине преко мерне траке

Потпуно аутоматизовани начин мерења нивоа воде у пијезометрима јесте коришћењем електричних уређаја посебно пројектованих за континуалано или периодично одређивање нивоа (слика 3.23). То су такозвани "data logeri" и "дајвери" (*diver*, енгл. ронилац). Убацавањем дајвера у пијезометар врши се прецизно одређивање нивоа воде у пијезометрима на бази разлика у притисцима који владају у цеви. За мерење нивоа потребно је у пијезометар убацити два уређаја, један који мери атмосферски притисак, а други притисак у води (слика 3.24). Дајвери имају и друге намене. Могу да буду опремљени посебним софтвером који омогућава задавање интервала очитавања вредности и исцртавање дијаграма са заданим подацима без да се сам уређај вади из цеви.



Слика 3.23. Дајвер за одређивање дубине воде у пијезометрима



Слика 3.24. Мерење нивоа воде у пијезометру на бази разлика притисака

Посебан начин мерења нивоа воде јесте помоћу мерача који мере време путовања "таласа" од одашиљача до површине воде и назад. Мерач се инсталира на врху пијезометра, без потребе да се било каква сонда урони у воду, одакле се одашиљају таласи. У зависности од времена потребног да се сигнал врати одређује се дубина воде. Као извор "таласа" користе се ултразвучни (слика 3.25) и радарски уређаји. Ултразвучни уређаји раде на фреквенцијама од 35 до 70 kHz, а радарски на око 25 GHz. Основна предност коришћења ових уређаја јесте бесконтактно мерења, а мане су им: постојање "мртве зоне" у којој се не може мерити, осетљивост на промене густине ваздуха у пијезометрима и релативно велика потрошња енергије (проблеми са батеријама). Ултразвучни уређаји се користе за мерење нивоу у пијезометрима дубине до 350 m.



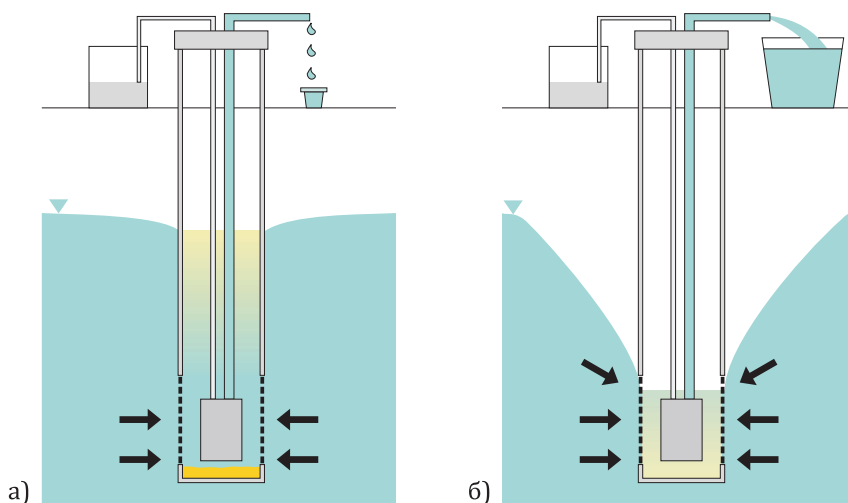
Слика 3.25. Мерење нивоа воде у пијезометру ултразвучним мерачем

3.3.3. Узорковање подземне воде

Узорци подземне воде ваде се из пијезометара. За узимање узорака воде могу се користити исти пијезометри који се користе и за контролу нивоа подземне воде. Проблем чини мали пречник цеви у тим пијезометрима (спољашњи пречник цеви је обично 50 mm) па се упоредо са тим пијезометрима уграђују и пијезометри са ширим пречником цеви (75 и 100 mm). Из тих пијезометара вода се може узимати ручним захватањем помоћу различитих судова или пумпањем преко пумпи различите изведбе.

Важно је знати да је пре сваког узимања узорака ради одређивање физичко-хемијског и биолошког квалитета воде из пијезометара потребно извршити њихово испирање како би се одстранила устајала вода која може проузроковати формирање лажне слике о квалитету воде. Испирање се врши испумпавањем воде која се затече у пијезометру и, потом, чекање да се пијезометар напуни новом, свежом, водом из подземља. С обзиром да је то вишечасовни посао развијене су и

пумпе (мембранска, перисталтичке) које обезбеђују тзв. "мали" проток воде (0,1 до 1 l/min) те се на тај начин може избећи захватање устајале воде [U.S. EPA, 2001; www.rshydro.com]. Смањењем протока битно се не ремети успостављени ниво подземне воде, а прилив нове воде је успорен тако да неће доћи до мешања устајале воде са површине и воде која се узоркује, слика 3.26 [Ritchey, 2002].



Слика 3.26. Испирање пијезометара при малом (а) и великом (б) протоку пумпе за испирање

3.3.3.1. Ручно узорковање подземне воде

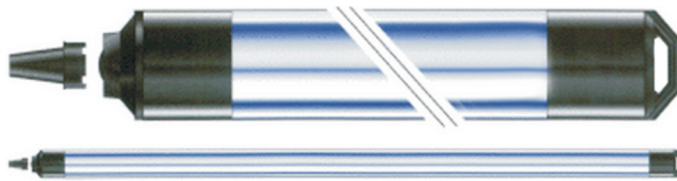
За ручно узорковање, без употребе пумпи и без потребе да се врши испирање пијезометара, могу се користити различити посуде. Ради се о посебно обликованим "посудама", израђеним од пластике или нерђајућег челика, које се лагано спуштају у пијезометар све док се не дође до зоне из које треба узети узорак. Тада се посуда отвара, вода лагано утиче у њу и потом се ручно издиже (слика 3.27). Могуће је истовремено узети више узорака са различите дубине пијезометра.

На сличан начин се може узети узорак воде помоћу тзв. бајлера (енгл. bailer – црпаљка, црпка, пумпа), приказани на слици 3.28. Бајлери су веома једноставне цевасте посуде са затварачима на обе стране, с тим што се са једне стране, обично горње, могу, преко вођица, отварати и затварати.

Погодности коришћења бајлера су постојање широког спектра величина изграђених од различитих материјала, није потребно напајање енергијом, малих су димензија, лако су преносиви и јефтине су па се могу набавити за сваки од пијезометара без могућности да дође до контаминације при узорковању воде из различитих пијезометара истом посудом, подесни су за узимање узорака волатила, могуће је најпре уклонити устајалу воду па потом узорковати свежу воду итд. Мане су им што је споро испирање пијезометара коришћењем бајлера, могућа је аерација узорака при трансферу до контејнера итд.



Слика 3.27. Посуда ("врећа") за ручно узимање узорака воде из пијезометара: комплет - посуде и пратећег прибора (лево), вађење вреће из пијезометра (у средини), пражњење вреће (десно)



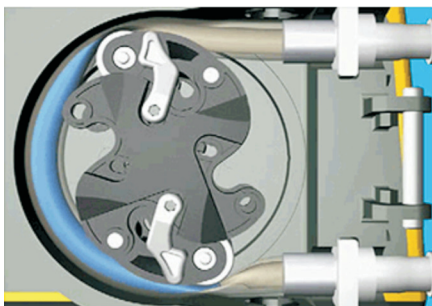
Слика 3.28. Бајлер

3.3.3.2. Пумпе за узорковање подземне воде

За узорковање подземне воде из пијезометара (чешће) или њихово испирање користи се више типова лаких, преносивих пумпи. Све оне су посебно развијене и прилагођене условима узорковања у пијезометрима малог пречника (50 до 100 mm) и различите дубине, некада и изнад 100 метара.

3.3.3.2.1. Перисталтичка пумпа

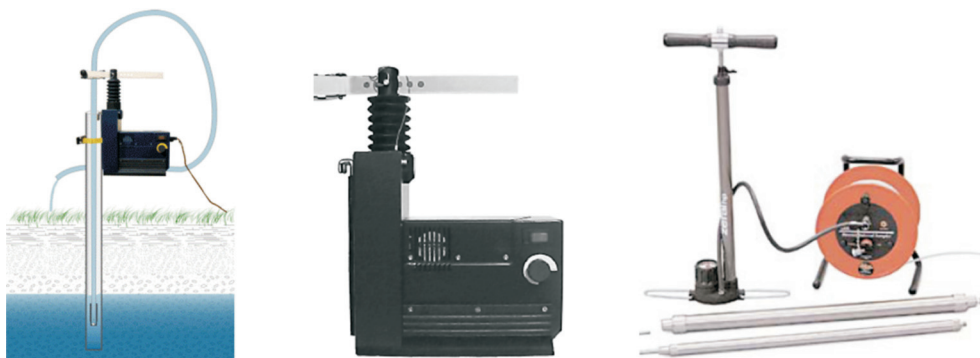
Перисталтичка пумпа (слика 3.29.) се састоји од ротационог ваљка (импелера), обично израђеног од нерђајућег челика, који наизменично врше компресију и растерење високо еластичног црева, израђену од силикона или других инертних материјала, формирајући вакуум који усисава течност коју потом потискује навише. Ове пумпе не могу извлачити воду са дубина изнад 10 метара. Капацитет им је мали, око 3,5 l/s. За ове пумпе је карактеристично да се не урањају у пијезометар већ остају на површини (слика 3.25.), а у пијезометар се урања само усисно црево. Пошто раде са потпритиском она може повећати волатилизованост органских компоненти тако да када се мере испарљиве органске компоненте (енгл. VOC) ове пумпе се не могу користити. Ове пумпе обезбеђују велику поновљивост резултата и представљају најчешће коришћене пумпе за узорковање малих количина течности.



Слика 3.29. Перисталтичка пумпа: пресек (лево), спољашњи изглед (десно)

3.3.3.2. Инерционе пумпе

Инерционе пумпе се састоје од: цеви, израђене од нерђајућег челика, најлона или пластике, унутар које је уметнута куглица који ради као вентил/неповратна клапна, црева малог пречника који се наставља на цев, меха преко којег се преносе покрети горе-доле и погонског активатора који делује на мех (слика 3.30).

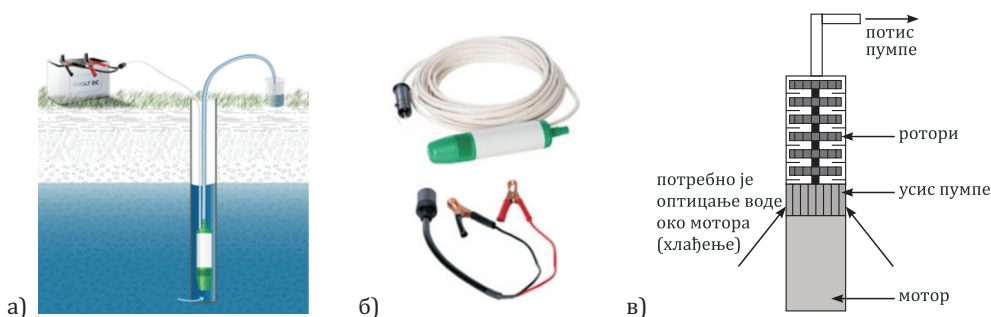


Слика 3.30. Инерциона пумпа: спољашњи изглед (лево), монтирана на пијезометар (у средини), ручна (десно)

Цев са неповратном клапном (куглицом) се споје на полиетиленско црево за узорковање и спусти у пијезометар. Када се мех налази у горњем положају створени вакуум за собом повлачи куглицу (неповратну клапну) у горњи положај тако да је улазак (усисавање) воде у цев слободно. У наредном циклусу мех заузима најдоњи положај куглица затвара улазни отвор чиме престаје улазак воде у цев. У поновљеном циклусу мех иде у горњи положај повлачећи воду у црево, истовремено пуњећи и цев јер је куглица поново отворена и тако редом. Инерционе пумпе су енергетски врло ефикасне и могу пумпати са великих дубина. Могу бити моторизоване и ручне. Моторизоване пумпе најчешће раде са струјом из акумулатора, а могу радити и са моторима на нафту и бензин, али се тада појављује проблем могућег загађења нафтом (бензином). Моторизоване инерционе пумпе које раде са малим протоком остварују издизање воде са дубине до 60 метара, а при великом протоку до 40 метара.

3.3.3.2.3. Центрифугалне потопне пумпе

Центригугалне потопне пумпе се често користе. Израђују се од пластичних материјала или нерђајућих челика. Могу да раде са фиксним и са променљивим бројем обртаја. Пумпа има такве димензије (праве се за пијезометре ширине од 50 до 100 mm) да се лако могу спустити у пијезометар (слика 3.31). Спуштањем испод нивоа воде пумпа се пушта у рад. Усисавање и транспорт усисане воде навише обавља се захваљујући ротору (импелеру). Избацивање воде је континуирано. Код дубљих пијезометара потребно је серијски повезати више пумпи на једно пластично црево. За погон користе електричну енергију из акумулатора. Користе се за пијезометре дубине 100 и више метара. Израђују се за капацитете од 100 ml/min до 45 l/min. Око импелера ствара се усисни вртлог преко којег се поред воде могу захватити и суспендовани седименти који могу оштетити осетљиви импелер израђен од пластике.



Слика 3.31. Центрифугална потопна пумпа: а) пумпа уроњена у пијезометар, б) пумпа са каблом и клеммама, в) шема центрифугалне потопне пумпе

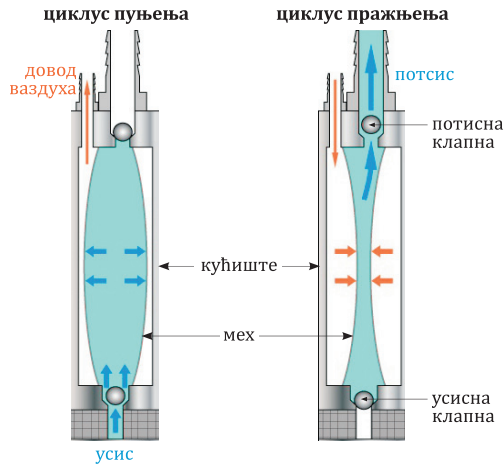
Предности коришћења центрифугалних потопних пумпи су: мале величине и лако преносиве пумпе (портабл), могуће пумпања воде са релативно велике дубине и поуздане су у раду и не траже наливање пре старта.

Њихове основне мане су: знају бити доста скупе, потребан је акумулатор (електрична енергија) за рад пумпи, седименти у води могу оштетити радно коло (импелер) пумпе, неке од ових пумпи су гломазне за коришћење у дубоким пијезометрима и непрактичне су за коришћење у пијезометрима мале издашности.

3.3.3.2.4. Мембранска (блејдер) пумпа

Мембранска (*bladder*, енгл. мех, мехур) пумпа се користи за узорковање подземне воде из пијезометара. Често се називају и идеалним пумпама за узорковање малих количина подземне воде. Пумпа (слика 3.32), чије димензије су прилагођене ширини пијезометара, спушта се у воду тако да буде потпуно потопљена. Урањањем доња клапна/вентил се помера навише и омогућава улазак воде у пумпу док је горња клапна/вентил затворена. После одређеног времена независним цевоводом се у пумпу удубава ваздух који притиска мембрану, отвара горњу клапну и обезбеђује транспорт воде навише уз истовремено затварање доње клапне тако

да вода не улази у пумпу. У следећем циклусу се прекида довод ваздуха тако да се мембрана (мех) шири, а због разлика у притисцима доња клапна се отвара тако да у пумпу поново улази вода, а горња клапна се затвара тако да вода која је започела пењање увис не може да се врати у пумпу. Учесталим пулсацијама могуће је обезбедити непоремећене узорке воде. Добре стране ових пумпи су могућност узимања непоремећених узорака воде. Њихове основне мане су: компликовано чишћење, могу се користити само до дубина од око 30 метара, потребно је обезбедити снабдевање инертним гасом, боцама за гасом или компресором и мали протоци воде.

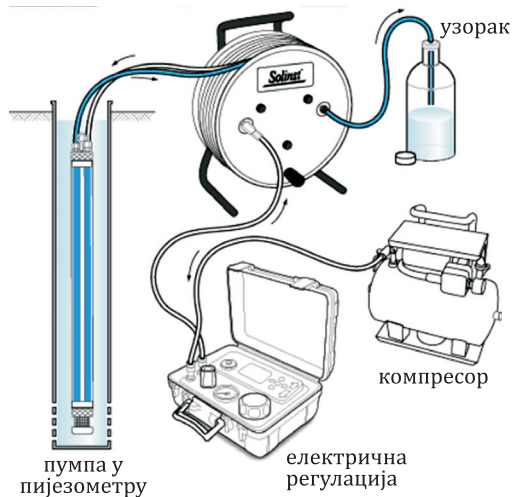


Слика 3.32. Мембранска пумпа за узорковање воде

Спољашњи изглед мембранске пумпе приказан је на слици 3.33. Сва опрема која прати мембранску пумпу приказана је на слици 3.34.



Слика 3.33. Спољашњи изглед мембранске пумпе



Слика 3.34. Мембранска пумпа и помоћна опрема

3.3.3.2.5. Остала помоћна опрема

За одређивање неких од параметара на узорцима подземне воде потребно је обавити и њено филтрирање (табела 3.7). Данас се уобичајено комбинује излаз из потисног цевовода пумпе за узорковање са потребним филтерима. Тиме се обезбеђује узорак потребних карактеристика. На слици 3.35 дат је изглед једног од филтера.



Слика 3.35. Филтер за воду (лево) и коришћење филтера за воду (десно)

За одређивање неких параметара на лицу места потребно је обавити мерења у анаеробним условима. За то се користе посебно дизајниране проточне ћелије унутар које се убацују електроде за мерење појединих параметара воде. На слици 3.36 приказан је изглед вишефункционалног мерача параметара воде.



Слика 3.36. Вишефункционални мерач параметара воде

3.3.3.3. Интервал прикупљања података о подземној води

Фреквенција узорковања подземних вода ради одређивања физичко-хемијских и биолошких параметара зависи од потребе да се обави узорковање и испитивање, али и од дубине аквифера из којег се узорак узима. Код аквифера дубљих од 100 метара довољно је узорковање вршити једном годишње или једном у неколико

година јер су промене квалитета воде постепене [Harter, 2003]. Код плићих аквифера и бунара малог капацитета потребно је контролу вршити једном до двапут годишње јер су више склони променама и контаминацији у кратком временском периоду. Ако се утврди постојање бактерија, неке деградације или појаве јона гвожђа у бунарској води узорковање и анализе квалитета треба вршити чешће без обзира на дубину аквифера и бунара. Воду из плитких пијезометра инсталисаних да се утврде потенцијални извори загађења треба узорковати и контролисати месечно, квартално или полугодишње. Понекад је то потребно радити и чешће. Тако у документу Америчког геолошког друштва "Ground-Water-Level monitoring and the importance of long-term water-level data, circular 1217" даје се следећа табела фреквенције узимања узорака и контроле квалитета подземне воде, а у зависности од намене коришћења добијених података, табела 3.17.

Табела 3.17. Фреквенција узорковања подземних вода

Намена коришћења података	Дневно/ недељно	Месечно	Годишње	Декадно
Утврђивање хидрауличких карактеристика аквифера	ДА	ПОНЕКАД	НЕ	НЕ
Мапирање нивоа подземне воде	ДА	ПОНЕКАД	НЕ	НЕ
Мониторинг промена нивоа воде у кратким периодима	ДА	ДА	ПОНЕКАД	НЕ
Мониторинг промена нивоа воде током дугих периодима	НЕ	НЕ	ДА	ДА
Мониторинг ефеката климатских промена	НЕ	НЕ	ДА	ДА
Мониторинг регионалних ефеката развоја подземне воде	НЕ	НЕ	ДА	ДА
Статистичка анализа трендова нивоа подземне воде	НЕ	НЕ	ДА	ДА
Мониторинг промена правца тока подземне воде	ПОНЕКАД	ДА	ДА	ДА
Мониторинг интеракција подземна вода – површинска вода	ДА	ДА	ДА	ДА
Моделирање тока подземне воде или транспорта загађења	ПОНЕКАД	ДА	ДА	ДА

3.3.3.4. Редослед узимања узорака подземне воде

Америчка агенција за заштиту животне средине издала је препоруке везане за редослед узимања узорака за различите анализе [U.S. EPA, 2001]. Процедура предвиђа да се најпре узму узорци за одређивање параметара коју су најосетљивији на руковање узорцима, а потом они који су мање осетљиви. Препоручени редослед узорковања дат је у табели 3.18.

Табела 3.18. Редослед узорковања подземне воде, U.S. EPA

Најосетљивији	
↓	1. Волатилозне органске компоненте
	2. Укупни органски угљеник
	3. Укупни органски халогени
	4. Узорци који захтевају филтрирање на лицу места
	5. Узорци за додатна мерења на лицу места, зависно од резултата испирања пијезометра
	6. Узорци (велика количина) за екстракцију органских компонената
	7. Узорци за одређивање метала
	8. Узорци
Најмање осетљив	

3.4. Мониторинг седимената

3.4.1. Порекло и врста седимената

Постоје три главна типа честичних материја које се могу опазити у рекама и језерима [Трипковић и др., 2003]:

- **Суспендоване материје** - честице које се могу исталожити под одређеним условима и које се воденом турбуленцијом одржавају у суспензији изнад дна. У рекама укупна количина и величина честица зависи од протицаја. У језерима количина суспендованих материја је обично мала.
- **Седименти** или чврсте материје на дну корита – чврсте честице који остаје у сталном контакту са дном и који се покреће таласањем, клизањем или турбуленцијом воде, али је померање много спорије од брзине речног тока.
- **Непоремећени седименти** или наталожене чврсте материје - у току времена честице која је у сталном контакту са дном прекрива нови слој и тако настају наталожене чврсте материје које остају на месту настајања у речном кориту.

Седименти који се налазе у води су продукти распадања природних стена под дејством воде који су после разарања и смањења крупноће и масе транспортовани ван зоне настајања да би се исталожили на делу реципијента на којем су брзине и снага тока умањени. Могу настати и таложења скелетских организама који су обитавали у води, односно преципитацијом из водених раствора. Седименти могу бити и талози настали људском делатношћу који до вода стижу заједно са отпадном водом да би се, потом, исталожили на дну реципијента, најчешће помешани са природно формираним седиментима. Дакле, седименти који се налазе на дну водних реципијената су остаци трошења и разарања стена, производи антропогенних делатности, али ту се налазе и остаци шкољака и органских остатака организама који су живели/ живе у водотоку.

Седименти се по пореклу деле на:

- **литогене** (алогени или алотигени = који настају другде, другог порекла) - Честице настају трошењем стена на копну, а транспортују се рекама и ветром. Настају уситњавањем стена или излуживањем. Првенствено се разли-

кују по крупноћи: шљунак (+ 2 mm), песак (-2+0,063 mm), прашина (-0,063+0,002 mm), глина (-0,002 mm). Прашина и глина су често заједно и једним именом се називају муљ. Превладавају уз рубове реципијента.

- **хидрогене** (аутигени = самородни) - настају преципитацијом директно из раствора, првенствено у полузатвореним базенима (лагунама).
- **биогене** - састоје се од скелетних остатака организама и од органских материја. Највећи део калцијум карбоната који се таложи у води је бионог порекла.

У реалним условима се најчешће срећу прелазни облици и комбинације.

Седименти се деле по крупноћи и стању у којем се налазе на: шљунак, песак, глина, тресет, консолидовани и неконсолидовани талог.

Седименти се, у првом реду, испитују због могућности да они постану прикривени резервоари унутар којих се могу акумулисати загађивачи који би постепено или накнадно могли да угрозе квалитет воде.

Проучавање седимената је битно за све стајаће воде (акумулације, језера, баре, лагуне, луке) у којима је струјање воде споро или занемарљиво и равничарске водотокове код којих се појављују шири и дубљи делови тока са значајним умирењем брзине транспорта или појавом делова погодних за стварање акумулација седимената и талоба. Проучавање седимената на планинским рекама није посебно интересантно јер постоји мала могућност да се формирају веће наслаге седимената. Код њих се најчешће појављују крупнозрни литогени седименти као што су шљунак и песак, а они најчешће нису прикривени извори контаминације.

Седименти чине и основу по којој су површинске воде подељене на типове:

тип 1 – велике низијске реке, **доминација финог наноса**,

тип 2 – велике реке, **доминација средњег наноса**, изузев река Панонске низије,

тип 3 и **тип 4** – мали и средњи водотоци, **доминација крупне подлоге**,

тип 5 – водотоци подручја Панонске низије, изузев водотока сврстаних у тип 1,

тип 6 – мали водотоци изван подручја Панонске низије који нису обухваћени типом 3 и 4, као и други водотоци.

3.4.2. Општи параметри квалитета седимената

Има много загађивача који утичу на квалитет седимената. Међутим, као општи параметри обично се разматрају рН вредност, редокс потенцијал, садржај влаге, крупноћа, укупан органски угљеник, кисело испарљиви оксиди, гвожђе и манган, конституенти порне воде (гвожђе, манган, амонијум, сулфиди) и загађивачи садржани у различитим фракцијама седимената [Simpson et al., 2005].

Важно је обавити и мерења параметара воде непосредно изнад седимента. Мерења треба обавити на 20 cm изнад седимента. Ту треба укључити мерење рН вредности, редокс потенцијала, раствореног кисеоника, температуру, проводљивост и мутноћу.

За утврђивање биолошке расположивости седимената важно је утврдити рН вредност порне воде јер су параметри воде, као што су амонијум, цијанид и сулфиди, зависни од рН вредности. Редокс потенцијал седимената је важан за контролу

метала у седименту, нарочито стања оксидације гвожђа и мангана и сулфида метала сребра, кадмијума, бакра, гвожђа, живе, никла, олова и цинка.

Познато је да се сушењем мења хемија седимената па је најбоље када се за анализу користе седименти са природном влажношћу. Садржај воде у седименту је важно одредити због прерачунавања добијених аналитичких вредности на суво.

По **гранулометријском саставу** седименти су веома разнолики, а крупноћа се креће од субмикронске до комада шљунка величине неколико центиметара. Уобичајено се сматра да су више загађени ситнији седименти јер имају већу специфичну површину и више везивних компоненти. Токсичност крупнијих седимената је обично већа.

Укупни органски угљеник је сума појединачног органског угљеника и раствореног органског угљеника. Органска материја се налази између зрна унутар седимента и представља место за активности бактерија. Те органске материје и органски слојеви на неорганским честицама (зрнима) везују метале и органске загађиваче. Међу органске супстанце које садрже угљеник спадају и дрвена влакна, пепео, чађ, уља и катран. Уобичајено је да се сва органска загађења вежу за садржај укупног органског угљеника.

Учешће **сулфида** је добар индикатор биолошке расположивости седимента. Основни представник кисело испарљивих сулфида је сулфид гвожђа – FeS који учествује у формирању сулфида других метала (кадмијум, бакар, никал, олово, цинк). Мерењем концентрације (mmol/kg) кисело испарљивих сулфида и поређењем са сумом кисело растворљивих метала (mmol/kg) може се утврдити загађеност седимената металима. Ако је концентрација кисело испарљивих сулфида већа од концентрације киселорастворљивих метала тада је биолошка расположивост седимената веома ограничена, док у супротном метали не узрокују токсичност седимената.

Максимално дозвољени период чувања узорака седимената и материјал контејнера у којим се узорци чувају приказана је у табели 3.18 [EPA, 2001].

3.4.3. Законска регулатива

"Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање" (Сл. гласник РС бр. 50/2012) је основни законски документ који прати квалитет вода и седимената у води, а који се директно наслања на европске директиве.

Граничне вредности за седименте исказују се и преко три параметра:

- **циљна вредност** јесте гранична вредност за концентрацију загађујуће материје у седименту испод које су негативни утицаји на околину занемарљиви и она представља дугорочни циљ квалитета седимента.
- **максимално дозвољена концентрација** (МДК) за седимент је максимално дозвољена концентрација појединачне загађујуће материје или групе загађујућих материја изнад које су негативни утицаји на околину вероватни;
- **ремедијациона вредност** јесте гранична вредност за концентрацију загађујуће материје у седименту изнад које постоји ризик по акватични екосистем и здравље људи и животиња који није прихватљив;

Табела 3.18. Максимално период чувања узорака седимента и материјал контејнера

Параметар	Материјал контејнера	Време чувања, дана	Услови складиштења
Амонијак	Пластика, стакло	28	Хлађење; замрзавање
Сулфати			
Сулфиди			Хлађење или NaOH; pH>9
Уља и масти	Стакло		HCl, pH<2
Жива	Пластика, стакло	6 недеља	H ₂ SO ₄ , pH<2; Хлађење
Метали (сем Cr и Hg)		6 месеци	HNO ₃ , pH<2; Хлађење
Екстраховане органске материје	Стакло, PTFE - обложен затварач	7 дана (до екстракције)	Хлађење; замрзавање
Пестициди		30 дана (после екстракције)	
Халогеноводоници и аромати		14	
Токсични	Пластика, PTFE	2 недеље	Хлађење; у мраку
Тестирање биоаккумуляције			

Код измуљивања седимента уводе се и две нове границе, које су вредносно постављене између циљне и ремедијационе вредности:

- **вредност лимита**, његова вредност је мања или једнака верификационом нивоу, а креће се у распону између циљне и ремедијационе вредности;
- **верификациони ниво**, његова вредност је већа или једнака вредности лимита, а креће се у распону између циљне и ремедијационе вредности;

Класа	Критеријум	Начини поступања са измуљеним седиментом
0	≤ Циљна вредност	Концентрације загађујућих материја у седименту су на нивоу природног фона. Седименти могу бити дислоцирани без посебних мера заштите.
1	> Циљна вредност и ≤ Вредност лимита	Седимент је незнатно загађен. Приликом дислокације дозвољено је одлагање без посебних мера заштите у појасу ширине до 20 m у околини водотока.
2	> Вредност лимита и ≤ Верификациони лимита	
3	> Верификациони ниво и ≤ Ремедијациона вредност	Седимент је загађен. Није дозвољено његово одлагање без посебних мера заштите. Неопходно је чување у контролисаним условима уз посебне мере заштите како би се спречило распрострањавање загађујућих материја у околину
4	> Ремедијациона вредност	Изузетно загађени седименти. Обавезна је ремедијација или чување измуљеног материјала у контролисаним условима уз посебне мере заштите како би се спречило распрострањавање загађујућих материја у околину

Табела 3.19. Граничне вредности за оцену статуса и тренда квалитета седимента

Параметар	Јед. мере	Циљна вредност	МДК	Ремедијациона вредност
Арсен (As)	mg/kg	29	42	55
Кадмијум (Cd)	mg/kg	0,8	6,4	12
Хром (Cr)	mg/kg	100	240	380
Бакар (Cu)	mg/kg	36	110	190
Жива (Hg)	mg/kg	0,3	1,6	10
Олово (Pb)	mg/kg	85	310	530
Никал (Ni)	mg/kg	35	44	210
Цинк (Zn)	mg/kg	140	430	720
Минерална уља	mg/kg	50	3000	5000
Полициклични ароматични угљоводоници (ПАН) ¹	mg/kg	1	10	40
Нафтален	mg/kg	0,001	0,1	
Антрацен	mg/kg	0,001	0,1	
Фенантрен	mg/kg	0,005	0,5	
Флуорантен	mg/kg	0,03	3	
Бензо(а)антрацен	mg/kg	0,003	0,4	
Кризен	mg/kg	0,1	11	
Бензо(к)флуорантен	mg/kg	0,02	2	
Бензо(а)пирен	mg/kg	0,003	3	
Бензо(г,х,и)перилен	mg/kg	0,08	8	
Индено(1,2,3-сд)пирен	mg/kg	0,06	6	
Полихлоровани бифенили (PCB) ²	µg/kg	20	200	1
DDD	µg/kg	0,02	2	
DDE	µg/kg	0,01	1	
DDT	µg/kg	0,09	9	
DDT укупни ³	µg/kg	10	-	4000
Алдрин	µg/kg	0,06	6	
Диелдрин	µg/kg	0,5	450	
Ендрин	µg/kg	0,04	40	
Циклодиен пестициди ⁴	µg/kg	5	-	4000
α-НСН	µg/kg	3	20	
β-НСН	µg/kg	9	20	
γ-НСН (линдан)	µg/kg	0,05	20	
НСН укупни ⁵	µg/kg	10	-	2000
Алфа-ендосулфан	µg/kg	0,01	1	4000
Хептахлор	µg/kg	0,7	68	4000
Хептахлор-епоксид	µg/kg	0,0002	0,002	4000

1) Параметар се односи са суму следећих једињења: нафтален, антрацен, фенантрен, флуорантен, бензо(а)антрацен, кризен, бензо(к)флуорантен, бензо(а)пирен, бензо(г,х,и)перилен, индено(1,2,3-сд)пирен

2) Параметар се односи са суму следећих појединачних једињења: PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 и 180.

3) Параметар се односи са суму DDT, DDD и DDE

4) Параметар се односи са суму алдрин, диелдрин и ендрин

5) Параметар се односи са суму четири изомера: α-НСН, β-НСН, γ-НСН, δ-НСН

Табела 3.20. Граничне вредности за оцјену квалитета седимента при измуљивању седимента из водотока

Параметар	Јед. мере	Циљна вредност	Вредност лимита	Верификациони ниво	Ремедијациона вредност
Арсен	mg/kg	29	55	55	55
Кадмијум	mg/kg	0,8	2	7,5	12
Хром	mg/kg	100	380	380	380
Бакар	mg/kg	36	36	90	190
Жива	mg/kg	0,3	0,5	1,6	10
Олово	mg/kg	85	530	530	530
Никл	mg/kg	35	35	45	210
Цинк	mg/kg	140	480	720	720
Минерална уља	mg/kg	50	1000	3000	5000
РАН	mg/kg	1	1	10	40
Полихлоровани бифенили (PCB)	mg/kg	0,02		0,2	1
DDT укупни	µg/kg	10	10	40	4000
Циклодиен пестициди	µg/kg	5			4000
НСН укупни	µg/kg	10			2000
Алфа-ендосулфан	µg/kg	0,01			4000
Хептахлор	µg/kg	0,7			4000
Хептахлор-епоксид	µg/kg	0,0002			4000

3.4.4. Избор зоне и тачке узорковања

Избор зоне за узимање узорака седимената зависи од сврхе испитивања, односно праћења стања седимената у реципијенту. Сврха испитивања може бити различита:

- проучавање депозиције талога који је узводно доспео до реципијента,
- испитивање услова тока и струјања водотока,
- испитивања угрожености мостова на водотоку,
- проучавање контаминације итд.

Генерално се прихватају основни принципи избора зоне и тачке узорковања који обухватају: лак и безбедан приступ месту узимања узорака у свим периодима године (нпр. у периоду поплава или у периоду појаве леда) и без угрожавања активности које се нормално обављају на реципијенту (нпр. пловидба у луци).

Прецизна локација места (тачке) узорковања обично се обавља на лицу места (на терену). При томе се води рачуна да тачка узорковања буде довољно удаљена од узводне притоке или излива како би се обавило мешање токова, а узорак узео из седимената који представљају реално стање. Треба избегавати и подручја на којима је водено растиње јер оно може битно да поремети вађење узорака, а рашчишћавање је често отежано или потпуно неизводљиво. Ако се сеча и рашчишћавање обавља у периоду узимања узорака може доћи до ремећења интеракције вода-седимент (посебно када се ради о неконсолидованом талогу) па ће резултати бити погрешни. Треба пазити на уобичајени режим прањене узводних акумулација јер нагли доток воде може, у првом реду, угрозити безбедност особља који узима узорке, а потом реално може нарушити структуру исталожених седимената.



За узорковање седимената из језера користе се и веома једноставне посуде, слика 3.37.

Механичко узорковање је физички лакше и подесније, али за то је потребна посебно прилагођена опрема преко које се управља са узимачем узорка.

3.4.7. Уређаји за узимање узорака седимената

За узимање узорака користе се различити типови хватача и сонди.

Хватачи (багери) се обично састоје од једне или више посуда са зглобом који се затвара после захватања довољних количина материјала или при подизању. Хватачима се обезбеђују поремећени узорци код којих се обично губи део разводњеног и најситнијег материјала. Хватачи обезбеђују узимање узорака са малих дубина (5-50 cm), мада је тешко тачно утврдити дубину до које је хватач продро код урањања у седимент. Хватачи се користе за узимање узорака муља и песка. Нису погодни за узимање узорака крупнозрног шљунка, тресета и глине.

На тржишту има више типова маказастих хватача. Српски стандард СРПС-ISO 5667-12:2005 као најпознатији приказује хватач по Ван Венхапер-у, мада не ограничава избор само на овај тип.



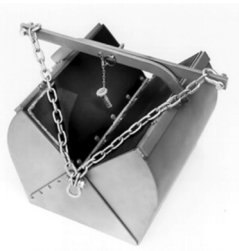
Ван Винов хватач



Екманов хватач



Хватач понар



Хватач петипето



Спуштање хватача с брода

Слика 3.38. Хватачи различитог типа

Хватач се састоји од две повезане отворене посуде. Отворени хватач се баца у воду. Када падне на дно ослобађају се кочнице тако да се посуде могу затворити. При затварању и подизању хватач захвата и седимент. После изношења посуде се отварају, а узорак се оставља у унапред припремљену посуду за прихватање и

чување узорка. Хватачи имају масу од 1 до 100 kg, а запремина посуда износи 0,5 до 25 литара. Са хватачима мање величине и капацитета може се управљати ручно, док је код већих потребно користити чекрк. Израђују се од поцинчаног челичног лима или од нерђајућег челика.

На слици 3.38 приказани су маказасте хватачи различитог типа.

Сонде имају широку примену у узимању узорака седимената са дна језера, река, мора, ушћа, лука итд. По правилу, цилиндар сонде се забија у материјал из којег се узима узорак. Узорак се узима извлачењем цеви из дна. Продирање цилиндра у седимент може се обавити директним ручним гурањем цеви (цилиндра), гурањем помоћу продужене штангле, али продирање у седимент може бити гравитацијско под тежином саме сонде или уз додавање оптерећења сонди и вибрирањем.

Сондама се обично узимају непоремећени узорци. Подесне су за узимање узорака из песковитих, глиновитих и дна са меким тресетом.

Ручно узимање узорака седимената из чамаца, са докова или мостова је ограничено до дубине од 2 m. За веће дубине треба ангажовати рониоце. За ручно узимање узорака користе се клипне сонде, слика 3.40, сонде којима рукује ронилац, Бикер (*Beeker*) сонде, слика 3.41, заптивајући сондажни системи, сонде по Врајвиту (*Vrijwit*) или клинасте сонде.

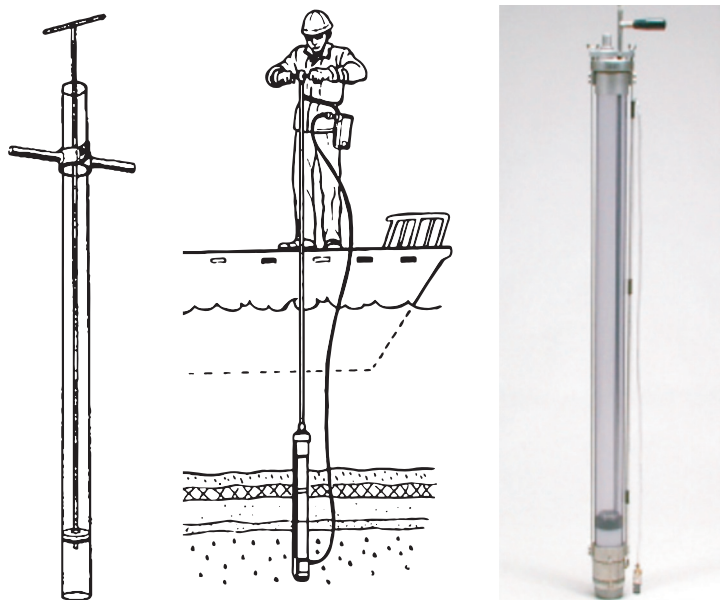


Слика 3.39. Ручне сонде

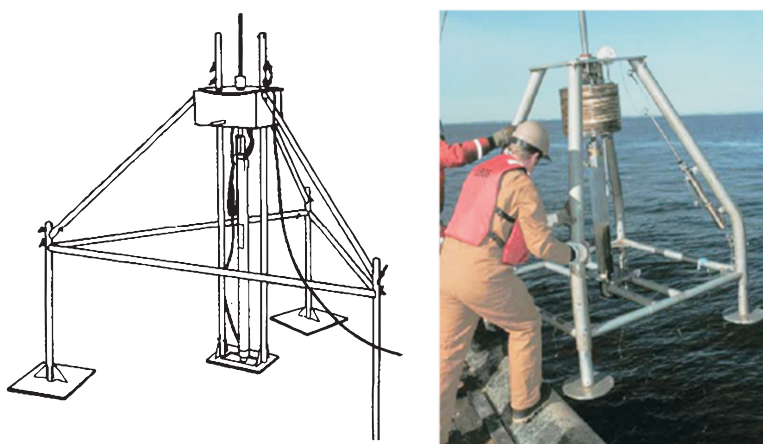
Клипне сонде се користе за узимање узорака седимената из океана и језера. Способне су за узимање узорака са дубине до 20 m. Нису погодни за узимање узорака са малих дубина (до 1 m). Генерално се састоји из стабилизирајућих крилаца, главе, цилиндра за језгро, клипа, осигурача језгра, секача и механизма за хватање. Спушта се са брода преко крана. Не могу се пуштати да слободно падају. Управља се преко механизма спојеног жицом. Дужина жице одређује дубину до које је сонда допрла. Када се цев забоду у седимент повлачи се клип што омогућава лакше пуњење цеви. Клип се користи и при вађењу узорка из цилиндра (цеви). Узорци су

најчешће делимично сабијени због феномена нагомилавања. Клипна сонда је приказана на слици 3.40.

Сонда по Бикеру је приказана на слици 3.41.



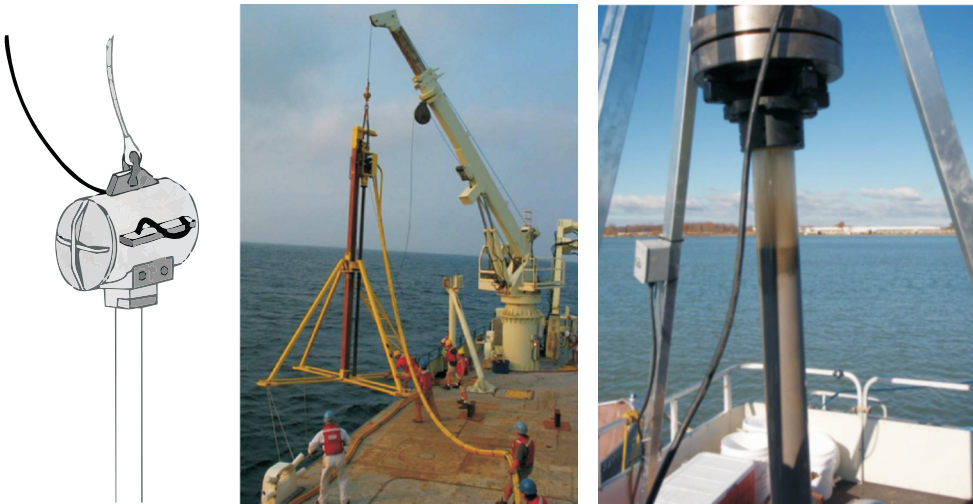
Слика 3.40. Клипна сонда



Слика 3.41. Сонда по Бикеру, лево шема, десно спуштање преко крана

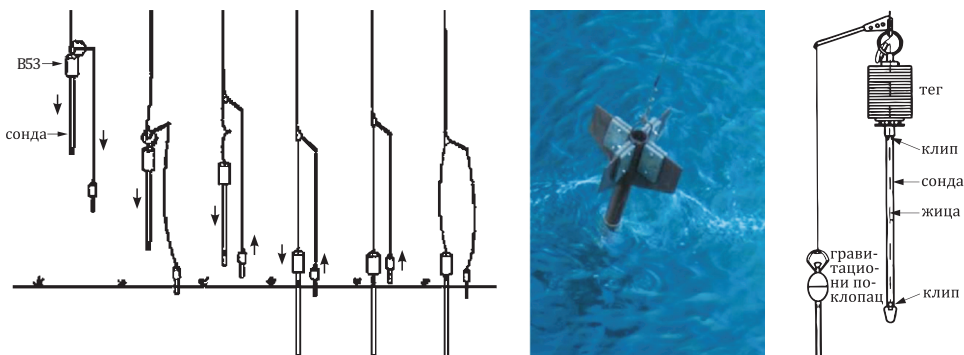
Вибро сонде. Имају механичку вибро главу на врху сонде. Вибрације могу бити изазване механички, електрични или пнеуматски. Различите вибро главе имају различите амплитуде и фреквенције. Продирање цеви у седимент може бити

првенствено вертикално или комбиновањем вертикалних и хоризонталних вибрација. Вибро сонде се праве у различитим величинама. Највеће обично раде са цеви пречника 141 mm са продирањем у седимент до 6 m зашто им је потребан подводни оквир за стабилизацију. Могу се користити за узимање узорка са дубине и до 1 000 m.



Слика 3.42. Вибро сонда: шема

Флегерова (Phleger) гравитациона сонда, слика 3.43. Тежи око 8 kg и има цев унутрашњег пречника 3,5 cm. На врху су крилца за стабилизацију и површина за додатно оптерећење ради повећања силе продирања. На врху цеви се налази систем вентила који обезбеђује затварање цеви и испирање узорка при изношењу, односно отварање при пуњењу када сонда дође на одређену дубину седимента. Сонда се спушта са брода. Користи се за узимање узорка меканих песковитих седимената и делимично сабијених материјала из језера и бара. Количина узорка која се извади при једном узорковању је мала па тражи више понављања да би се обезбедила довољна количина узорка.



Слика 3.43. Спуштање гравитационе сонде

Кутијаста сонда. Четвртаста гравитациона сонда која се прави у више величина. Може захватити велики релативно непоремећени узорак из меких седимената. Користи се када је потребно захватити порну воду унутар седимента. Позната су два основна типа: Екманова код које се отварају и затварају два крила на дну сонде, као код Екмановог хватача, и Рајнекеов (*Reinecke*) тип где багер клизи по дну сонде. Ово су велике сонде и могу се користити само са бродова, коришћењем великих кранова (2-3 тоне) и са довољно простора на палуби.

Руска сонда за тресет, слика 3.44. Ручна сонда која се пуни са стране. Намењена је за узимање релативно несабијених узорака седимената. Састоји се од коморе, шипки за продужавање, ручке за окретање, главе сонде и дна ради придржавања покривне плоче. Покривна плоча је закривљена и обликована ради минимизације поремећаја структуре узорка. Када се постигне жељена дубина, сонда се заокрене у смеру казаљке на сату ради пуњења цеви резаним седиментом. Сонда може да се примени за узорковање до дубине од 3 (или више) метара са малим губитком узорка.



Слика 3.44. Руска сонда за тресет

3.5. Мониторинг вода и седимената у Србији

На нивоу Републике Србије за мониторинг вода (површинских – водотоци, језера, акумулације и подземних) и седимената задужена је Агенција за заштиту животне средине, а на бази уредби које сваке године доноси Влада РС. Агенција је, дакле, овлашћен за мерења загађености свих вода.

Сагласно Уредби Агенција јавно објављује извештај о стању воде и седимената на свим анализираним рекама, језерима и акумулацијама, односно о стању подземних вода на анализираним профилима за протеклу годину. Извештаји се могу преузети са њиховог сајта.

Извештај о резултатима испитивања квалитета површинских и подземних вода за 2013. годину [Денић и др., 2014] садржи систематизоване податке испитивања биолошких елемената квалитета за оцену еколошког статуса/потенцијала, као и физичко-хемијских, хемијских и микробиолошких показатеља квалитета вода водотока, акумулација, језера и издани на територији Србије. Испитивања биолошких елемената обухватила су: фитопланктон, фитобентос и макроинвертебрате. Испитивања физичко-хемијских, хемијских и микробиолошких параметара обухватила су:

- Физичко-хемијске и хемијске параметре који одређују: термичке услове, услове оксидације, салинитет, алкалитет и ацидитет, нутријентно оптерећење, а код акумулација и језера и провидност.
- Специфичне загађујуће супстанце - приоритетне супстанце и остале загађујуће супстанце,
- Микробиолошке параметаре: укупни колиформи, фекални колиформи, фекалне ентерококе, однос олиготрофних и хетеротрофних бактерија, број аеробних хетеротрофа.

Испитивање квалитета воде, обављено је на:

- 91 станица на 56 водотокова,
- 4 акумулације и 1 језеру (Зобнатица, Сјеница, Првонек и Барја + Бела Црква)
- 61 пијезометру, односно станица подземне воде прве издани и 2 врела.

Испитивање квалитета седимента реализовано је на:

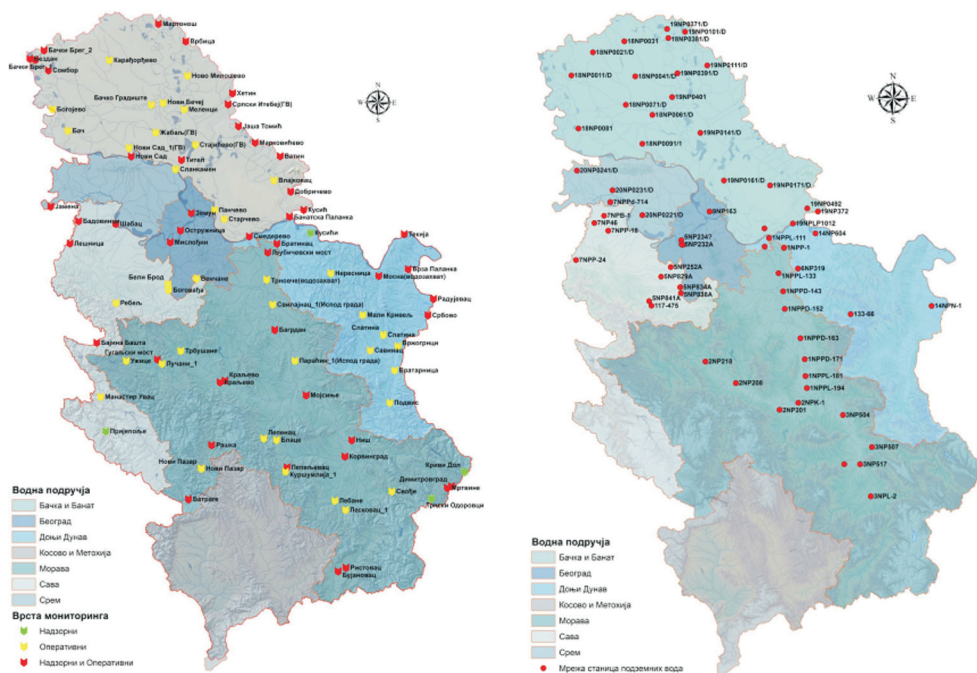
- 33 станице на 31 водотоку, и
- 10 станица на 3 акумулације

Станице су груписане по водним подручјима и водним телима. Србија је подељена на 7 водних подручја: Бачка и Банат, Београд, Доњи Дунав, Косово и Метохија, Морава, Сава и Срем, слика 3.45 [Денић и др., 2014]. На истој слици се виде и локације на којима је вршен мониторинг површинске (надзорни, оперативни или оба) и подземне воде.

Резултати спроведене анализе приказани су табеларно, у седам подтабела, по групама параметара: општи параметри и показатељи кисеоничног режима, показатељи садржаја нутријената, показатељи салинитета, показатељи садржаја метала, показатељи присуства органских супстанци, микробиолошки параметри и приоритетне и приоритетне хазардне супстанце.

Најлошији резултати забележени су на Борској и Кривељској реци, на профилу Слатина, где је вода потпуно неупотребљива (класе V) у погледу рН, раствореног и засићености кисеоником, нитритима, амонијум јоном, сулфатима, укупном минерализацијом те садржајем арсена, бакра, гвожђа и мангана. Остали параметри су најчешће класе 3 и 4, мада има и параметара класе 1 и 2. На срећу, много је више река које су по свим параметрима класе 1 и 2.

Податке о водостајима, протицајима и температурама површинских вода, као и податке о водостајима и температурама подземних вода не води Агенција већ Републички хидрометеоролошки завод.



Слика 3.45. Подела Србије на водна подручја и места на којима се обављања мониторинг, лево: површинске, десно: подземне воде

Питања за понављање:

1. Које воде подлежу мониторингу?
2. Како се деле индикатори квалитета воде?
3. Набројте физичке индикаторе квалитета воде!
4. Шта је карактеристично за физичке индикаторе квалитета воде?
5. Набројте хемијске индикаторе квалитета воде!
6. Шта је карактеристично за хемијске индикаторе квалитета воде?
7. Набројте биолошке индикаторе квалитета воде!
8. Шта је карактеристично за биолошке индикаторе квалитета воде?
9. Шта је карактеристично за Оквирну директиву о водама ЕУ?
10. Наведите статусе вода према Оквирној директиви о водама ЕУ!
11. Како се доноси одлука о статусу водотока?
12. Које врсте мониторинга вода предвиђа Оквирна директива о водама?
13. Који акт посебно третира мониторинг вода у Србији?
14. Које граничне параметре прати српска "Уредба..."?
15. Како се воде класирају према садржају приоритетних и хазардних супстанци?
16. Наведите технике које се примењују за мерење протока воде!
17. Наведите карактеристике узорковања површинских вода!
18. У чему се разликује поступак узорковања равничарских од планинских река?
19. Наведите врсте посуда које се користе за узорковање површинских вода!
20. Како се поступа са узорцима воде после узимања, а пре анализе?
21. Који су уобичајени временски интервали узорковања површинских вода?
22. У чему је предност аутоматског мониторинга вода?
23. Шта су подземне воде?

24. Који објекти се користе за мерење нивоа подземне воде?
25. Како се може мерити ниво подземне воде?
26. Како се узоркује подземна вода?
27. Шта су то бајлери?
28. Које врсте пумпи се користе за узорковање подземне воде?
29. У којем временском интервалу се обично прати стање подземне воде?
30. Шта су седименти и како се деле по пореклу?
31. Наведите типове честичних материјала које се налазе у води!
32. Када се узимају непоремећени узорци седимената?
33. Наведите уређаје за узорковање седимената!
34. Ко је задужен и ко организује мониторинг вода и седимената у Србији?
35. У којем интервалу се објављују извештаји о квалитету вода у Србији?

Литература

- [1] **Остојић А., Ђурчић С.**, (2005), Квалитет воде у акумулационом језеру Гужа, Природно-математички факултет, Крагујевац, стр. 217-229
- [2] **Јездимировић И.** (ур.), (2011), Вода - извор одрживог развоја, приручник, Инжењери заштите животне средине, Нови Сад
- [3] **Рекалић В.**, (1989), Анализа загађивача ваздуха и воде, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, Београд
- [4] "Правилник о националној листи индикатора заштите животне средине", Сл. гласник РС бр.бр. 37/2011
- [5] **SEPA**, (-), Water quality index, <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked&#tabela2>
- [6] Directive 2000/60/EC, (2000), WFD, Establishing a framework for community action in the field of water policy", Official Journal of European Communities L327
- [7] **Далмација Б.**, (2013), Граничне вредности имисије за воде, Промоција "Новог приступа заштите вода у Републици Србији" ПКБ, Београд
- [8] "Уредба о класификацији вода", Сл. гласник РС бр. 5/68
- [9] "Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање", Сл. гласник РС бр. 67/2011
- [10] "Уредба о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање", Сл. гласник РС бр. 35/2011
- [11] "Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање", Сл. гласник РС бр. 67/2011
- [12] "Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода", Сл. гласник РС бр. 74/2011
- [13] "Правилник о референтним условима за типове површинских вода", Сл. гласник РС бр. 67/2011
- [14] "Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање", Сл. гласник РС бр. 50/2012
- [15] Правилник о утврђивању водних тела површинских и подземних вода, Сл. гласник РС бр. 96/10

- [16] "Правилнико о референтним условима за типове површинских вода", Сл. гласник РС бр. 67/2011
- [17] **Burden F.R., McKelvie I., Foerstner U., Guenther A.**, (2002), Environmental monitoring handbook, The McGraw-Hill Companies, Inc
- [18] **Hudson N. W.**, (1993), Field measurement of soil erosion and runoff, Silsoe Associates, Ampthill, Bedford, United Kingdom
- [19] СРПС ISO 5667-1, (1997), Квалитет воде-Узимање узорака- Део 1: Упутство за израду програма узимања узорака, Институт за стандардизацију Србије
- [20] СРПС ISO 6107-2, (2001), Квалитет воде- Речник- Део 2, Институт за стандардизацију Србије
- [21] **Deatrick J.**, (2013), SESDPROC-111-R3, In Situ Water Quality Monitoring, EPA, Science and Ecosystem Support Division, Athens
- [22] **Триповић Д., Игњатовић Ј., Цвијан М., Надеждић М., Маљевић Е., Пауновић М.**, (2003), Стратегија мониторинга квалитета површинских вода, Регионални центар за животну средину за Централну и Источну Европу Канцеларија у Србији и Црној Гори, Београд
- [23] Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption, (1998), Official Journal L 330/32
- [24] **Мијовић С., Палмар Б.**, (2009), Континуирани мониторинг квалитета воде реке Колубаре, саопштење на саветовању "Водовод и канализација", Дрвенград – Међавник
- [25] **Иветић М.**, 2001, Рачунска хидраулика, Струјање воде у порозним срединама, белешке, Грађевински факултет, Београд
- [26] **Ritzema H. P.** (ed.), (1994), Drainage Principles and Applications, ILRI Publication 16, Second Edition, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen
- [27] **Иветић М.**, 2001, Рачунска хидраулика, Струјање воде у порозним срединама, белешке, Грађевински факултет, Београд
- [28] "Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање", Сл. гласник РС бр. 50/2012
- [29] **Nielsen M.D., Nielsen L. G.**, (2007), "The Essential handbook of ground-water sampling", CRC Press, Taylor & Francis group, Boca Raton
- [30] U.S. EPA, (1991), Compendium of ERT ground water sampling procedures, EPA/540/P-91/007
- [31] www.rshydro.co.uk, Low flow sampling equipment for ground water monitoring
- [32] **Ritchey J.**, (2002), Low Flow Purging and Sampling Ground Water, Evolution of Technology and Standards, ASTM Standardization news, pp. 18-23
- [33] **Harter T.**, (2003), Groundwater sampling and monitoring, Publication 8085, University of California, Division of agriculture and natural resource, Davis
- [34] **Simpson S.L., Batley G.E., Chariton A.A., Stauber J.L., King C.K., Chapman J.C., Hyne R.V., Gale S.A., Roach A.C., Mather W.A.**, (2005), Handbook for sediment quality assessment, CSIRO, Bangor, NSW
- [35] СРПС ISO 6557-12, (2005), Квалитет воде- Узимање узорака- Део 12: Смернице за узимање узорака талога са дна, Институт за стандардизацију Србије
- [36] EPA-823-B-01-002, (2001), Methods for Collection, Storage, and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses, Technical Manual, US Environmental Protection Agency
- [37] **Денић Љ, Стојановић З, Допуђа-Глишић Т, Чађо С, Бурковић А, Новаковић Б.**, (2014), Резултати испитивања квалитета површинских и подземних вода за 2013. годину, Министарство пољопривреде и заштите животне средине, Агенција за заштиту животне средине, Београд

4. МОНИТОРИНГ ВАЗДУХА

Шта можете сазнати и научити читајући ово поглавље:

- основне појмове о атмосфери и делу атмосфере која је интересантна за мониторинг,
- о изворима загађења и загађујућим супстанцама,
- о законској регулативи у Србији и граничним вредностима загађујућих супстанци,
- о мониторингу ваздуха,
- о системима за узорковање ваздуха.

4.1. Основни појмови о атмосфери

Атмосфера је невидљиви гасовити омотач који окружује Земљу и окреће се заједно са њом. Облика је спљоштене лопте, јер је дебљина на половима мања. Сачињава је смеша различитих гасова при чему су најзаступљенији азот са 78%, кисеоник са 21% и аргон са 0,9% (слика 4.1). Сви остали гасови (угљен-моноксид, угљен-диоксид, оксиди сумпора, оксиди азота, полициклични ароматични угљоводоници...) чине свега 0,1%.



Слика 4.1. Садржај гасова у атмосфери

Атмосфера има за живот више битних функција [Костић, 2007]:

- **природни заштитни омотач Земље**, штити живот на Земљи апсорбујући штетна космичка зрачења.
- **апсорбује један део сунчевих електромагнетних зрачења** (соларно зрачење) допуштајући при том да само извесна зрачења као што су видљива, она блиска ултраљубичастим и инфрацрвеним зрачењима (од 300 до 2500 nm) и радио таласи (од 0,01 до 40 m) стигну до Земље.
- **апсорбује инфрацрвена зрачења** која се емитују са Земље, а која су много веће таласне дужине него она која стижу на Земљу чиме стабилизује температура Земље спречавајући огромне температурне разлике које иначе постоје на планетама без атмосфере.
- **извор је кисеоника** за дисање људи и животиња и **угљен-диоксида** за фотосинтезу биљака.
- **даје азот** који користе бактерије (оне које везују азот) и биљке (оне које производе амонијак) да створе хемијски везани азот, основне компоненте молекула живог организма.
- **транспортује воду** из површинских вода до површина Земље.

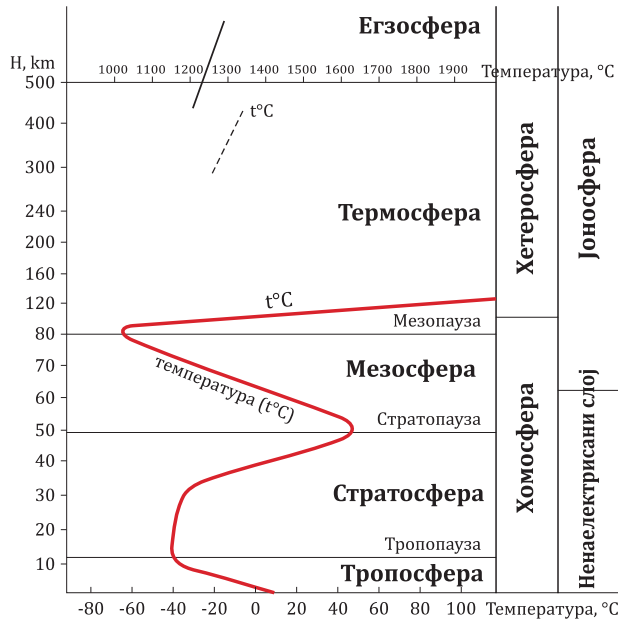
Горњи слој атмосфере се налази далеко у међупланетарном систему и тешко је одредити његову висину. Најновија истраживања указују да се горња граница атмосфере налази између 1.000 и 2.000 km. По висини атмосфера се дели на слојеве:

- **Тропосфера**, најгушћи и најнижи слој атмосфере, на половима досеже висину 8-10 km, а на екватору 17 km. На нашим просторима је висок око 11 km. У тропосфери се налази готово сва водена пара па се све метеоролошке промене дешавају у овом слоју, као и живот. У овом слоју са висином опада температура. На горњој граници су температуре од -50 до -90°C.
- **Стратосфера** је следећи слој атмосфере и у овом слоју температура у просеку расте са висином све до њене горње границе, која се налази на 50-55 km изнад Земље. То је слој без ветра и ниском концентрацијом гасова, посебно кисеоника. У овом слоју се ултраљубичастим зрачењем са Сунца ствара озон (дебљине 30 km) који апсорбује ултраљубичасте таласе. **Тропопауза** је прелазан слој између тропосфере и стратосфере, дебљине око 1 km. Најзначајнији му је стратосферски раст, у њему после тропосферског пада температура постепено прелази у 0.
- **Мезосфера** је изнад стратосфере, досеже висине од око 80 km. У овом слоју температура опет опада са висином, при чему достиже и до -100°C, те је овај слој најхладнији. Од стратосфере је дели **стратопауза**.
- **Термосфера** се налази на висинама од 80 до око 800 km. У овом слоју температура стално расте са висином до веома високих вредности (на 600 km чак и до 2000°C), по чему је и добила име. Између мезосфере и термосфере се налази прелазни слој **мезопауза**.
- **Егзосфера** је највиши слој атмосфере и заузима међупланетарни простор изнад 800 km. Овај слој је најмање испитан. Од термосфере је одвојен прелазним слојем, **термопаузом**.

У **хемијском смислу**, атмосфера се може поделити на **хомосферу** у којој је састав ваздуха уједначен (простира се до висине 90-95 km), и **хетеросферу**, у којој се хемијски састав мења у вертикалном смеру.

У **физичко-хемијском смислу**, може се разликовати **ненаелектрисани** слој атмосфере и **јоносфера** у којој је повећан број јона и која се простира од 50-тог km па све до границе са космичким простором.

На слици 4.2 дата је шема висинске расподеле Земљине атмосфере.



Слика 4.2. Зависност температура од надморске висине са приказом слојева атмосфере

О историји Земљине атмосфере слабо се зна, сем чињенице да је порекло атмосфере везано за порекло саме Земље. Генерално, настанак атмосфере се може поделити у 3 фазе.

"Прва атмосфера" се састојала од водоника и хелијума. Топлота (са Земље која је била истопљена, ужарена маса и са Сунца) је распршила атмосферу. Пре око 3,5 милијарде година површина се довољно охладила да се обликује земљина кора која се још увек састојала од бројних вулкана који су испуштали пару, угљен-диоксид и амонијак. То је довело до стварања **"друге атмосфере"** која је у почетку била састављена од угљен-диоксида и водене паре уз нешто азота, али практично без кисеоника. Временом, Земљина кора се потпуно охладила, ослободио се азот који је постао примарни гас атмосфере. Са појавом првих бактерија-цијанобактерија, које су биле први еволуирајући фототропни организми и које су вршиле фотосинтезу, ослобађао се и кисеоник који се претварао у "добри" озон и на тај начин створио штит од ултраљубичастих зрачења, омогућавајући тако живот.

Ова атмосфера од кисеоника и азота чини **"трећу атмосферу"**. Промене у атмосфери се и даље дешавају мада веома споро и неприметно у односу на време настанка и формирања Земље [Westerman,1989].

Са аспекта анализе загађења ваздуха и негативних утицаја на окружење, у првом реду на здравље живих бића, битно је познавати амбијентални ваздух. Под тим појмом подразумева се најдоњи део атмосфере, а обично је **амбијентални ваздух** ограничен на висину до око 100 метара, рачунато од Земљине површине.

4.2. Метеоролошки параметри и загађење ваздуха

Значајан утицај на понашање загађујућих супстанци у ваздуху имају метеоролошки услови. Од вредности метеоролошких параметара зависи транспорт, разблаживање, реакције и промене концентрације на месту мерења и време боравка загађујућих супстанци у ваздуху, а све ово утиче на људе, остали живи свет и материјална добра.

Температура утиче на формирање, деловање и интеракцију загађивача на неколико начина. Део утицаја температуре на загађење повезан је са чињеницом да се брзине хемијских реакција повећавају са порастом температуре. Исто тако, што је ваздух топлији, већа је и количина воде коју ваздух садржи. Многи загађивачи се растварају у води и стварају киселине. Ово се бар делимично ублажава (као и загађење ваздуха) кондензацијом паре у атмосфери и њеним враћањем на земљу у облику кише, суснежице или снега при чему се атмосфера чисти.

Ветар на окружење има двојако, позитивно и негативно, дејство. Он чисти атмосферу разређивањем и растурањем загађујућих материја. Ово може да буде благодат за становнике градова у којима се ставарају загађивачи, али и проблем за људе који живе на правцу дувања ветрова, носилаца загађивача. О овоме посебно треба водити рачуна када се прави програм мониторинга.

Загађеност ваздуха, међутим, директно утиче на локалне и глобалне атмосферске (метеоролошке) услове. Честице у ваздуху служе као нуклеуси за настајак већих агрегата као што су капи воде (магла, киша), што доводи до метеоролошких промена. Такође, честице апсорбују, одбијају или расипају Сунчево зрачење, што има значајан утицај на метеоролошке прилике у некој области.

4.3. Извори и загађујуће супстанце у ваздуху

Чист ваздух практично у природи више и не постоји. Незагађен ваздух је појам који се односи на састав ваздуха какав би био када не би било антропогеног утицаја. Зато се и не може прецизно дефинисати састав незагађеног ваздуха. Најмање загађен ваздух је ваздух на планинама, половима и пустињама.

Загађивање ваздуха врши се емисијом штетних гасовитих и чврстих материја из природних извора или као резултат људске делатности. Загађење ваздуха настаје када концентрација одређених загађујућих супстанци достигне величине које

узрокују његову токсичност, тј. почиње штетно деловати на здравље људи и биљни и животињски свет.

Одрживост животне средине подразумева да степен загађујућих материја које се емитују не прелази могућности ваздуха да их апсорбује и преради.

Извори загађења у основи се деле на **природне** и **антропогене**.

При томе се **природни извори загађења** могу поделити у две значајне групе [Griffin, 2007]: **геогене** и **биогене**.

Геогени извори загађења су последица вулканских ерупција, емисије из геотермалних извора, муња, пожара, пешчаних олуја и капљица (дим) са морске површине.

Биогени извори загађења укључују деловање живих и изумрлих организама. Извори загађења ваздуха потичу са дрвећа, пољопривредних усева и траве, као и бактерије и фитопланктони из океана. Из океана се нарочито емитују органски угљеник и азот који су део угљеничног или азотног циклуса без којих не би било ни живота. Изумрли организми утичу на загађење ваздуха преко земљишта и воде.

Антропогени извори загађења ваздуха могу бити **стационарни** (пољопривредне активности, рударске активности, термоелектране, индивидуална ложишта итд.) и **покретни** (возила са унутрашњим сагоревањем).

Врсте аерозагађења из антропогенних извора зависе од многих чинилаца, а најзначајније су:

- технолошки процес
- врсте коришћених сировина
- карактеристике полупроизвода или готовог производа

Посматрано на глобалном, светском, нивоу природна загађења су далеко већа од антропогенних. У табели 4.1. дати су процењени подаци о изворима загађења ваздуха осамдесетих година прошлог века [Griffin, 2007].

Табела 4.1. *Процењене вредности загађивача емитованих у атмосферу*

Извор		Природни	Антропогени
Угљен-моноксид (CO)	милиона тона годишње	3.000-650.000	260 – 1.000
Азот-диоксид (NO ₂)		480 – 1.000	48-53
Угљоводоници (CH)		115-1.800	30-90
Угљен-диоксид (CO ₂)		600.000-1.000.000	28.000
Оксиди сумпора (SO ₂ , SO ₃)		147-242	104
Чврсте честице (PM ₁₀)	%	80-90	10-20

Очигледно је да су природна загађења значајно већа од антропогенних, и то од душло (оксиди сумпора) па до више од 1000 пута (угљен-моноксид)!

Постоји више подела загађивача ваздуха. Према **природи** загађивача подела би била на [Трумбуловић Бујић, Аћимовић Павловић, 2008]:

- **Примарне** - они се директно из извора емитују у атмосферу (нпр. CO₂ из термоелектрана). Ослобађају се из познатих извора;
- **Секундарне** - они се формирају као резултат реакција између примарних загађивача и неких других елемената присутних у атмосфери (нпр. озон). Често су разорнији од полазних супстанци које ступају у реакцију.

Према **конзистенцији** загађивачи се деле на:

- честице (прашина, паре, магле, димови)
- гасовите полутанте (гасови и паре)

Гасовити загађивачи углавном настају од органских једињења, при чему је доминантни механизам њиховог стварања волатилизација¹. Честични загађивачи настају у процесу спаљивања/сагоревања, ерозије ветра или при различитим механичким процесима. Ови загађивачи не садрже само органске материје, већ и неорганске - метале. Такође, у процесу спаљивања јављају се и гасовити загађивачи, као продукт непотпуног сагоревања и као секундарни продукт [LaGrega et al., 2001].

Америчка агенција за заштиту животне средине (EPA) предложила је према Закону о чистом ваздуху ("Clean Air Act"), према коме се оријентишу и многе друге земље попут Аустралије, Канаде итд., следећу листу примарних загађивача ваздуха, тзв. "критеријумских загађивача" [NAAQS, 2011]: **угљен-моноксид, олово, азотни оксиди, озон, честични загађивачи и сумпор-диоксид.**

Рударство доприноси стварању и извесних количина других загађивача попут угљен-диоксида, волатилних (испарљивих) органских материја, метана, укључујући и радиоактивне конституенте [Markus, 1997].

4.3.1. "Критеријумски" загађивачи

4.3.1.1. Угљен-моноксид

Угљен-моноксид, CO, је гас без боје, мириса и укуса, те га људи не могу детектовати. Лакши је од ваздуха. Веома је токсичан, запаљив и експлозиван у већим концентрацијама. Природна концентрација угљен-мооксида у ваздуху је веома мала и износи око 0,2 ppm, што нема штетне ефекте по људе. Најчешћи природни извори су вулкани.

Главни антропогени извори угљен-мооксида су аутомобили (мотори са унутрашњим сагоревањем), енергетска (термоелектране, топлане) и индустријска постројења (рафинерије нафте, високе пећи, фабрике папира и постројења за производњу грађевинског материјала), где настаје као производ непотпуног сагоревања фосилних горива. Процењује се да аутомобили учествују са 60 - 80% у емисији угљен-мооксида.

1) Волатилизација је процес претварања хемијске материје из течне у гасовиту фазу.

Молекул CO је хемијски прилично инертан, што је разлог да велике количине овога гаса које доспевају у ваздух, не могу бити елиминисане његовом оксидацијом кисеоником из ваздуха. Један од поступака елиминације је да се угљен-моноксид у контакту са земљиштем оксидује до угљен-диоксида, односно преведе у метан уз помоћ микроорганизама.

Угљен-моноксид битно редукује капацитет крви да носи кисеоник кроз организам па тако блокира важне биохемијске реакције у ћелијама. Удисање ваздуха загађеног и релативно малим количинама CO, већ после неколико сати доводи до значајног смањења исхрањености ткива кисеоником.

Референтна метода за мерење концентрација угљен монооксида је на основу недисперзивне инфрацрвене спектроскопије, описана у стандарду СРПС ЕН 14626.

4.3.1.2. Олово

Олово спада у тешке метале. У употребу је уведено још 1926. године у облику **тетра-етил-олова - Pb(C₂H₅)₄** са циљем да у моторима са унутрашњим сагоревањем смање вибрације и подигне октанску вредност бензина. Временом је производња овог бензина обустављена. Од тада главни извори емисије олова у ваздух постаје искључиво рударска/металуршка индустрија. Највеће концентрације су у околини топионица олова. Други стационарни извори су и постројења за спаљивање отпада, постројења за израду батерија на бази олово-ацетата и томе сл. [Lead, -].

Олово има веома токсично дејство. Високе концентрације олова у ваздуху изазивају: менталну ретардацију, кому, конвулзије и смрт. Ниске концентрације у ваздуху изазивају: смањену пажњу и IQ, нарушен раст, неспособност читања и писања, губитак слуха и широк дијапазон других поремећаја здравља и понашања [Лилић, Цвјетић, 2005].

Светска здравствена организација засад прописује да је максимално дозвољена концентрација олова у крви деце свега 5 µg/dm³, а још прошле године та вредност била 10 µg/dm³, при чему се тежи да се ова вредност сведе на нулу.

Референтна метода за мерење концентрација олова је атомском спектрометријом описана у стандарду СРПС ЕН 14902 - Стандардна метода за одређивање Pb, Cd, As и Ni у фракцији PM₁₀ суспендованих честица.

4.3.1.3. Оксиди азота

Од различитих оксида азота који се у атмосфери појављују као загађивачи, најважнији су: азот-моноксид (NO), азот-диоксид (NO₂) и азот-субоксид (N₂O). Може се наћи и амонијак као гас (NH₃) и у облику соли (NH₄⁺).

Емисије азотних оксида су вишеструко штетне јер могу двојачо деловати на природне екосистеме, на њихово закисељавање, али и на еутрофикацију, затим утичу на разарање озона у вишим слојевима атмосфере, а у тропосфери представљају

један од прекурсора озона. Највећа количина оксида азота се у природи ствара деловањем бактерија. Иако је група азотних оксида велика, кад се каже NO_x мисли се на мешавину азот-моноксида и азот-диоксида који су свакако највећи загађивачи ваздуха из ове групације.

Азот-моноксид и азот-диоксид настају сагоревањем фосилних горива, посебно при високим температурама ($>1000^\circ\text{C}$). Око 40% емисије ових гасова потиче од друмског саобраћаја при чему Европа и Северна Америка учествују са чак 25%. Као и код олова у гориву, и код азотних оксида се развила свест од штетности ових гасова те се почело са употребом каталитичких катализатора од 1981. године када је постао део система за контролу азотних оксида [Brasseur et al., 1996].

Азот-моноксид (NO) је благо обојен гас, слабо растворљив у води, а важан је јер се врло лако спаја са кисеоником, па под дејством Сунца прелази у азот-диоксид. Иако нису забележена тровања људи овим гасом, азот-моноксид је штетан за људе јер се као и угљен-моноксид веже за хемоглобин. При концентрацијама 1-3 ppm осећа се продоран мирис, а смета људима при концентрацији од 2,5 ppm и изложености од 1 сата.

Азот-диоксид (NO_2) је гас карактеристичног мириса и тамноцрвене боје. Најотровнији је од свих азотних оксида. Спада у фитотоксична једињења што значи да изазива неповољне последице по вегетацију, укључујући оштећења на лишћу или иглицама (четинара), редукујући њихов раст.

Деловање на човека и животиње се манифестује опажањем мириса, надраживањем чула мириса, ометањем нормалног дисања, осећајима јаког бола респираторног тракта, плућним едемом и на крају смрт [Лилић, Цвјетић, 2005]. NO_2 такође повећава осетљивост на алергене код осетљивих особа.

У табели 4.2. дата је глобална годишња расподела емисије оксида азота по изворима настанка [Griffin, 2007].

Табела 4.2. Расподела емисије оксида азота по изворима настајања

Извор	Природни						Антропо-гени
	Пожари	Муње	Микроби	Оксидација амонијака	Океани	Стратосфера	
Количина, %	21	14	14	10	3	1	37

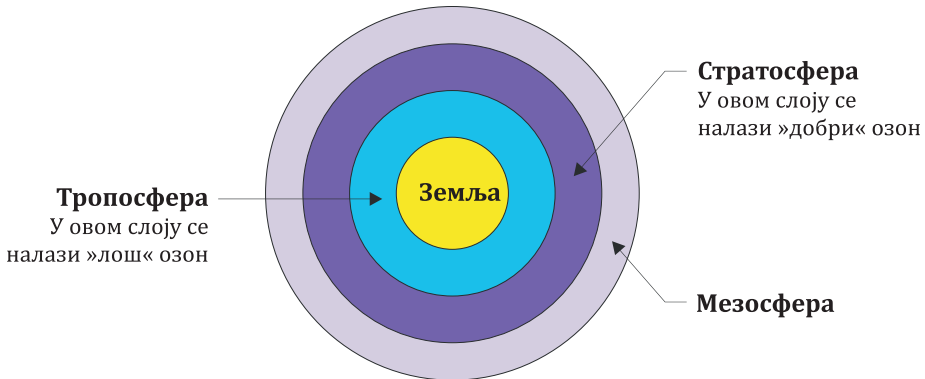
Референтна метода за мерење концентрација азот диоксида и оксида азота је на основу хемилуминисценције, описана у стандарду СРПС ЕН 14211.

4.3.1.4. Озон

Озон (O_3) је алотропска¹ модификација кисеоника са 3 атома. Препознатљивог је мириса који се јавља после грмљавине или око електричних уређаја који варниче. У атмосфери се среће у два слоја (слика 4.3):

1) Од грчког: *alos* = други, *tropos*=обичај, начин

- У **стратосфери**, где се налази 90% озона. Ова зона се назива "озонски омотач" или Земљин сунцобран. Стратосферски озон назива се "**добри**" озон јер има заштитну улогу од ултраљубичастог (UV) зрачења са Сунца.
- У **тропосфери**, налази се око 10% од укупних количина озона . Овај озон се назива **приземним** или "**лошим**" и при повећаним концентрацијама у ваздуху представља **загађујућу супстанцу**.



Слика 4.3. Распоред озона у атмосфери

Тропосферски озон (приземни озон), се не емитује директно у ваздух, већ настаје приликом **хемијске реакције** између **азотних оксида** и волатилних (испарљивих) органских једињења, попут бензена, толуена, ксилена и других у присуству Сунчеве светлости, ветра и топлоте (оптимално 35 °C).

Иако је присуство волатилних органских једињења пресудно за стварање озона у амбијенталном ваздуху, емисија азотових оксида може бити кључан фактор за достизање максималних концентрација озона у урбаним зонама [Chameides et al. 1992].

У сваком случају, уколико нема азотових оксида, реакциони циклус формирања тропосферског озона не може да се одвија. Уколико их има и превише, тада NO не реагује само са органским пероксидима и радикалима, већ троши и настали озон [Гржетић, -].

Озон се у читавој атмосфери ствара и разграђује под дејством UV зрачења, које је лети најјаче. Периодично повећање концентрације приземног озона доприноси повећању смога чији је озон саставни део, и општој замућености атмосфере.

Приземни озон штетно делује на здравље људи. При удисању веће концентрације приземног озона (>0,1 ppm) може доћи до надражаја дисајних путева и отежаног дисања, а посебно су угрожени људи који болују од астме и бронхитиса. Људи изложени приземном озону имају препознатљиве симптоме попут кашља, брзог и тешког дисања и болова у грудима приликом удисаја. Такође, утицај приземног озона на човека може проћи и без икаквих симптома. Код неких особа које живе у срединама где постоји константно висок ниво озона, симптоми иритације овим гасом могу нестати са времена на време, што не значи да су постали имуни [Ozone, -].

Наравно, већу осетљивост према утицају приземног озона имају старији људи, деца и труднице. Дуготрајније повећање концентрације овог гаса може озбиљно угрозити шуме, при чему дрвеће може пре времена да изгуби лишће и иглице, а може бити смањен и принос у пољопривреди.

Референтна метода за мерење концентрација приземног озона је ултраљубичастом фотометријом, описана у стандарду СРПС ЕН 14625.

4.3.1.5. Честични загађивачи

Честични загађивачи су термин који се односи на течну или чврсту честицу у ваздуху. Оне могу да буду различите величине, различитог порекла и могу произвести различите ефекте [Костић, 2007]. Честице у атмосфери могу бити примарне и секундарне.

Честице димензија од 0,01 до 100 μm значајне су са аспекта заштите ваздуха од загађивања. Честице испод 0,01 μm не разликују се много од великих молекула, и тако се и третирају иако су загађивачи. Честице преко 100 μm лако се издвајају и могу да се уклоне пре испуштања отпадног гаса у атмосферу. Уколико се испусте у атмосферу брзо се таложе, можда узрокујући проблеме, али не доприносе ваздушном загађењу.

Честице мање од 10 микрометара у пречнику имају малу брзину седиментације, те се могу задржати у ваздуху данима пре него што се евентуално сперу кишом. Врло су битни загађивачи јер утичу на смањење видљивости, запрашивање површина и здравље људи. Баш из тих разлога је битно знати њихову концентрацију, расподелу и хемијски састав. Из многих разлога то често није лако утврдити.

Убедљиво најзаступљенији проблем у рударској индустрији су честице које се емитују у великим количинама у готово свим аспектима рударства. Поред рударства, извор честица може бити и сваки објекат који сагорева неко фосилно гориво, различити индустријски процеси, различити облици градилишта, као и пољопривредне активности. Такође, честице се стварају и у разним природним процесима, попут шумских пожара, вулканских ерупција, дувања јаких ветрова...

Честични загађивачи штетно утичу како на здравље људи, тако и на здравље животиња и на усеве. При високим концентрацијама могу узроковати болест респираторних органа попут емфизема и бронхитиса. Такође, ови загађивачи могу условити иритацију очију, грла и могу смањити видљивост.

Према документу "Clean Air Act" честични загађивачи укључују све материје које су анализиране као укупне суспендоване честице [Marcus, 1997].

Постоје различити облици и различити термини честичних полутаната. Могућа је следећа подела [Colls, 2002]:

- **Суспендоване честице** (*suspended particulate matter SP*) и укупне суспендоване честице (*total suspended particulate matter TSP*). Оба термина значе исто, а то је укупна количина честица у ваздуху. Величина суспендованих честица креће се од 0,01 μm до преко 100 μm .

- **Чврсте честице** (*particulate matter PM*). Ретко се именују у овој форми, много чешће се користе скраћенице PM_{10} или $PM_{2.5}$, при чему број у индексу означава пречник честица у микрометрима.
- **Фине честице**. Таквим честицама се називају оне које имају пречник мањи од пар микрометара. Врло често их поистовећују са $PM_{2.5}$.
- **Ултрафине или наночестице**. То су честице пречника мањег од 0,1 микрометара, при чему се њихови пречници чешће изражавају у нанометрима.
- **Аеросоли**. То су било које чврсте честице или ситне капи суспендоване у ваздуху, колоидних величина.

4.3.1.5.1. Аеросоли

У групу аеросола спадају честице прашине, дим, магла, смог и др. Појављују се као природни и као аеросоли настали људским активностима (антропогени).

Аеросоли формирају замућен слој у тропосфери. Неки аеросоли, нпр. чађ, апсорбују Сунчево зрачење и тиме изазивају ефекат хлађења при тлу. Ефекат хлађења који изазивају је локалног карактера. Аеросоли каталитички делују на формирање облака, па тиме додатно доприносе ефекту хлађења преко повећања албеда (алbedo је моћ одбијања светлости) облачног слоја. Време задржавања аеросола у атмосфери је кратко, а ефикасно се уклањају падавинама.

Неке карактеристике аеросола приказане су у табели 4.3 [Ruzer, Harley, 2005].

Табела 4.3. Неке карактеристике аеросола

Пречник честице, μm	Молекула/честица (H_2O)	Маса/честица, μg	Број честица/g, g^{-1}	Специфична површина, m^2/g
0,001	$1,8 \times 10^1$	$5,2 \times 10^{-16}$	$1,9 \times 10^{21}$	6000
0,01	$1,8 \times 10^4$	$5,2 \times 10^{-13}$	$1,9 \times 10^{18}$	600
0,1	$1,8 \times 10^7$	$5,2 \times 10^{-10}$	$1,9 \times 10^{15}$	60
1	$1,8 \times 10^{10}$	$5,2 \times 10^{-7}$	$1,9 \times 10^{12}$	6
10	$1,8 \times 10^{13}$	$5,2 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^9$	0,6
100	$1,8 \times 10^{16}$	$5,2 \times 10^{-1}$	$1,9 \times 10^6$	0,06

Чађ је један од најзначајнијих упијајућих аеросола у атмосфери. Састоји се од преко 50% угљеника, тежих угљоводоника, влаге и апсорбованих гасова. Назива се и црни угљеник и гар. Најчешће је плод антропогеног деловања. То су fine, мале честице величине око 5 μm . Лебде у ваздуху. Садрже токсичне и канцерогене материје.

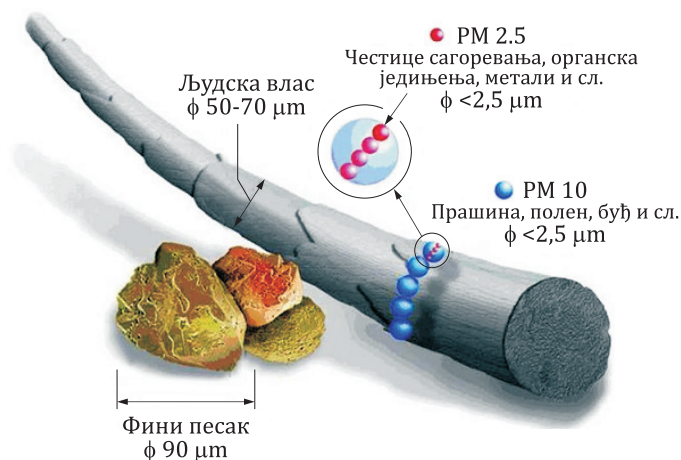
Код удисања угрожава дисајни систем. Нарочито су угрожени становници градских центара и урбаних средина са великом густином аутомобилског саобраћаја.

Чађ се одређује фотоелектричним рефрактометром према интензитету мрље на филтер-папиру [ISO 9835, 1993]. Како ваздух пролази кроз филтер папир честице чађи се задржавају на њему формирајући мрљу. Честице које се задржавају су мање или око 10 μm у пречнику. Густина мрље делом зависи од масе честица чађи,

а делом од порекла чађи. Концентрација чађи се одређује мерењем густине добијене мрље фотоелектричним рефрактометром. За анализу је потребно прикупити око 2 m^3 ваздуха.

4.3.1.5.2. Чврсте честице $\text{PM}_{2.5}$ и PM_{10}

Честице пречника мањег од $2,5 \mu\text{m}$ означавају се као $\text{PM}_{2.5}$, а PM_{10} су честице пречника мањег од $10 \mu\text{m}$. Графички приказ и поређење величине честица од $2,5 \mu\text{m}$ и $10 \mu\text{m}$ са дебљином власи људске косе дат је на слици 4.4.



Слика 4.4. Графички приказ величине честица

Концентрације РМ сачињавају примарне честице емитоване директно у атмосферу из разних извора сагоревања и секундарне честице које се формирају као последица хемијских реакција у ваздуху. Секундарни РМ формиран су из емисије амонијака, сумпор-диоксида и азотних оксида, као и од емисија органских једињења насталих сагоревањем или услед вегетације.

Најзначајнији извори $\text{PM}_{2.5}$ честице су пожари, прашина, пољопривреда, сагоревање, аутомобили итд. Исти су извори и PM_{10} честица, али је редослед промењен утолико што су прашина и пољопривреда значајније од пожара [ЕРА, 2011]. Краткотрајно или дуготрајно излагање амбијенталним нивоима РМ је константно везано са морталитетом, кардиоваскуларним болестима или болестима дисајног система. Верује се да су те везе каузалне. Тренутно није могуће разликовати праг концентрација испод којих нема ефеката на здравље целокупне популације.

PM_{10} су честице које лако могу бити инхалиране у грудни део дисајног система.

Референтна метода за узимање узорака и мерење концентрација суспендованих честица PM_{10} је описана у стандарду СРПС ЕН 12341, а референтна метода за узимање узорака и мерење концентрација суспендованих честица $\text{PM}_{2.5}$ је гравиметријска метода, описана у стандарду СРПС ЕН 14907.

1) Скраћеница потиче од енглеског *particulate matter* и увек се пише великим словима и латиницом

4.3.1.6. Сумпор-диоксид

Сумпор-диоксид је безбојни гас карактеристичног и оштрог мириса, тежи од ваздуха (2,5 пута) и добро се раствара у води. При концентрацији од 800 - 2600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ може се осетити његов карактеристичан рески укус. Токсичност му се појачава у условима повећане влажности због стварања сумпорне киселине. Производи оксидације SO_2 у ваздуху токсичнији су од самог SO_2 . Ове реакције у атмосфери, убрзавају присутна водена пара и чврсте честице.

Око 1/3 укупно присутног сумпор-диоксида у атмосфери настаје сагоревањем фосилних горива, угља и нафте, који садрже једињења сумпора. Део сумпор-диоксида настаје при појединим технолошким процесима у хемијској индустрији и металургији.

Угаљ као фосилно гориво, поред других састојака, садржи до 5% сумпора у виду својих једињења. Код процеса сагоревања сумпорна једињења прелазе у сумпор-диоксид који заједно са димним гасовима одлази у атмосферу. Која количина сумпора у угљу ће прећи у сумпордиоксид зависи од више фактора:

- типа једињења сумпора у гориву,
- температуре у пламену при сагоревању,
- садржаја калцијума у пепелу који веже сумпордиоксид,
- као и од начина вођења процеса.

Сумпор се у гориву појављује у виду: пиритно везаног сумпора, органски везаног и сулфатно везаног сумпора, тако да се они различито понашају код процеса сагоревања горива. Температура сагоревања утиче на емисију сумпор-диоксида у димним гасовима, па је емисија већа код веће температуре сагоревања.

На брзину разлагања утичу температура, притисак, реакције полимеризације и механизам дифузије нестабилних једињења која настају у овим процесима. Оксиди сумпора настају у стационарним и мобилним изворима.

Део емисије сумпорних оксида настаје при производњи сумпорне киселине, код прераде нафте у рафинеријама, сагоревања отпадних материјала, при процесу сулфоновања у хемијској индустрији и др. Сумпор-диоксид антропогеног порекла се у највећем обиму емисије и налази у северној Земљиној хемисфери (око 93%).

Овај оксид је веома токсичан и директно напада слузокожу дисајних путева. Доводи до стезања дисајних путева и плућа. Овај ефекат се често јавља код људи који пате од астме и хроничних плућних болести. Прекурсор¹ је за секундарне РМ и због тога доприноси неповољним ефектима по здравље преко РМ₁₀ и РМ_{2.5}. Потенцијална оштећења екосистема на вишим нивоима, укључујући деградацију хлорофила, редуковање процеса фотосинтезе, повећавајући брзине дисања и промене у метаболизму протеина. Депоноване загађења добијеног из SO_2 емисија доприноси закисељавању тла и вода и каснијем губитку биодиверзитета, обично се то дешава на локацијама које су јако удаљене од локација где је емитован.

1) Прекурсор или претходници су супстанце које потпомажу стварање неког загађивача.

Фино распршене капљице киселине у ваздуху кородирају металне површине, оштећују боје и камен фасада зграда и споменика.

Метода за одређивање сумпор-диоксида у атмосфери насеља која се користи је парарозанилинска метода. Ова метода предвиђа мерење 24-сатних концентрација на сталним мерним местима у граду. У току 24 часа прикупи се око 2 м³ ваздуха. Апсорпциони раствор је калијум-тетра-хлор-меркурат. Уз додавање раствора парарозалина и формалдехида након одређеног времена чита се апсорбанца раствора на спектрофотометру, таласна дужина 540 nm.

Референтна метода за мерење концентрација сумпор диоксида је на основу ултраљубичасте флуоресценције, описана у стандарду СРПС ЕН 14212.

4.3.2. Остале загађујуће супстанце у ваздуху

Угљоводоници. Сачињени су од угљеника и водоника. Већина угљоводоника је течног или чврстог агрегатног стања.

Са становишта аерозагађења, најважнији су гасовити и испарљиви (волатилни) угљоводоници. То су једињења која у свом молекулу имају до 12 атома угљеника. Од волатилних органских једињења у атмосфери се у највећем обиму појављује метан са концентрацијом у урбаним подручјима и до 6 ppm. Главни емитер је саобраћај. Зависно од концентрације и дужине дејства, имају токсични карактер и штетно делују на човеков организам. У неповољним метеоролошким условима стварају смог.

Ароматични угљоводоници. Најзначајнији ароматични угљоводоници који загађују ваздух су: бензен који је најпростији и његови деривати попут толуена, ксилена и стирена. Бензен (C₆H₆) - најједноставнији ароматични угљоводоник, карактеристичног слаткастог мириса, веома запаљив и лако испарљива. Присутан у хемијској индустрији, производњи гума, пестицида, боја. Ниже концентрације могу бити присутне у ваздуху у близини бензинских пумпи, у издувним гасовима, у дуванском диму. Дуже излагање изазива оштећење коштане сржи и смањење броја црвених крвних зрнаца што доводи до анемије. Узрочник је леукемије и других болести крви.

Референтна метода за мерење концентрација бензена је описана у стандарду СРПС ЕН 14662-1, Квалитет ваздуха амбијента - Стандардна метода за одређивање концентрација бензена - Део 1: Узорковање пумпом, термална десорпција и гасна хроматографија, СРПС ЕН 14662-2, Квалитет ваздуха амбијента - Стандардна метода за одређивање концентрација бензена - Део 2: Узорковање пумпом, десорпција растварачем и гасна хроматографија и СРПС ЕН 14662-3, Квалитет ваздуха амбијента - Стандардна метода за одређивање концентрација бензена - Део 3: Аутоматско узорковање пумпом са гасном хроматографијом на лицу места.

Полициклични ароматични угљоводоници. Постоји много различитих РАН-ова (*polycyclic aromatic hydrocarbons* - РАН) емитованих из различитих извора:

- природни: шумски пожари, вулканске ерупције.
- атропогени: прерада нафте, сагоревање фосилних горива, производња кокса, топионице алуминијума и ефлуенти других индустријских постројења.

Уобичајено је да се неко ПАХ једињење узме као маркер за најопаснија ПАХ једињења, најчешће је то бензо-а-пирен (В[а]Р). Он има канцерогено дејство. Друмски транспорт је највећи извор укупног ПАХ-а.

Референтна метода за мерење концентрације бензо (а) пирена у ваздуху је заснива се на мануелном узимању узорак суспендованих честица РМ10 које је еквивалентно стандарду СРПС ЕН 12341. Одређивање бензо(а)пирена и полицикличних ароматичних угљоводоника (бензо(б)флуорантен, бензо(ј)флуорантен, бензо(к)флуорантен) се врши према стандарду СРПС ИСО 12884, Квалитет ваздуха - Одређивање укупних полицикличних ароматичних угљоводоника (гасовите и чврсте фазе) - Сакупљање на филтрима са сорбентом и анализа гасном хроматографијом са масеном спектрометријском детекцијом.

Сумпороводоник. Сумпороводоник (H_2S) је безбојан, врло отрован и запаљив гас, изузетно неугодног мириса који подсећа на трула јаја, па се лако може препознати и избећи тровање њиме. Сумпороводоник се веже за гвожђе у металоензимима важним за ћелијско дисање. Настаје као продукт анаеробних бактерија, а у већим концентрацијама налази се у канализацијама, мочварама и сличним окружењима [Лилић, Цвјетић, 2005].

Амонијак. При нормалним условима је гас, безбојан, лакши од ваздуха, јаког непријатног мириса који настаје декомпозицијом органских азотних материја. Доприноси ацидификацији, нитрификацији и еутрофикацији. Главни емитери су пољопривредни извори.

Тешки метали. У тешке метале се поред раније наведеног критеријумског загађивача олова, најчешће сврставају: антимион, арсен, бизмут, кадмијум, церијум, хром, кобалт, бакар, галијум, злато, гвожђе, магнезијум, жива, никл, сребро, телур, талијум, калај, уранијум, молибден, ванадијум и цинк. Тешки метали су токсични и имају тенденцију да се дуже заржавају у организму, и то посебно у органима и ткивима за које имају афинитет: кости, бубрези, јетра и мозак. Неки од ових елемената, као што су бакар, цинк, магнезијум, гвожђе, кобалт и молибден, су неопходни у мањим количинама за одвијање физиолошких процеса у организмима. Њихове функције су специфичне и не могу се заменити другим елементима. Остали тешки метали немају никакве физиолошке функције, а испољавају токсичне ефекте.

4.4. Законска регулатива

Управљање квалитетом ваздуха, мере, начин организације и контрола спровођења заштите и побољшања квалитета ваздуха уређено је **Законом о заштити ваздуха** (Сл. гласник РС бр. 36/09 и 10/13), а поједини сегменти широке проблематике обухваћене овим законом су регулисани подзаконским актима попут:

- **Уредбе о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха** (Сл. гласник РС бр. 11/10, 75/20 и 63/13) - Овом уредбом се утврђују услови за мониторинг и захтеви квалитета ваздуха уз поштрене норме за квалитет ваздуха. У овој уредби су дате **граничне вредности, границе толеранције и толерантне вредности** свих значајних загађујућих материја.

- **Уредбе о граничним вредностима емисија загађујућих материја у ваздух** (Сл. гласник РС бр. 71/2010 и 6/2011) - дате су ГВЕ загађујућих материја за велика, средња и мала постројења у зависности од топлотне моћи постројења и у зависности од врсте горива које користе, као и за специфична постројења.
- **Уредбе о утврђивању програма контроле квалитета ваздуха у државној мрежи** (Сл. гласник РС бр. 58/11) - Овом уредбом је утврђен програм контроле квалитета ваздуха у државној мрежи.
- **Уредбе о утврђивању зона и агломерација** (Сл. гласник РС бр. 58/11 и 98/12) - Овом уредбом су утврђене зоне и агломерације на територији Србије, у циљу контроле, одржавања стања и/или унапређења квалитета ваздуха.
- **Уредбе о утврђивању Листе категорија квалитета ваздуха по зонама и агломерацијама на територији Републике Србије** (Сл. гласник РС бр. 17/2014) - Овом уредбом утврђена је листа категорија квалитета ваздуха по зонама и агломерацијама на територији Србије за 2012. годину.

На основу Уредбе о граничним вредностима емисија загађујућих материја у ваздух (Сл. гласник РС бр. 71/2010 и 6/2011- испр.), граничне вредности емисија (ГВЕ¹) загађујућих материја у ваздух из стационарних извора загађивања су: укупне прашкасте материје, прашкасте неорганске материје, неорганске гасовите материје, органске материје, и канцерогене материје. Овом Уредбом су поред граничних вредности емисија загађујућих материја, прописани и:

- начин, поступак, учесталост и методологија мерења емисије загађујућих материја;
- критеријуми за успостављање мерних места за мерење емисије;
- поступак вредновања резултата мерења емисије и усклађеност са прописаним нормативима;
- садржај извештаја о извршеним мерењима емисије и биланса емисије;
- начин достављања података о емисијама за потребе информационог система и рокове достављања података;
- дозвољена прекорачења граничних вредности емисија загађујућих материја за одређени период;
- поступање у испуњавању обавеза које произилазе из утврђених националних емисија.

Уредбом су дефинисане горње вредности емисије за сва значајна постројења, и то за:

- постројења за сагоревање која се користе за производњу електричне енергије и која су даље подељена на основу топлотне снаге на велика, мала и средња, а потом разврстана према врсти горива које користе, и
- постројења одређене намене попут постројења за прераду угља, за прераду минералних сировина, црне металургије, обојене металургије, за површинску обраду метала, хемијске индустрије, прераду отпадних вода, за производњу оловних акумулатора и томе слично;

У табели 4.3 дате су ГВЕ одређених загађујућих супстанци за велика постројења (постројења чија је топлотна снага 50 MWth или већа) у смислу ове Уредбе.

1) ГВЕ у смислу ове Уредбе је највећа дозвољена количина материје садржана у отпадним гасовима која може бити емитована у ваздух из постројења у одређеном периоду.

Табела 4.3. Горње вредности емисије за термо-постројења у зависности од горива

Топлотна снага постројења	50-100 MWth			100-300 MWth			≥ 300 MWth		
	горива			горива			горива		
	Чврста	Течна	Гасовита	Чврста	Течна	Гасовита	Чврста	Течна	Гасовита
Прашкасте материје	50	50	5 (по правилу)	30	30	5 (по правилу)	30	30	5 (по правилу)
CO	250	175	100	250	175	100	250	175	100
SO _x	850	850	35	200	200	35	200	200	35
NO _x	400	400	150 (природни гас)	300	200	150 (природни гас)	200	200	100 (природни гас)

Напомена: код чврстих горива изузима се биомаса

Према "Закону о заштити ваздуха" из 2013. нивои загађености, полазећи од прописаних граничних и толерантних вредности, а на основу резултата мерења, утврђене су три категорије квалитета ваздуха:

- **прва категорија – чисти или незнатно загађен ваздух** где нису прекорачене граничне вредности нивоа ни за једну загађујућу материју;
- **друга категорија – умерено загађен ваздух** где су прекорачене граничне вредности нивоа за једну или више загађујућих материја, али нису прекорачене толерантне вредности ниједне загађујуће материје;
- **трећа категорија – прекомерно загађен ваздух** где су прекорачене толерантне вредности за једну или више загађујућих материја.

Категорије квалитета ваздуха утврђују се једном годишње за протеклу календарску годину.

Влада Републике Србије је 2013. донела "Уредбу о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха" у којој су прописане поштрене норме за квалитет ваздуха, дате границе толеранције и толерантне вредности. Прописане вредности су дате у табели 4.4. Ова Уредба је у свему усаглашена са нормама датим у директиви Европске заједнице 2008/50/EC (*On Ambient Air Quality And Cleaner Air*). Разлика између домаће уредбе и европске директиве огледа се у додатку уредбе у којем се прописује рок за достизање прописаних вредности. Ти рокови се разликују од рокова које је Европска унија прописала својим чланицама.

Наведеном уредбом уводе се појмови: гранична вредност, граница толеранције и толерантна вредност, доња граница оцењивања и горња граница оцењивања. **Гранична вредност** представља највиши дозвољени ниво загађујуће материје у ваздуху, утврђен на основу научних сазнања, како би се избегле, спречиле или смањиле штетне последице по здравље људи и/или животну средину и која се не сме прећи када се једном достигне. **Граница толеранције** јесте проценат дозвољеног прекорачења граничне вредности под прописаним условима, а **толерантна вредност** јесте гранична вредност увећана за границу толеранције. **Доња граница оцењивања** је прописан ниво загађујуће материје испод кога се оцењивање може вршити само помоћу метода процене на основу математичких модела и/или других метода процене, а **горња граница оцењивања** је прописани ниво

загађујуће материје испод кога се оцењивање може вршити комбинацијом мерења и метода процене на основу математичких модела и/или других меродавних метода процене.

Табела 4.4. Граничне вредности, толерантне вредности и границе толеранције према "Уредби..." Владе Србије из 2010.г.

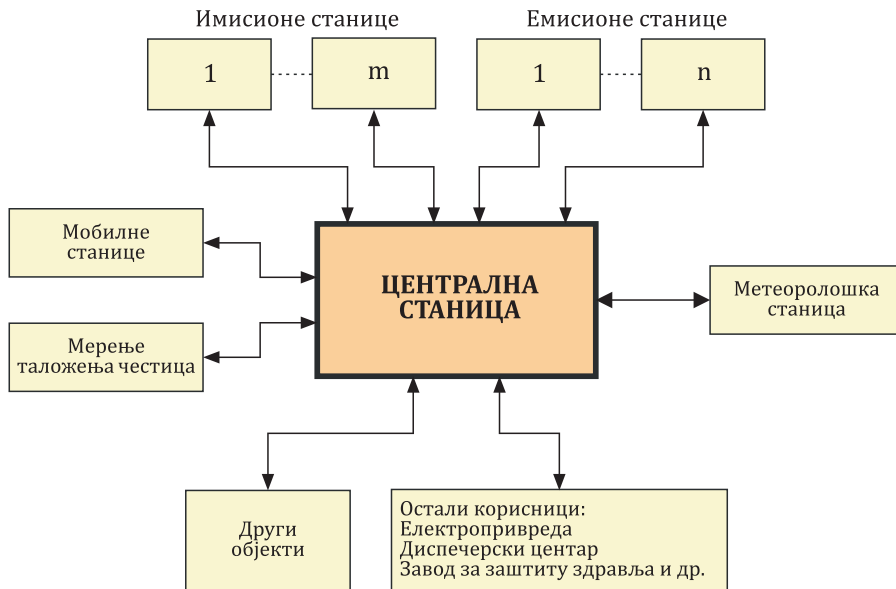
Загађујућа материја [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Период усредњавања	Гранична вредност (ГВ)	Могући број прекora чења у једној кал. год.	Толерантна вре- дност (ГВ+ГТ)	Доња граница оцењивања	Горња граница оцењивања
Сумпор-диоксид	1h	350	24x	500	-	-
	24 h	125	3x	125	50	75
	Календарска година	50	-	50	-	-
Азот-диоксид	1h	150	18x	225	75	105
	24 h	85	-	125	-	-
	Календарска година	40	-	60	26	32
Суспендоване честице PM_{10}	1h	50	35x	75	25	35
	Календарска година	40	-	48	20	28
Суспендоване честице $\text{PM}_{2,5}$	Календарска година	25	-	30	12,5	17,5
Олово	24 h	1	-	1		
	Календарска година	0,5	-	1	0,25	0,25
Бензен	Календарска година	5	-	8	2	-
Угљен-моноксид	Макс. дневна осмочасовна средња вредност	10000	-	16000	5000	7000
	24h	5000	-	10000		
	Календарска година	3000	-			

4.5. Програм мониторинга ваздуха

Програм мониторинга ваздуха одређује које ће загађујуће супстанце и по ком режиму (стално, повремено итд.) бити мерене на подручју где се квалитет ваздуха испитује. Као једна од првих мера контроле квалитета ваздуха планира се организација система за континуирано праћење и испитивање најзначајнијих загађујућих супстанци у ваздуху. Тај систем се састоји од мреже мерних станица и система мониторинга који, поред мерења, садржи и подсистем за сакупљање, обраду, чување и дистрибуцију података. Блок шема мониторинг система приказана је на слици 4.5.

За формирање мреже за мониторинг квалитета ваздуха постоје неколико категорија критеријума које треба задовољити [Вујић, 2015]:

- **Правилан избор локације**
 - ◆ Избор подручја за мониторинг
 - ◆ Класификација мерних места (локалитета)
 - ◆ Дефинисање репрезентативног подручја мониторинг станице
 - ◆ Избор параметара који ће се пратити
- **Тип и величина извора загађења**
- **Топографија**
- **Временски услови**



Слика 4.5. Блок шема мониторинг система

Када се говори о **репрезентативном подручју** мониторинг станице мисли се на подручје на ком се концентрација загађујућих материја не разликује више од неког одређеног износа у односу на концентрацију измерену на мерној станици. Приликом формирања мреже потребно је обухватити: главне градове, градове веће од 500.000 становника, рурална подручја која подразумевају подручја ван градова већих од 50.000 становника и индустријске центре ван градова. **Идеална локација** за постављање мерног места је локација која је добро изложена у умерено таласастом терену, или, ако се долине не могу избећи, на страни долине која се налази изнад слоја који је највише изложен ноћној инверзији температуре [Вујић, 2015].

Дневник који се води у току спровођења мониторинга ваздуха треба да садржи следеће информације [Wiersma, 2004]:

- датум и тачно време узорковања, инсталирања мониторинг инструмената, сервисирања, калибрисања, премештања, промене филтера, из ког разлога су се вршиле те промене и од стране кога,

- непредвиђени догађаји попут неке временске непогоде, какав утицај имају и штете које причине,
- промена и статус (нпр. притисак) референтних гасова и калибрационих гасова, бележећи њихов датум приспећа, подешавање протока и сл.,
- информације о паду напона, кваровима инструмената итд.,
- сваки доказ вандализма,
- сваке нерутинске активности и експерименти,
- имена лица задужених за мониторинг.

У индустријској пракси мониторинга ваздуха сусрећу се два основна случаја:

- **Мониторинг испусних гасова кроз затворени систем** – Код затвореног система мери се **емисија (загађивање)** и пореди са законом прописаним горњим вредностима емисије (ГВЕ). Код мерења емисије из димних гасова термоелектрана важно је сагледати дозвољене емисије које су данас на великом удару у свим развијеним земљама и земљама које их окружују. Мерење емисије се обично обавља континуирано, екстрактивном техником узорковања или *in situ* анализаторима. Мерење емисије обезбеђују загађивачи (предузећа и други објекти који имају изворе загађивања ваздуха).
- **Мониторинг загађења из отвореног система** – У овом случају се мониторинг своди на мерење емисије. Код мерења **имисије** (загађеност ваздуха) користе се краткотрајна и двадесетчасовна мерења. Краткотрајна мерења загађености ваздуха трају од 0,5 до 4 часа, а средња дневна вредност имисије мери се континуирано у току 24 часа. Карактеристичан пример је мониторинг загађења са површинског копа. Мерење имисије се врши систематски и то обезбеђује држава, општина, односно град.

4.5.1. Системи за узорковање ваздуха

Квантификација и процена квалитета ваздуха подразумева прецизно одређивање концентрације загађујућих материја. Квалитет ваздуха се изражава као масени удео загађујуће материје у запремини ваздуха или гаса у коме је загађујућа материја пронађена. Мерење масеног удела се врши у лабораторији, док се запремина одређује на месту узорковања [Вујић, 2015].

Концентрација загађујуће материје (полутанта) се онда одређује као [Новитовић и др., 2013]:

$$\text{Концентрација} = \frac{\text{полутант}}{\text{запремина ваздуха}}$$

Главне компоненте већине система за узорковање су [Лилић, Цвјетић, 2005]:

- улазни део система за узорковање,
- део за провлачење ваздуха кроз систем,
- део на којем се врши издвајање загађујуће материје из усисаног узорка,
- уређаји за мерење протока.

Улазни део система за узорковање представља везу између околне атмосфере и дела на којем се врши прикупљање, издвајање полутаната, односно аналитичког

узорка. Дизајн улазног дела зависи од намене и прави се од стакла, тefлона, нерђајућег челика или других инертних материјала.

Део за провлачење ваздуха кроз систем обезбеђује вакуум или нижи притисак од околног на улазном делу система (најчешће су то пумпе).

Део (медијум) за прикупљање - издвајање загађујућих супстанци су течни или чврсти апсорбенти за растварање и везивање гасова, филтерске површине за прикупљање честичних полутаната и коморе (контејнери) за складиштење узорака за анализу. Апсорбенти могу бити силика-гел, активни угаљ и томе слично.

Уређај за мерење протока – мери запремину просисаног ваздуха кроз систем за узорковање – протокомери, ротаметри и критични отвори.

У зависности од тога шта је циљ испитивања (утврђивање емисије или имисије), која врста загађујуће материје се узоркује (гасовито или чврсто агрегатно стање), бира се систем за узорковање ваздуха:

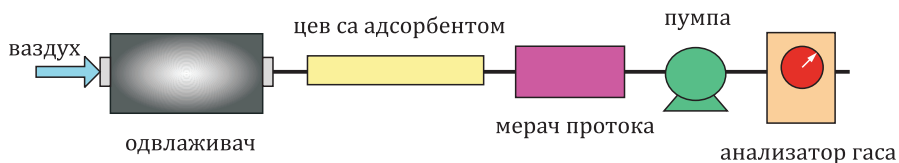
1. Систем који ради на бази **екстрактивне технике** узорковања
2. Систем који заснива на издвајању узорка на **филтеру**
3. Систем који подразумева узорковање и анализирање са истом опремом (**in situ анализатор**) - системи заступљени код фиксних мониторинг станица. Користе се како за гасовите тако и за честичне загађиваче.
4. Систем који подразумева само сакупљање загађујуће материје у посебне **контејнере** (коморе).

Сви ови системи не морају имати све 4 наведене компоненте.

Екстрактивна техника узорковања је идеална за гасовите загађиваче у ваздуху. Суштина екстрактивног узорковања је да се узорковани гас веже за апсорбент (медијум) у уређају за узорковање, у таквом стању однесе у лабораторију, а онда на одређени начин издвоји из апсорбента пре него што се уради квантитативна анализа.

Екстракција може бити [ЕРА, 1997]:

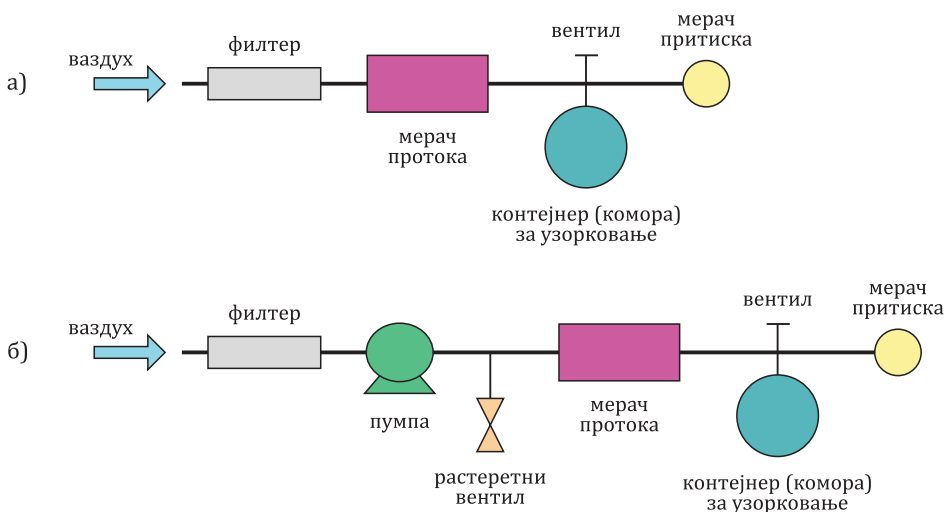
- **Хладна екстракција** подразумева издвајање узорка, његово филтрирање ради издвајања чврстих честица и хлађење ради уклањања воде. Овако прецизнији гас се пропушта кроз серију анализатора ради одређивања концентрације загађујућих супстанци у гасовима. Предност ове методе је лака калибрација, а мана је што се при кондензацији и уклањању воде уклањају и неки у води растворљиви гасови (нпр. SO₂, NO₂).
- **Топла екстракција** - узорак гаса се извлачи кроз загрејану цев и води до анализатора при температури гаса изнад 150°C. Узорак се филтрира пре проласка кроз анализатор. Предност ове методе је што се из узорка не уклања вода, па самим тим ни део растворљивих гасова, и лака калибрација, а мана је сложен и скуп систем одржавања.
- **Систем са разблажењем** подразумева извлачење узорка из цеви (димњака) и његово прецизно разблаживање сувим инструменталним ваздухом до односа узорак: инструментални ваздух = 1:20 до 1:1000. Предности ове методе су лака калибрација и то што не захтева припрему узорка, а мана је потреба коришћења веома осетљивог анализатора јер су због разблажења концентрације до 1000 пута мање од концентрација у оригиналном узорку. На слици 4.6. дат је типичан пример оваквог система за узорковање [Јарап, 2015].



Слика 4.6. Шема система за узорковање који ради на принципу екстракције са разблажењем

Честични загађивачи се узоркују помоћу узоркивача са **филтерима** од кварца, флуора или нитро-целулозе који изазивају "инертни ефекат колизије", "ефекат просејавања", "дифузни ефекат", "гравитациони ефекат" или "електростатички ефекат". Дифузија је ефикасна када се узоркују честице испод $0,1 \mu\text{m}$, дифузија и просејавање могу да се користе када је крупноћа између $0,1$ и $0,5 \mu\text{m}$, док су инерциона колизија и просејавање подесни за честице крупније од $0,5 \mu\text{m}$.

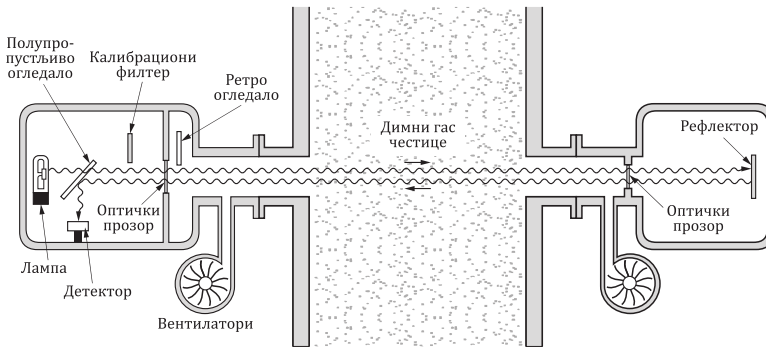
Потребно је проток ваздуха мерити и на почетку и на крају узорковања и потом израчунати количину абсорбованог ваздуха. Такође, треба измерити и тежину филтера и пре и после. Филтере вагати на температури од 20°C при релативној влажности 50%. На слици 4.7 дати су типични примери система за узорковање честичних загађивача [Јаран, 2015].



Слика 4.7. Шема система за узорковање честичних загађивача: а) систем за узорковање са смањеним притиском; б) систем за узорковање под високим притиском.

На слици 4.8 приказана је типична инсталација "in situ" анализатора са двоструким (повратним) проласком од емитера до пријемника [ЕРА, 1997].

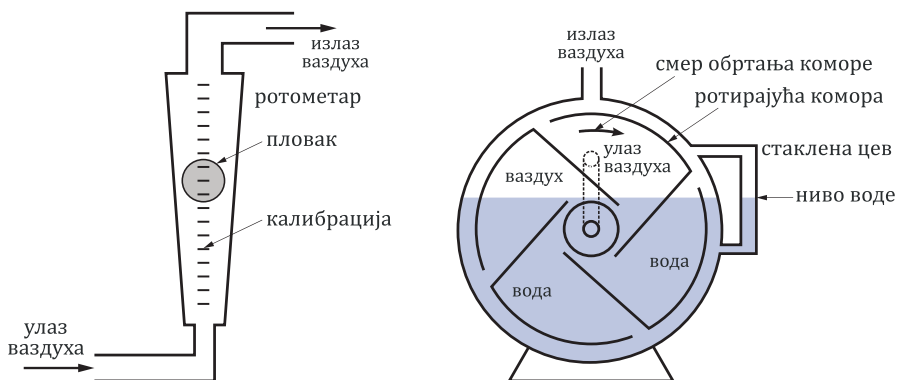
Мерна јединица је смештена директно у струју гасова унутар димњака и из којих се узимају узорци контаминираних гасова. Користи се више начина са једним или два проласка емитованих зрака кроз гасове.



Слика 4.8. Типична инсталација за "in situ" мерење концентрације полутаната у гасовима са двоструким, повратним, зраком

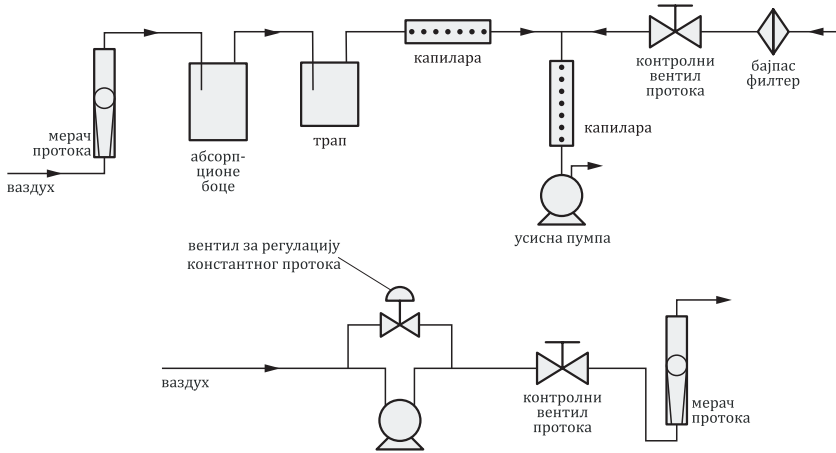
Предности in situ анализатора су елиминисање свих проблема везаних за екстракцију узорака. Кондензације нема јер је температура гасова изнад тачке росе, адсорпција гасова је неважна, као и реакција између гасова и чврстих честица. С друге стране, анализатори треба да компензују варијације густине гасова услед варијација температуре и притиска, као и варијације у спектралној адсорпцији и количини чврстих честица присутних у гасу. Као решење за ове проблеме користе се инфрацрвени зраци [Лилић, Цвјетић, 2005].

За мерење концентрације полутаната важно је, коришћењем усисних пумпи, узети потребне количине загађеног ваздуха. Брзину ветра, проток, запремински проток и притисак је потребно прецизно мерити коришћењем Питоове цеви или анемометра за брзину, Вентуријеве цеви или протокомера за мерење протока ваздуха, прецизних протокомера или мокрих и сувих уређаја за мерење запремине (капацитета) и манометре, анероиде или Брудонову цев за притисак ваздуха. На слици 4.9 приказана је шема ротаметра за мерење протока и мокрог гас-метра за мерење капацитета (запремине).

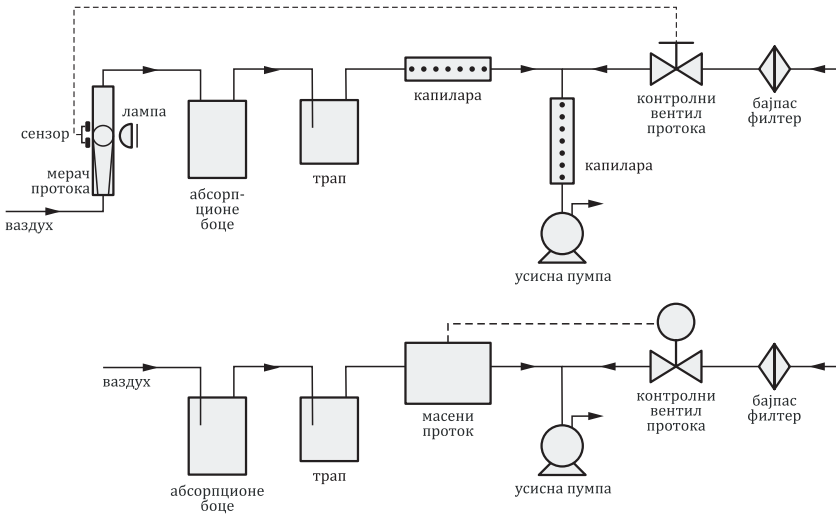


Слика 4.9. Шема уређаја за мерење, лево ротаметар, десно мокри гас-метар

Контролу, стабилизацију и регулацију протока ваздуха могуће је обавити ручно и аутоматски. Инсталација за ручну контролу протока ваздуха је приказана на слици 4.10., а за аутоматску на слици 4.11.



Слика 4.10. Примери конфигурације система за ручну регулацију протока ваздуха



Слика 4.11. Примери конфигурације система за аутоматску регулацију протока ваздуха

Када се узоркују гасови узорке је потребно сместити у одговарајуће посуде. С обзиром да концентрација полутаната може да варира мерења је потребно вршити у што је могуће дужем временском периоду. Ваздух се може узорковати коришћењем природне вентилације, усисавањем ваздуха у посуду помоћу вакуума или динамичким удувавањем ваздуха. Коришћење природне вентилације подразумева фиксирање посуде са отвореним улазним отвором усмереним у смеру природног дубања. На овај начин добија се просечна концентрација, али је тачност мерења слаба. Метод вакуум узорковања подразумева усисавање ваздуха у посуду, а метод са динамичким удувавањем подразумева коришћење ваздушне пумпе за прихватање ваздуха и његову удувавање у посуду. Метод динамичког удувавања је нејприхватљивији за репрезентативно узорковање.

Отвори узоркивача треба да буду позиционирани тако да буду ван утицаја издувних гасова моторних возила, дима цигарета или било ког извора загађења [Sava, 1994]. Отвори треба да буду удаљени бар 1 m од било које површине (пода, земље, зида...) [Јарап, 2015]. Приликом постављања опреме за узорковање треба бирати површине које су безбедне и које не стварају услове за вандализам. Опрему би требало заштити од кише и редовно је чистити пре самог узорковања (контејнере, боце...)[Sava, 1994].

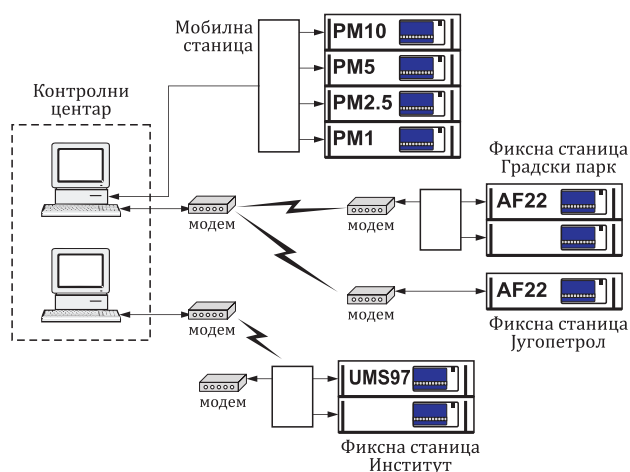
Такође, на тим локацијама метеоролошки услови морају бити познати. Време узорковања у многоме зависи од сврхе испитивања. Репрезентативност узорка може гарантовати само узорковање током стабилних климатских услова. Период узорковања зависи од концентрације и стабилности загађујућих материја у ваздуху које се прате [Јарап, 2015].

Температуру треба мерити на 1,2 до 1,5 метар, а брзину ветра на 6 до 10 метара изнад терена [Јарап, 2000].

4.5.2. Опрема за мониторинг ваздуха

Подаци о квалитету ваздуха могу се прикупљати на више начина:

- **континуираним мерењима на стационарним станицама**, врши се усисавањем ваздуха у уређај, мерењем и континуираним слањем резултата примаоцу (телефоном или целуларним мрежама),
- **дисконтинуираним мерењем**, на овим станицама се загађења скупљају на филтерима или контејнерима одређени временски период, потом их особље преузима и шаље у акредитовану лабораторију на анализу,
- **мерењем квалитета на покретним (мобилним) станицама**, ове станице су постављене на камионе (ређе на авионе и бицикле) и мере потребне параметре на различитим локацијама, обично на локацијама које нису покривене стационарном мрежом станица.



Слика 4.12. Конфигурација комплексног система за контролу загађења ваздуха у Бору

Најчешће се мерење организује комбиновањем континуираних мерења на стационарним и мобилним станицама уз повремено прикупљање загађења са филтера или контејнера и лабораторијске анализе. Шема комплексног система за контролу квалитета ваздуха у Бору приказана је на слици 4.12 [Tasić et al., 2007].

Стационарне аутоматске станице за контролу квалитета ваздуха постављају се на потенцијално угроженим просторима (сагласно извору загађења, рељефу, метеоролошким параметрима, објектима и житељима у окружењу). Станице су опремљене гасним анализаторима, филтерима за мерење честица, опремом за прикупљање метеоролошких података и уређајима за даљински пренос мерених података. Врло често се у урбаним срединама измерени подаци континуирано приказују на посебним екранима, са додатним мерама упозорења ако дође до превеликог прекорачења толерантних вредности. Ради физичке заштите опреме у станици и спречавања неовлашћеног уласка у станицу простор се ограђује и даљински визуелно контролише. Спољашњи изглед стационарне мерне станице приказан је на слици 4.13.



Слика 4.13. Спољашњи изглед стационарне мерне станице

Мобилне аутоматске станице су покретне лабораторије надграђене на шасију мањих камиона, слика 4.14 лево или смештене у ауто-приколици, слика 4.14 десно. Унутрашњи изглед једне од мобилних станица приказан је на слици 4.15. Уграђени уређаји омогућавају континуирано мерење полутаната (најчешће чађ, сумпор-диоксид, азот-диоксид, угљеник-моноксид, озон и честице). Омогућено је дисконтинуирано мерење загађивача, као што су органски волатили, полициклични аромати итд.

Станице су увек опремљене уређајима за прикупљање метеоролошких података (брзина и смер дувања ветрова, температура, влажност и др.).

Подаци са мобилних станица се континуирано бележе, интрегишу и чувају, а могу се, преко модема, преносити корисницима у реалном времену.

Карактеристике мобилних станица су [Polidori et al., 2012]:

- брзо премештање и широко покривање простора,
- флексибилан рад у погледу снабдевања електричном енергијом, поред стабилних извора опремљене су генераторима и батеријама за аутономно најање,

- могу мерити гасне и честичне загађиваче,
- користе технику вишеструког мониторинга (мерење више параметара у истом тренутку), континуирано мерење у заданом времену (нпр. 1 - 5 минута) и интегрисање резултата у заданом времену (нпр. на 24 h).



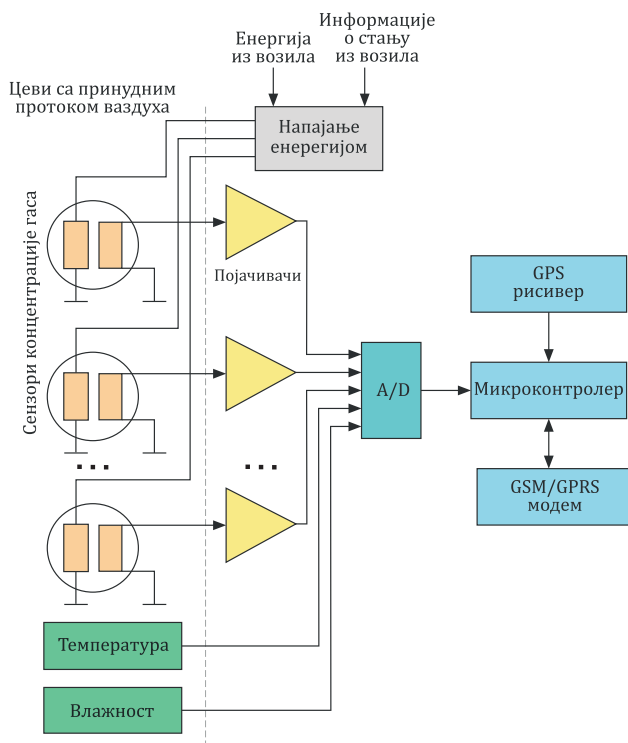
Слика 4.14. Спољашњи изглед мобилне станице за контролу квалитета ваздуха



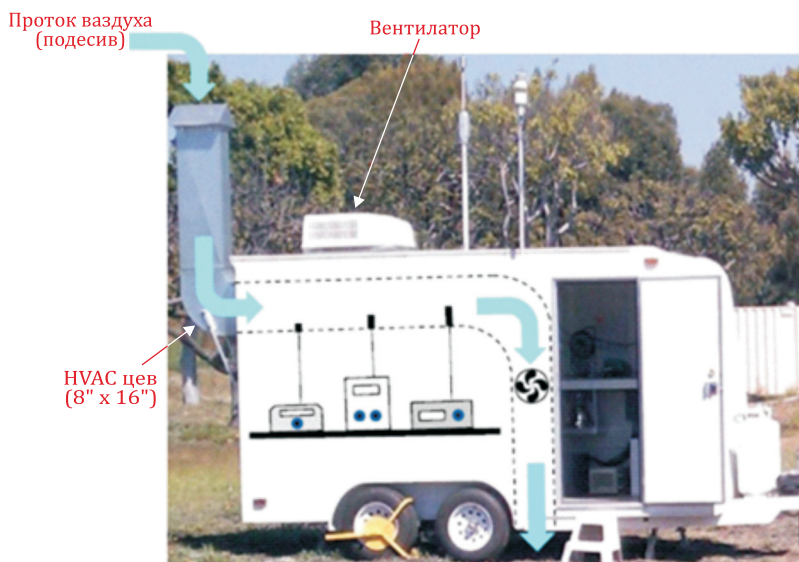
Слика 4.15. Унутрашњост мобилне мерне станице

Блок шема једне мобилне станице за континуирано мерење приказана је на слици 4.16 [Katulski, et al., 2011].

На мобилној станици приказаној на слици 4.17 уводна цев, димензија $0,2 \times 0,4$ m, је опремљена вентилатором са променљивим бројем обртаја. Уводна цев је подигнута 3,8 m од земље, радијус кривине је велики (0,4 m), како би се обезбедио слободан проток ваздуха. Уређаји за мерење су померени од центра уводне цеви за 2,5 cm како би се минимизовао ефекат сенке од претходно усисаног ваздуха. Испуштање ваздуха је на супротној страни од усиса како би се спречило кружење истог ваздуха кроз мерне уређаје. Из истог разлога се код позиционирања користе метеоролошки подаци који се мере у истој станици. Уграђен варијатор и мерач брзине протока ваздуха обезбеђују променљив режим рада вентилатора ради постизања изокинетичких услова узорковања.



Слика 4.16. Блок шема распореда опреме у мобилној мерној станици



Слика 4.17. Ток ваздуха кроз уређаје за мерење концентрације чврстих честица

На слици 4.18 приказна је ток ваздуха који пролази кроз гасне анализаторе ради мерења концентрације гасовитих загађивача у узоркованом ваздуху. Усисавање

ваздуха се обезбеђује са висине од 4,3 m, а систем обезбеђује пролазак кроз шест стандардних Ругех стаклених посуда.



Слика 4.18. Ток ваздуха кроз гасне анализаторе смештене у мобилној станици

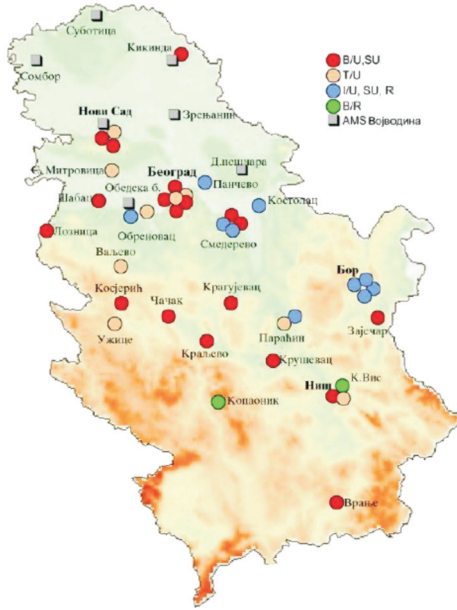
Највише постављени уређај на крову мобилне станице служи за прикупљање метеоролошких података.

Поред уградње у ауто-приколице, комбије и на камионе мобилне станице се могу инсталирати и на бицикле [Elen et al., 2013]. Коришћење мобилне станице на бициклу је погодно за урбане средине.

4.6. Мониторинг ваздуха у Србији

Мониторинг квалитета амбијенталног ваздуха је организован на **државном** (Република Србија), **регионалном** (аутономна покрајина) и **локалном нивоу** (јединица локалне самоуправе). О овоме мониторингу се старају органи управе, мерења се поверавају овлашћеним институцијама. "Законом о министарствима" и "Законом о заштити ваздуха", оба из 2013. године године сви послови мониторинга квалитета ваздуха у државној мрежи станица су прешли у надлежност "Агенције за заштиту животне средине".

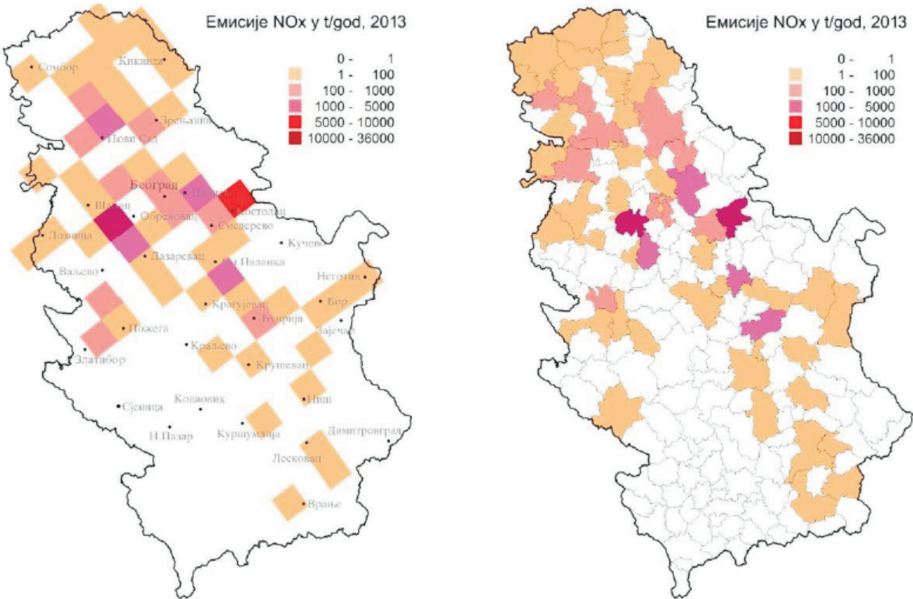
Агенција организује мрежу стационарних и мобилних станица које организују мониторинг по зонама и агломерацијама. На слици 4.19 приказан распоред 35 мерних станица у Србији које су у њеној надлежности. Ниво загађености ваздуха прати се мерењем концентрација за сумпор-диоксид, азот-диоксид и оксиде азота, суспендоване честице (PM₁₀, PM_{2.5}), олово, бензен, угљен-моноксид, приземни озон, арсен, кадмијум, живу, никл, бензо(а)пирен и чађ у ваздуху инструментима за аутоматско мерење и/или узимањем узорка и њиховом анализом.



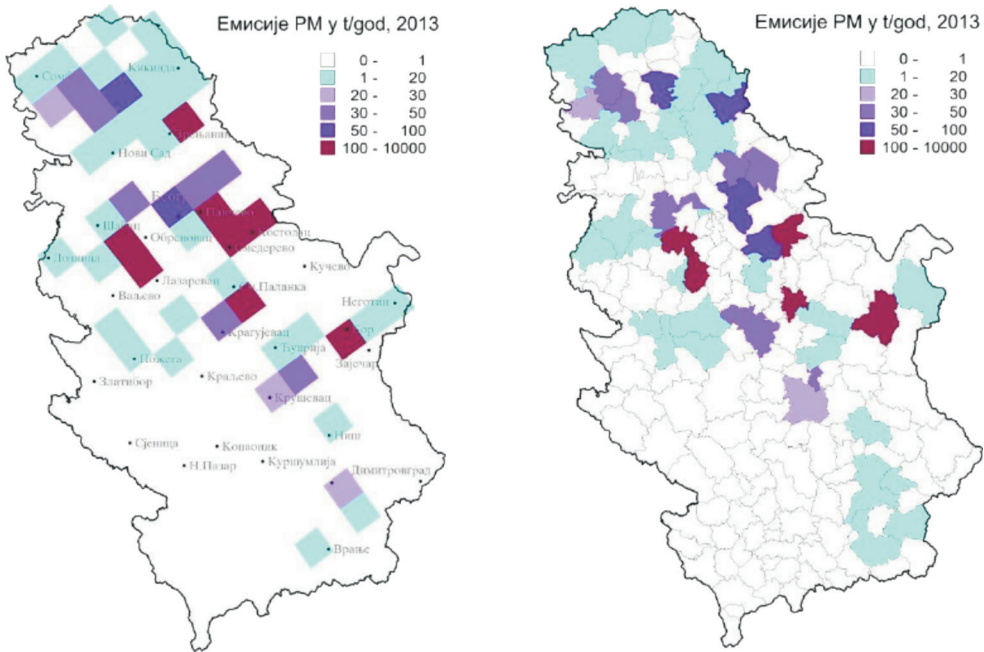
Легенда: Црвеним кружићима су означене станице са потпуно реализованим Програмом мониторинга. Зеленим кружићима су означене станице са инсталираним анализаторима SO_2 , NO_2 , CO , PM_{10} и O_3 са постигнутом расположивошћу валидних сатних вредности већом од 90%. Наранџастим кружићима су означене станице са инсталираним анализаторима SO_2 , NO_2 , CO , PM_{10} , O_3 , BTX и HVS Тесора са постигнутом расположивошћу валидних сатних вредности већом од 90%.

Слика 4.19. Мрежа АМСКВ (аутоматске мерне станице) у државној мрежи за праћење квалитета ваздуха

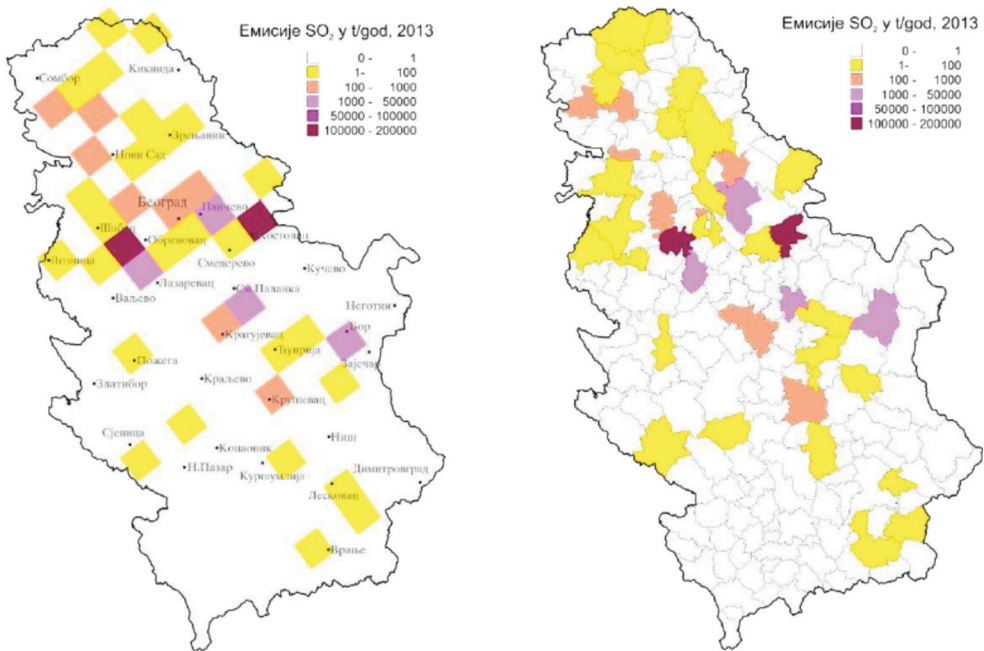
Просторна расподела локација где се мери емисија оксида азота, емисија честичних материја и емисија оксида сумпора у 2013. години на територији Републике Србије дате су на сликама 4.20, 4.21 и 4.22 [Поповић и др., 2014].



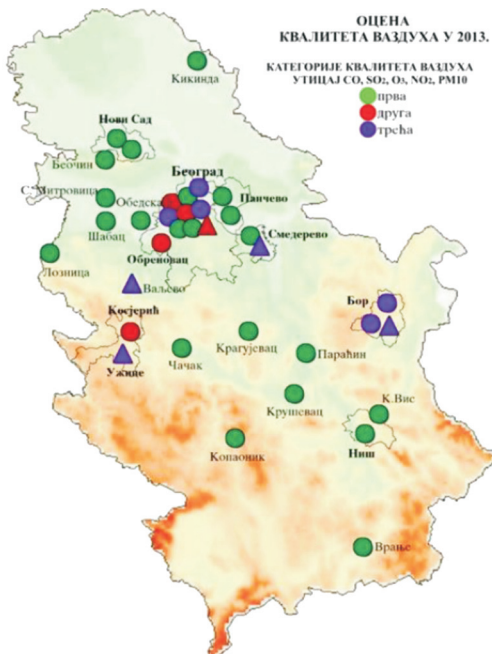
Слика 4.20. Просторна расподела емисија, у t/год, оксида азота, у 2013.г.



Слика 4.21. Просторна расподела емисија, у т/год, честичних материја у 2013.г.



Слика 4.22. Просторна расподела емисија оксида сумпора, у т/год у 2013. г.



Напомена:

- Оцене базиране на > 90% валидних података означене су кружићима.
- Оцене базиране на > 75% валидних података означене су троуглићима

Слика 4.23. Категорије квалитета ваздуха 2013 .г.

Расподеле су дате у мрежи квадраната 25×25 km (лево) и по општинама (десно); Највећа емисија азотних оксида током 2013. године била у околини Костолца, Шапца, Панчева, Смедеревске Паланке и Новог Сада.

Највећа емисија честичних материја у 2013. години била у околини Шапца, Обреновца, Лазаревца, Панчева, Костолца, Смедерева, Смедеревске Паланке, Бора и Зрењанина.

Највећа емисија сумпорних оксида у 2013. години била у околини Костолца, Шапца, Обреновца, Лазаревца, Панчева, Смедеревске Паланке и Бора.

На основу утврђених категорија квалитета ваздуха према "Закону о заштити ваздуха" и спроведених мерења из 2013. г. са слике 4.23. [Поповић и др., 2014] се може закључити да је најзагађенији ваздух у околини Бора, Ужица, Смедерева, Ваљева и широј околини Београда где је квалитет ваздуха оцењен као 3. категорија. Ваздух 2. категорије је у околини Косјерића, Обреновца и широј околини Београда. Најчистији ваздух (1. категорија) је махом на северу (Војводина) и југу Србије (Врање, Ниш...).

Питања за понављање:

1. Који су основни слојеви атмосфере?
2. Како се могу поделити извори загађења ваздуха?
3. Како се могу поделити загађивачи ваздуха према природи и према конзистенцији?
4. Који су то "критеријумски" загађивачи?
5. Који је основни законски акт којим је прописано управљање квалитетом ваздуха?
6. Шта је гранична вредност, а шта граница толеранције?
7. Шта је одређено Програмом мониторинга?
8. Која два случаја се срећу у индустријској пракси мониторинга ваздуха?
9. Које су главне компоненте већине система за узорковање ваздуха?
10. На који начин се може вршити мониторинг ваздуха?
11. Које су карактеристике мобилних станица?
12. Зашто је битно познавати метеоролошке услове за мониторинг ваздуха?

Литература

- [1] **Костић А.**, (2007), Инжењеринг заштите животне средине, Хемијски факултет Универзитета у Београду, Београд
- [2] **Westerman D.**, (1989), Географски атлас света, Diercke, Младинска књига, Љубљана
- [3] **Griffin D. R.**, (2007), Principles of Air Quality Management, CRC Press, Taylor and Francis, Boca Raton
- [4] **Трумбуловић Бујић Љ., Аћимовић Павловић З.**, (2008), Утицај аерозагађивача на квалитет ваздуха у индустријској средини, Journal of Metallurgy (14), Београд, стр. 229-240
- [5] **LaGrega M. D., Buckingham P. L., Evans J. C.**, (2001), Hazardous Waste Management, Waveland Press, Inc., Illinois
- [6] **NAAQS** (National Ambient Air Quality Standards), (2011), U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, <http://www.epa.gov/air/criteria.html>
- [7] **Marcus J. J.**, (1997), Mining Environmental Handbook, Imperial College Press, London
- [8] **Anon.**, (-), Lead in air: www.epa.gov/airquality/lead
- [9] **Лилић Н., Цвјетић А.**, (2005), Загађење и заштита ваздуха, материјал са предавања, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Београд
- [10] **Brasseur G. P., Mueller J. F., Granier D.**, (1996), Atmospheric impact of NO_x emission by subsonic aircraft: A three-dimensional model study, Journal of Geophysical Research 101, pp. 1423-1428
- [11] **Chameides W.L. Fehsenfeld F., Rodgers M.O., Cardelino C., Martinez J., Parrish D., Lonneman W., Lawson D.R., Rasmussen R.A., Zimmerman P., Greenberg J., Middleton P., Wang T.**, (1992), Ozone Precursor Relationships in the Ambient Atmosphere, Journal of Geophysical Research 97, America, pp. 6037-6055
- [12] **Гржетих И.**, (-), Основи хемије атмосфере и загађивачи ваздуха, материјал са предавања, Хемијски факултет, Београд
- [13] **Anon.**, (-), Ozone: <http://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.ozone>
- [14] **Colls J.**, (2002), Air Pollution, Spon Press, New York
- [15] **Ruzer S.L., Harley H.N.**, (2005), Aerosols handbook, Measurement, dosimetry and health effects, CRC Press, Boca Raton
- [16] **ISO 9835:** Ambient Air- Determination of a black smoke index, (1993), Geneva

- [17] **EPA**, (2011), Air Emission Sources, Particulate Matter, http://www.epa.gov/cgi-bin/broker?_service=data&_debug=0&_program=dataprog.national_1.sas&polchoice=PM
- [18] "Закон о заштити ваздуха", Сл. гласник РС бр. 36/09 и 10/13
- [19] "Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха", Сл. гласник РС бр. 11/10, 75/20 и 63/13
- [20] "Уредба о граничним вредностима емисија загађујућих материја у ваздух", Сл. гласник РС бр. 71/10 и 6/11
- [21] "Уредба о утврђивању програма контроле квалитета ваздуха у државној мрежи", Сл. гласник РС бр. 58/11
- [22] "Уредба о утврђивању зона и агломерација, Сл. гласник РС бр. 58/11 и 98/12
- [23] "Уредба о утврђивању Листе категорија квалитета ваздуха по зонама и агломерацијама на територији Републике Србије за 2012. годину", Сл. гласник РС бр. 17/2014
- [24] Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe, (2008), Official Journal of the European Union L 152/3111.6
- [25] **Вујић Б.**, (2015), Материјал са предавања: Мониторинг животне средине, Технички факултет "Михајло Пупин", Зрењанин
- [26] **Wiersma, G.B.**, (2004), Environmental monitoring, CRC Press, Boca Raton
- [27] **Новитовић, О., Трумбуловић-Бујић, Љ., Марјановић, В., & Аксентијевић, С.**, (2013). Мониторинг загађивача и узорковање, Графичко инжењерство и дизајн, Нови Сад
- [28] xxx, Handbook Continuous Emission Monitoring Systems for Non-criteria Pollutants, EPA/625/R-97/001, April 1997, Center for Environmental Research Information National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH
- [29] **Anon.**, (2015), Standard Guidelines for the Environmental Monitoring of Chemicals, Ministry of the Environment, Government of Japan, Japan
- [30] **Sava, R.**, (1994), Guide to Sampling Air, Water, Soil and Vegetation for Chemical Analysis, Environmental Protection Agency (EPA), Sacramento
- [31] **Anon**, (2000), Text Book for Sampling for Environmental Monitoring, FY1999 Project for the Advise of Sustainable Development Support Commissioned by Environment Agency, Government of Japan, Overseas Environmental Cooperation Center
- [32] **Tasić V., Milivojević D., Živković N., Đorđević A.**, (2007), Implementation of air quality monitoring system, Facta Universitatis Series: Working and Living Environmental Protection Vol. 4, No 1, pp. 55 – 64
- [33] **Polidori A., Boddeker, Fine P.**, (2012), Development of two mobile measurement stations for ambient air toxic monitoring in local communities, South Coast Air Quality Management District (AQMD).
- [34] **Katulski R. J., Namiesnik J., Sadowski J., Stefanski J., Wardencki W.**, (2011), Monitoring of Gaseous Air Pollution, The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources, Poland
- [35] **Elen B., Peters J., Poppel M.V., Bleux N., Theunis J., Reggente M., Standaert A.**, (2012), The Aeroflex: A Bicycle for Mobile Air Quality Measurements, Sensors, 13, pp.221-240
- [36] **Поповић, Т., Јовић, Б., Марић-Тансковић, Л., Кнежевић, Ј., Митровић-Јосиповић, М., Димић, Б.** (2014), Квалитет ваздуха у Републици Србији 2013. године. Агенција за заштиту животне средине, Београд.

Подсећање

ОСНОВНИ МЕТЕОРОЛОШКИ ЕЛЕМЕНТИ И МЕТЕОРОЛОШКЕ ПОЈАВЕ

Метеролошки (метео) елементи су квантитативне карактеристике атмосфере, без чијег познавања не би била могућа метеоролошка истраживања.

Метео елементи се осматрају у одређеном периоду дана и изражавају се бројним вредностима, док се метеоролошке појаве осматрају онда када постоје.

Основни метео елементи су:

1. температура ваздуха
2. брзина и смер ветра
3. влажност ваздуха
4. Сунчево зрачење
5. ваздушни притисак
6. облачност
7. падавине
8. видљивост

Прва 4 елемента су кључна приликом дефинисања квалитета ваздуха. Вредности ових параметара најчешће се добијају од метеоролошке службе, а када то није могуће, морају се организовати посебна мерења помоћу мобилних метеоролошких станица.

Температура ваздуха је степен топлотностања атмосфере, односно мера за количину топлотне енергије коју атмосфера поседује. Сва топлотна енергија важна у метеоролошком смислу у атмосферу долази од Сунчевог зрачења, које у мањој мери непосредно загрева атмосферу, а далеко више копно и мора, који приме топлину од Сунца, па се онда та топлотна енергија одоздо, од површине у највећој мери враћа и загрева атмосферу. Од природе површине тла (песак, шума, камењар, водена површина итд.) зависи колико ће Сунчеве топлотне енергије тло примити, и колико ће потом загревати слој атмосфере при тлу. Температура ваздуха се мери термометрима на 2 метра висине од тла, у хладу, заклоњено од Сунца, у степенима Целзијуса. Температура се мери и на висини помоћу сонди.

Високе температуре током топлог дела године омогућавају турбулентна кретања у ваздуху и изражена вертикална струјања,

што повољно утиче на степен разблаживања загађујућих супстанци. Ниске температуре у зимском периоду и слабо изражена турбуленција омогућавају појаву температурних инверзија. У оваквим условима, дисперзија загађујућих супстанци је слабо изражена. Под нормалним условима покретљивост атмосфере је довољна да разређи загађујуће супстанце и спречи њихово нагомилавање. Температурна структура атмосфере одређује вертикална струјања ваздуха, а ако је он загађен контролише и вертикална кретања загађујућих супстанци.

Вертикални температурни градијент је промена температуре с висином (појам означава опадање). У тропосфери, температура с висином просечно опада за $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ($6,5^{\circ}\text{C}/1\text{ km}$).

Нестабилна атмосфера је ако у свакодневној стварној атмосфери температура ваздуха опада с висином више од $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, тј. када је вертикални температурни градијент већи. Стабилна атмосфера је када температура ваздуха спорије опада с висином од $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, или је стална с висином или чак могуће расте с висином.

Инверзија температуре је стање атмосфере када се топлији ваздух налази изнад хладнијег, који остаје у приземном слоју. То су врло стабилни слојеви у атмосфери. Ово стање спречава подизање загађујућих супстанци које би могле бити дисперговане. Изотермија је појава да се температура не мења с висином.



Слика 4.24. Температурна инверзија

Ветар. Кретање ваздушних маса у приближно хоризонталном правцу назива се ветар. Он се разликује од осталих метеоролошких елемената јер у ствари представља векторску величину за чије потпуно одређивање су потребна три елемента: правац, смер и интензитет. Ипак ветар се у обичном животу одређује са два елемента и то: правцем (под којим се подразумева и смер) и брзином или јачином.

Правац ветра означава се према страни света из које ваздух струји. За означавање правца ветра по међународним ознакама користе се четири слова: N (North - север), E (East - исток), S (South - југ), W (West - запад). Комбинацијом ових слова ветар се може поставити у 8, 16 или 32 правца. То је тзв. ружа ветрова. "Ружа ветрова" је графичко представљање дневне или периодичне "скице" осматраних правца и брзине ветра. У суштини, "ружа ветрова" је више климатолошка категорија која указује - који су то доминантни ветрови у неком граду, или било ком подручју. За тишине обично се употребљава слово C = Calm или се обележава са "Тихо". Најчешће је у употреби ружа ветрова од 16 правца. Правац, односно смер ветра одређује и лучним степенима круга хоризонта од 0° до 360°, тј. азимутом.

Под *брзином ветра* подразумева се пређени пут ваздуха у јединици времена. Изражава се у метрима у секунди (m/s) или километрима на сат (km/h).

Када се не располаже инструментима за мерење брзине ветра, одређује се *јачина ветра*, под којом се подразумева сила којом ветар делује на објекте који му се супротстављају. За ту намену служи Бофорова скала или лествица која има 13 степени, од 0 до 12. Због све веће примене савремених инструмената за мерење брзине ветрова, Бофорова скала је у све мањој употреби.

У случају емисије загађујућих супстанци из неког извора први метеоролошки чинилац који ће имати утицај на транспорт и разређивање јесте ветар. Брзина ветра утиче на висину подизања димне перјанице изнад отвора димњака или испуста, као и на степен разблаживања концентрација супстанци присутних у диму. Веће брзине повољно утичу на разблаживање загађујућих супста-

нци у приземном слоју ваздуха. Гледано уопштено, са повећањем висине повећава се брзина ветра.

Влажност ваздуха представља количину водене паре у атмосфери и један од најважнијих климатских елемената. Од њене количине директно зависи појава падавина. Водена пара у атмосфери ефикасно апсорбује дуготаласно зрачење Сунца. Прелазак водене паре у течно стање, при одређеној температури назива се росна тачка. Роса и други облици кондензоване водене паре испирају загађујуће растворљиве супстанце и смањују њихову концентрацију у ваздуху.

Сунчево зрачење је носилац Сунчеве енергије и на Земљу доспева у виду ултраљубичастих и инфрацрвених електромагнетних таласа. Један део сунчевих зрака апсорбује атмосфера а други део се одбија од честица у атмосфери и расипа у свим правцима - дифузна рефлексија. Сумарна радијација (глобално зрачење) је целокупно Сунчево зрачење које допре до Земље у виду директног зрачења.

Атмосферски притисак је сила која делује на јединицу хоризонталне површине, а једнака је тежини стуба ваздуха који се распростире од тла до горње границе атмосфере. Атмосферски притисак се најчешће мери живиним барометром у коме се висина живиног стуба уравниожеује са са тежином ваздушног стуба и изражава се у милиметрима (mm) или милибарима (mb). Услед стишљивости ваздуха атмосферски притисак опада са висином и то у приземном слоју брже, а на већим висинама спорије.

Циклон и антициклон. Неравномерна расподела атмосферског притиска условљава постојање барских система. Могу да се издвоје два основна типа барских система и то: циклон или област ниског притиска и антициклон или област високог притиска. Притисак ваздуха у циклонима је најмањи у центру, док се од центра према периферији повећава. На северној хемисфери у циклону је струјање ваздуха ка центру и смеру супротном казалећи на сату. Притисак ваздуха у антициклонима је највећи у центру, а струјање ваздуха је од центра ка периферији у смеру кретања казалеће на сату.

Облачност представља укупност облака који су уочљиви на небу, посматрано у одређе-

ном тренутку или периоду. Изражава се у десетинама од 0 до 10 или у процентима покривености неба облацима.

Падавине су сви облици кондензоване и сублимиране водене паре у ваздуху, који се на земљиној површини појаве у течном или чврстом облику. Падавине се деле у две групе:

- ниске падавине: роса, слана, иње и поледица,
- високе падавине: киша, росуља, ледена киша, снег, суснежица, зрнасти снег, љутина, крупа, суградица и град.

Видљивост је даљина до које се могу опазити објекти у видику.

Метеоролошке појаве су условљене одређеним физичким процесима, који су праћени изразитим квалитативним променама у стању атмосфере.

Метеоролошке појаве су:

- **Магла.** Кондензована водена пара у приземним слојевима ваздуха назива се магла. Магла је, по међународном споразуму, таква замућеност ваздуха при којој се околни предмети могу видети само на удаљености до 1 km.
- **Облаци.** Облаци су по свом физичком саставу разликују од магле само у месту постанка и у величини капљица. Капљице магле су мање од капљица облака. Сем од капљица воде облаци се могу састојати и из кристала леда. Према томе, као облак може се сматрати скуп водених капљица или ситних честица леда, које лутају у разним слојевима ваздуха приближавајући се једна другој смањују видљивост у простору који испуњавају. Облаци дају јасну слику о ваздушним струјањима на висини у слободној атмосфери. Правац кретања облака показује правац ветрова на већим висинама. Најзад према облику облака може се одредити врста ваздушних струјања у слободној атмосфери. Ако су облаци једнолични и слојевити то значи да је процес кондензације у атмосфери настао без знатних ваздушних струја. Ако су облаци гомиластог облика они упозоравају да у атмосфери има јаких узлазних струја. Ако

су облаци у скоро растрганом облику значи да у атмосфери владају јака турбулентна кретања.

- **Киша.** Падање течних водених честица у облику капљица пречника већег од 0,5 mm а мањег од врло распршених капљица зове се киша. Настаје од капљица воде које се налазе у облаку, а које се непрестаном кондензацијом водене паре у ваздуху све више и више повећавају. Због вертикалног струјања у облаку, поједине капљице воде се сударају и спајају у капљице толике тежине да надвладају та струјања и падају на зељу у облику кише.
- **Снег.** Ледени кристали (пахуљице) различитих облика, при падању већином разгранати, а понекад и звездасти зову се снег. Настаје када се водена пара кондензује у ваздуху при температури испод или близу 0 °C. Тада водена пара сублимира.
- **Град.** Падање куглица или комадића леда, обично пречника од 5 до 50 mm, зове се град.
- **Крупа.** Округласта, бела, непрозирна и трoшна зрна пречника од 2 до 5 mm која најчешће падају заједно са снегом и кишом називају се крупа.
- **Роса.** Наслага водених капљица на хоризонталним површинама насталих директном кондензацијом водене паре садржане у ваздуху, кад је тачка росишта изнад 0 °C, зове се роса.
- **Слана.** Наслага леда кристалног изгледа, који често има изглед шкољки, љуски од рибе, иглица, пера или лепезица, зове се слана. Попут росе јавља се на хоризонталним површинама, при чему је једина разлика што код слане водена пара директно прелази из гасовитом у чврсто стање (сублимација) кад је тачка росишта изнад 0 °C.
- **Иње.** Ледене наслагe зрнаца раздвојених ваздухом, често украшене кристалним гранчицама, зову се иње.
- **Поледица.** Наслагe леда настале смрзавањем потхлађених капљица росуље или кишних капи на Земљиној површини и предметима на њој, чија је температура нижа од 0 °C или нешто виша, зове се поледица.

5. МОНИТОРИНГ БУКЕ

Шта се може сазнати и научити читајући ово поглавље:

- шта је звук, а шта бука и које врсте буке постоје,
- који су најчешћи извори буке у животној средини,
- шта законска регулатива ограничава у погледу нивоа буке,
- како се мери бука,
- како изгледа опрема за мерење нивоа буке,
- како се врши мониторинг буке.

Бука је светски проблем. Начин борбе против ње се у великој мери разликује од земље до земље и у многоме зависи од достигнутог културног, економског и политичког нивоа. Чињеница је да чак и у регионима у којима су значајни ресурси уложени у решавање, бука је и даље присутна. Као пример може да послужи аутоиндустрија. У овој области су учињени велики помаци по питању емисија буке. Данашњи аутомобили су неупоредиво тиши од оних произведених само деценију раније. Међутим њихов број, посебно у развијеном делу света, је толико порастао, да је поништио све позитивне ефекте снижавања буке постигнуте у фази производње.

Према извештају о стању буке у Европи [Noise in Europe, 2014] бука и даље растући проблем животне средине. Изазвана разноврсним и великим бројем извора, широко је присутна не само у градским срединама, него и у целокупном окружењу. Негативни ефекти одражавају се не само на људску популацију, већ имају све више утицаја и на фауна копна и мора. Неке од главних порука поменутог извештаја су:

1. бука је главни проблем животне средине у Европи,
2. бука у животној средини је узрок најмање 10.000 случајева преране смрти у Европи сваке године,
3. готово 20 милиона одраслих особа свакодневно је ометано неким од видова буке, а додатних 8 милиона има поремећај сна,
4. више од 900.000 случајева хипертензије годишње се јавља као последица изложености буци у животној средини,
5. бука је узрок 43.000 хоспитализација у Европи сваке године;

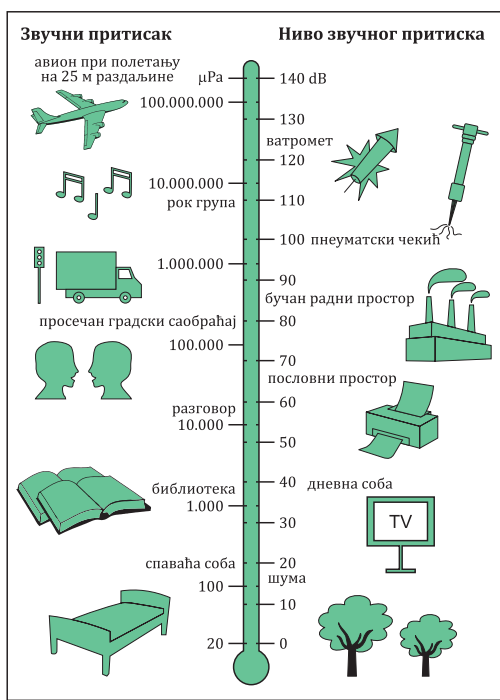
Када је у питању наша земља, пре свега град Београд, ситуација је готово идентична са свим великим метрополама. Бука у животној средини, односно кому-

нална бука у Београду потиче највећим делом од саобраћаја, док су индустрија, мала привреда, грађевинарство и друге активности од мањег значаја. У просеку највећа прекорачења дозвољених нивоа констатују се у стамбеним зонама дуж прометних саобраћајница [Београд, 2015].

5.1. Појам звука и буке

Звук се може дефинисати као било која промена притиска (у ваздуху, води или неком другом медијуму) коју људско уво може да региструје. Звук настаје као резултат промена притиска услед вибрација, односно осцилација извора, које се преносе на околину и које се могу детектовати чулом слуха [Лилић, Цвјетић, 2005].

Звук је по природи саставни део свакодневног живота и део човековог окружења. Јавља се као пратилац многих животних активности и његово присуство је евидентно готово у свим сферама људске активности. Сваки непожељан звук се може дефинисати као **бука**.



Слика 5.1 Однос скале у Паскалимa (Pa) и децибелима (dB)

Да би се одређена промена притиска ваздуха детектовала чулом слуха мора да има одређену фреквенцију, односно учесталост. Број промена притиска ваздуха у јединици времена назива се **фреквенција** или **учесталост звука** и изражава се у херцима (Hz). За младу, здраву особу нормалан чујни опсег се креће од 20 Hz до 20.000 Hz (20 kHz).

Друга величина која се користи за описивање звука је величина амплитуде промене притиска, односно **ниво звучног притиска** (*Sound Pressure Level, SPL*). Најслабији звук који здраво људско уво може да региструје има амплитуду од 20 милионитих делова Паскала (20 μ Pa) и представља **праг чујности**. Звучни притисак од приближно 100 Pa је тако гласан да изазива бол и представља **праг бола**. Ниво звучног притиска изражава се у децибелима (dB). Употребе скале у dB даје много бољу апроксимацију перцепције релативног звука од стране људског ува него што је то случај са скалом у Pa (слика 5.1)

Утицај буке на човека у зависности од нивоа дат је у табели 5.1 [ЕА, noise, 1995].

Табела 5.1. Ниво буке и утицај на човека

Извор звука	Ниво звука dB(a)	Утицај нивоа буке на човеков организам
	0	Најтиши звук који се чује, "праг чујности"
Мирна спаваоница	20	Ниво буке која нема негативан утицај; људи се осећају угодно
Мирно радно место	30	
Пригушен разговор	40	Поремећаји способности учења и комуникације
Нормалан разговор	50	
Телевизор; прозор који гледа на улицу; интензиван друмски саобраћај	65	Подручје само психолошког деловања
Усисавач за прашину	80	Подручје озбиљних психолошких и неуровегетативних сметњи; оштећења на слушним станицама; привремени помак прага чујности
Ваздушно хлађени електромотор	90	
Моторна тестера	100	
Диско клуб; пнеуматски чекић	110	
Свирка рок-састава	120	
Пнеуматски чекић, хитац из пушке поред уха стрелца	130	Акутно оштећење слуха већ при краткотрајној изложености
Узлетање млазног авиона	145	
	194	Највећи могући ниво звучног притиска

Са становишта мониторинга буке од великог значаја је познавање типова буке. Тип буке је одређен временском зависношћу буке (промена нивоа звучног притиска у посматраном периоду) и њеним фреквенцијским спектром (присуство и нивои буке на одређеним фреквенцијама).

У зависности од карактера буке у временском домену разликују се следећи типови буке [Прашчевић, Цветковић, 2005]:

- **Непроменљива** бука - бука релативно константног нивоа са променама до 5 dB,
- **Променљива** бука - бука променљивог нивоа са променама преко 5dB,
- **Испрекидана** бука – бука извора који ради у циклусима, односно ниво буке веома брзо расте и опада (нпр. пролазак једног аутомобила),
- **Импулсна** бука - бука удара или експлозија, бука код које се појављује један или више брзорастућих врхова чије је трајање мање од 1 s.

Сходно фреквенцијском домену разликују се следећи типови буке:

- **Широкопојасна** бука - бука са приближно равномерном расподелом звучне енергије у ширем фреквенцијском опсегу (више суседних октава)
- **Ускопојасна** бука - бука чија је звучна енергија садржана у ужем фреквенцијском опсегу (једна октава или мањи број терци)
- **Тонална** бука - бука која садржи већи део звучне енергије на дискретним фреквенцијама

По својој природи углавном разликујемо механичку и аеродинамичку буку [Петковић, Голетић, 2004]:

- **механичка** бука, настаје као последица динамичких сила изазваних кретањем машина, карактеристичан пример је кретање камиона,
- **аеродинамичка** бука, настаје при нестационарним процесима у гасовима и течностима које прати стварање вртлога, карактеристичан пример су рад вентилатора или компресора.

Са аспекта заштите животне средине основни извори буке су везани за аеродроме, друмски и железнички саобраћај. У рударству се бука обично везује за бушење и минирање, тешке рударске машине које се крећу по површинским коповима и транспортне траке које се користе за извоз минералне сировине из копова, рад дуваљки на постројењима за припрему минералних сировина итд.

5.2. Извори буке у животној средини

Бука у животној средини, или како се веома често зове - комунална бука, дефинише се као бука коју стварају сви извори који се јављају у човековом окружењу. Главни извори комуналне буке су:

- саобраћај (друмски, железнички и авионски),
- грађевинске машине које се користе при извођењу јавних радова,
- индустрија,
- машине за кућну употребу,
- машине и возила за комунално одржавање,
- спортске активности, концерти, забавни паркови, аларми и сл.

Саобраћајна бука укључује друмски, железнички и ваздушни саобраћаја.

Извор бука друмских возила углавном су погонска јединица – мотор и трење између точкова (гума) возила и тла. У принципу, бука која се ствара као резултат трења између гума и подлоге превазилази буку мотора при брзини већој од 60 km/h за тешка возила, односно 40 km/h за путничка возила.

Ниво саобраћајне буке зависи од: интензитета саобраћаја (протока), брзине возила, структуре саобраћајног тока (учешће тешких возила), као и природе површине саобраћајница. Посебни проблеми могу настати у зонама где су присутне честе промене у брзини и снази погонских јединица, као што су семафори, брда, раскршћа и сл.

Бука која потиче од шинских возила зависи пре свега од брзине кретања композиција. Међутим, у обзир се, приликом мерења, узима и тип локомотиве, вагона и шина, као и крутост точкова и шина, односно тип подлоге на коју су шине постављене. Мали радијус кривине, што се може јавити у зони урбаних средина, може довести до веома високог нивоа буке са високим фреквенцијама звука и присуством тоналних компоненти.

Активности ваздухоплова генеришу значајну буку у близини комерцијалних и војних аеродрома. Слетања авиона су препознатљива по стварању интензивне буке, укључујући и вибрације. Слетања ваздухоплова производе значајну буку посебно код дугих слетних коридора са малим висинама летења. Ниво звучног притиска изазваног ваздухопловима зависи пре свега од броја авиона, врсте авиона, њихових коридора, међусобног односа полетања и слетања и атмосферских услова.

Бука грађевинских и комуналних машина. Високоградња и радови на ископавању могу изазвати значајне емисије буке. Разноликост звукова долазе од дизалица, бетонских миксера, заваривања, ударања, бушења и других радних процеса. Грађевинске машине су често слабо пригушене и одржаване, а грађевински радови се понекад обављају без разматрања последица буке у животној средини. Комуналне услуге као што су одношење смећа и чишћење улица, такође могу изазвати значајан поремећај посебно ако се има у виду да се оне често обављају у осетљивом добу дана, претежно ноћу. Постројења за вентилацију и климатизацију и њихови водови, топлотне пумпе, водоводни системи и лифтови, на пример, могу да угрозе унутрашњу акустику животне средине и узнемире оближње становнике.

Индустрија ствара озбиљне проблеме са аспекта буке. Она је одговорна за интензивну буку како у затвореном простору тако и на отвореном. Основни извор индустријске буке су индустријске машине разних врста, при чему су бука по правилу повећава са повећањем снаге машина.

Индустријска бука, по својој природи, може да садржи ниске или високе фреквенције, тонске компоненте, да буде импулсивна или има непријатне и ометајуће форме временског понављања.

Бука фиксних постројења, као што су фабрике или градилишта, топлотне пумпе и вентилациони системи на крововима, обично утиче на околну заједницу. Смањење се може постићи применом тише опреме или зонирањем земљишта у индустријским и стамбеним подручјима. Пасивна (звучна изолација кућишта) и активна контрола буке, или ограничавање времена рада, су неке од мера за снижавања штетних утицаја буке.

Бука од кућних уређаја и активности на отвореном. У стамбеним подручјима, бука може да потиче од механичких уређаја (нпр. топлотних пумпи, вентилационих система и саобраћаја), али и од гласова, музике и других врсте звукова насталих у суседству (нпр. шишање травњака, од усисивача и друге опреме за домаћинство, музичке репродукције и бучних забава). Асоцијално понашање је добро познат извор проблема са аспекта буке у стамбеним зградама, као и на локацијама

за забаву (нпр спортски и музички догађаја, концерти, ватромет и разне врсте фестивала).

Због претежно нискофреквентне компоненте, бука из вентилационих система у стамбеним зградама може изазвати значајну забринутост чак и при ниским и умереним нивоима звучног притиска.

5.3. Законска регулатива

У Републици Србији, област буке у животној средини у потпуности је, и у складу са европским захтевима, регулисана одговарајућом законском регулативом и стандардима.

Према "Закону о заштити од буке у животној средини" [Закон, 2009/10], мониторинг буке врши се систематским мерењем, оцењивањем или прорачуном одређеног индикатора буке, у складу са овим законом. Сви остали детаљи у вези са мониторингом буке дефинисани су "Уредбом о индикаторима буке, граничним вредностима, методама за оцењивање индикатора буке, узнемиравања и штетних ефеката буке у животној средини" [Уредба, 2010], која заједно са стандардима у потпуности описује процедуру као и параметре неопходне за мониторинг буке. Према Уредби индикатор буке је акустичка величина којом се описује бука у животној средини и изражава се јединицом dB(A). Индикатори буке се користе у циљу утврђивања стања буке, за процену и предвиђање стања буке, израду стратешких карата буке и планирање мера заштите. Индикатори буке деле се на основне и додатне.

Основни индикатори буке су:

1. индикатор који описује ометање буком за временски период од 24 часа, за дан-вече-ноћ L_{den} (укупни индикатор буке);
2. индикатор који описује ометање буком у току дана L_{day} (индикатор дневне буке);
3. индикатор који описује ометање буком у току вечери $L_{evening}$ (индикатор вечерње буке);
4. индикатор који описује ометање буком у току ноћи L_{night} (индикатор ноћне буке).

Период од 24 часа, у смислу Уредбе, дели се на три референтна временска интервала: дан траје 12 часова (од 6 до 18 часова); вече траје 4 часа (од 18 до 22 часа); ноћ траје 8 часова (од 22 до 6 часова). Основни индикатори буке користе се за израду стратешких карата буке.

Додатни индикатори буке користе се за мониторинг буке и за појединачна мерења буке. Додатни индикатори буке су:

1. меродавни ниво буке L_{RAeqT} ;
2. ниво изложености буци L_{AE} .

Мерење буке у животној средини као и одређивање меродавног нивоа буке се врши према стандардима SRPS ISO 1996-1 и SRPS ISO 1996-2.

Уредбом су прописане и граничне вредности индикатора буке на отвореном простору, сходно намени простора, односно према одговарајућим зонама.

Уредбом су прописане и граничне вредности индикатора буке у насељеним местима, према зонама насеља (табела 5.2).

Табела 5.2. Граничне вредности индикатора буке на отвореном простору

Зона	Намена простора	Ниво буке у dB(A)	
		За дан и вече	За ноћ
1.	Подручја за одмор и рекреацију, болничке зоне и опоравилишта, културно-историјски локалитети, велики паркови	50	40
2.	Туристичка подручја, кампови и школске зоне	50	45
3.	Чисто стамбена подручја	55	45
4.	Пословно-стамбена подручја, трговачко-стамбена подручја и дечја игралишта	60	50
5.	Градски центар, занатска, трговачка, административно управна зона са становима, зона дуж аутопутева, магистралних и градских саобраћајница	65	55
6.	Индустријска, складишна и сервисна подручја и транспортни терминали без стамбених зграда	На граници ове зоне бука не сме прелазити граничну вредност у зони са којом се граничи	

5.4. Мерење буке

Бука у животној средини се може приближно описати једном од неколико једноставних величина. Све оне су изведене из укупног нивоа звучног притиска, варијација тих нивоа са временом или варијација у фреквентном домену.

➤ Ниво звучног притиска

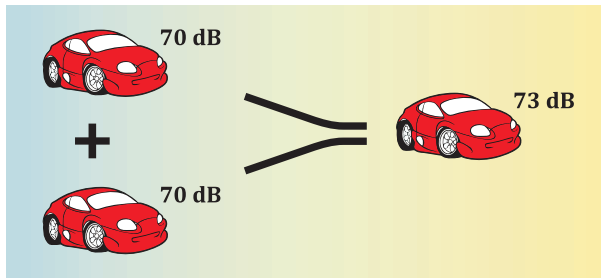
Ниво звучног притиска (L_p) је мера ваздушних вибрација које чине звук и показује колико је пута измерени звук већи од прага чујности. За потребе мерења нивоа звучног притиска, праг чујности, односно референтни притисак на прагу чујности, p_0 , има вредност од $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ (односно $20 \text{ } \mu\text{P}$).

Будући да се нивои звучног притиска мере на логаритамској скали, израчунавање средње вредности као и њихово сабирање није могуће урадити аритметички. Сабирајући два звука једнаких нивоа притиска, 70 dB , доводи до укупног нивоа притиска који је само 3 dB већи од сваког појединачног нивоа звучног притиска (слика 5.2).

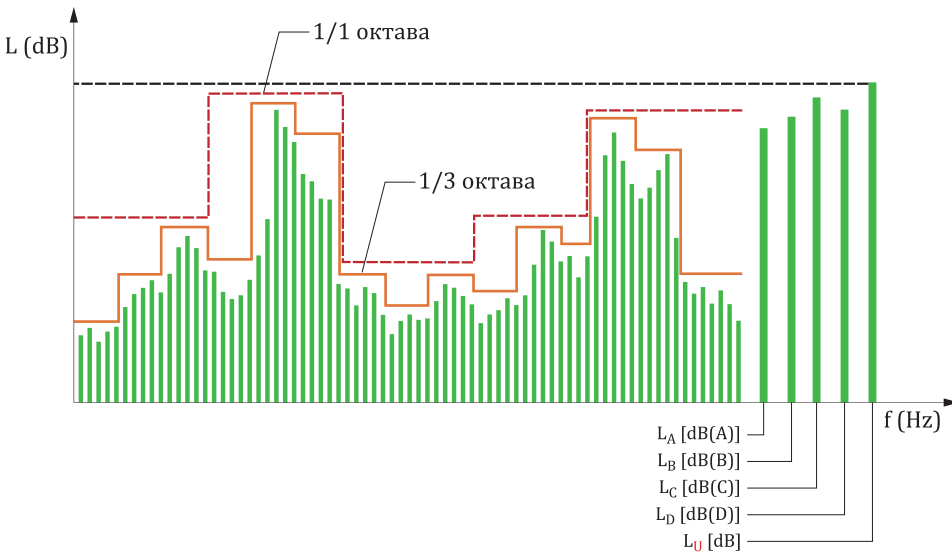
➤ Фреквенција и фреквентна анализа

Јединица за фреквенцију је Херц (*Hertz*, Hz), и односи се на број вибрација, у секунди, ваздуха у коме се звук простире. У природи је тешко срести звук са само једном фреквенцијом. Већина звукова у животној средини састоји се од више различитих фреквенција.

Аудиторни системи нису подједнако осетљиви на све звучне фреквенције (ISO 1987а). Другим речима, не доживљавају се све фреквенције једнако гласно при истом нивоу звучног притиска. То значи да је при оцени утицаја буке у животној средини потребно посматрати звуке на појединим фреквенцијама. Детаљна анализа нивоа звука на појединачним фреквенција се обично врши са стандардним скуповима филтера ширине пропусног опсега од једне октаве или 1/3 октаве (слика 5.3).



Слика 5.2. Резултујући ниво два идентична извора буке

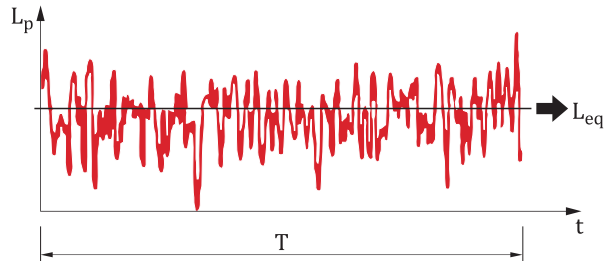


Слика 5.3. Резултат фреквенцијске анализе сигнала

➤ Еквивалентни ниво звучног притиска (L_{eq})

Према принципу једнаке енергије, ефекат комбиновања бучних догађаја је у вези са комбинованом звучном енергијом тих догађаја. Према томе, величина као што је еквивалентни континуирани ниво звучног притиска ($L_{Aeq,T}$) сумира укупну енергију током извесног временског периода (T) и даје ниво еквивалentan у средњој звучној енергији у том периоду. Такви у средњи нивои обично се заснивају на интеграцији А – пондерисаних (тежинских) нивоа. Тако $L_{Aeq,T}$, представља усредњени енергетски еквивалент А – пондерисаног звук током периода T .

Еквивалентни ниво представља константни (просечни) ниво буке, који у одређеном временском интервалу има исту звучну енергију као посматрана, временски променљива бука. Односно, еквивалентни ниво буке представља ниво буке који би својим дејством на човека изазвао исте ефекте као и његов еквивалент – временски променљива бука [Прашчевић, Цветковић, 2005], слика 5.4.

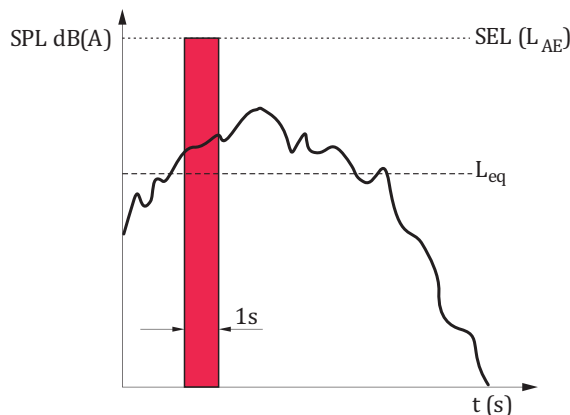


Слика 5.4. Временски променљиви звук

➤ **Краткотрајне звучне појаве – појединачни звучни догађаји**

За транзијентне (краткотрајне) појаве, као што су прелети авиона, пролазак аутомобила, експлозије и сл., где мерење почиње и завршава у позадинској буци, измерени еквивалентни ниво буке зависи од мерног периода. Веома висока акумулирана енергија у времену појављивања транзијентне појаве може резултирати различитим вредностима еквивалентног нивоа буке у зависности од тога када се прекида мерење [Прашчевић, Цветковић, 2005]. Због тога се за дефинисање енергије транзијентних појава, уместо еквивалентног ниво буке, користи друга величина, која елиминише утицај мерног периода, под називом "**ниво изложености звуку**", LAE [dB(A)]. Често се користи и ознака SEL.

Ниво изложености звуку се дефинише као константни ниво звука који има исту енергију у једној секунди као и посматрана временски променљива појава. На слици 5.5 илустрована је разлика еквивалентног нивоа звука и нивоа изложености звуку.

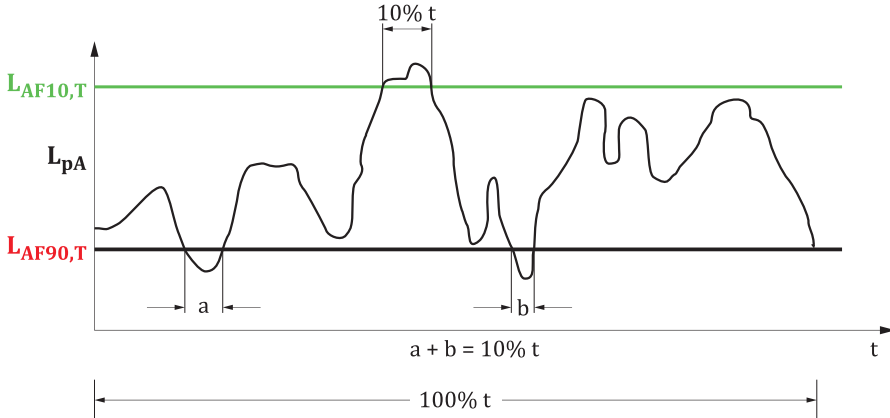


Слика 5.5. Приказ разлике L_{eq} L_{AE}

У поређењу са еквивалентним нивоом, који дефинише временски усредњену звучну енергију у посматраном временском интервалу, ниво изложености звуку дефинише укупну звучну енергију у посматраном временском интервалу.

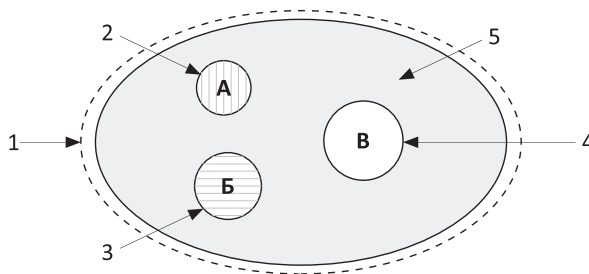
Савремени уређаји омогућавају мерење и следећи параметара:

- **Максимални ниво звучног притиска** (L_{Amax}) – Највећа вредност нивоа звучног притиска у току временског интервала мерења;
- **N-процентни ниво** - ниво звучног притиска који је премашен у N % временског интервала мерења (слика 5.6).



Слика 5.6. Приказ процентних нивоа буке

Вршни ниво звучног притиска (L_{Apeak}) - максимална апсолутна вредност тренутног звучног притиска у датом временском интервалу, измерена стандардном фреквенцијском пондерацијом или у одређеном мерном фреквенцијском опсегу. При мерењу вршног нивоа звучног притиска користи се C-пондерациона (тежинска) крива.



Слика 5.7. Извори буке према свом учешћу: 1 – укупна бука, 2, 3 и 4 – специфична бука, 5 – резидуална (преостала) бука

➤ Разликовање буке према учешћу појединих извора

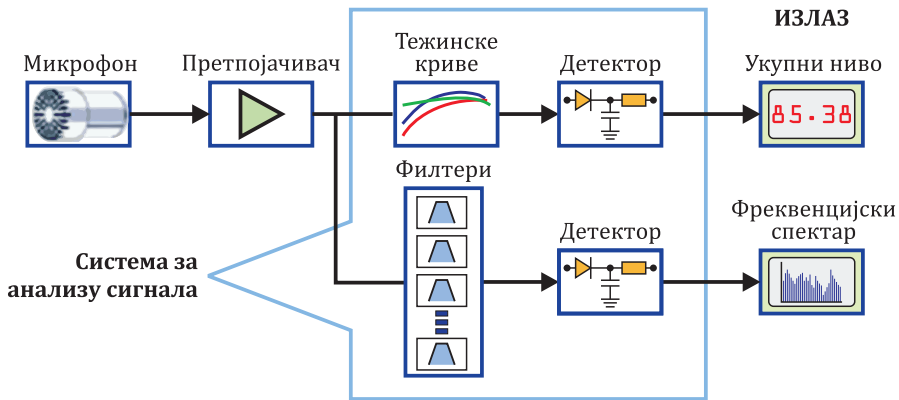
Према учешћу извора разликујемо три типа буке:

- **Укупна бука** (означена са 1 на слици 5.7) - бука која на датој локацији и у датом времену потиче од свих различитих, блиских и далеких извора;

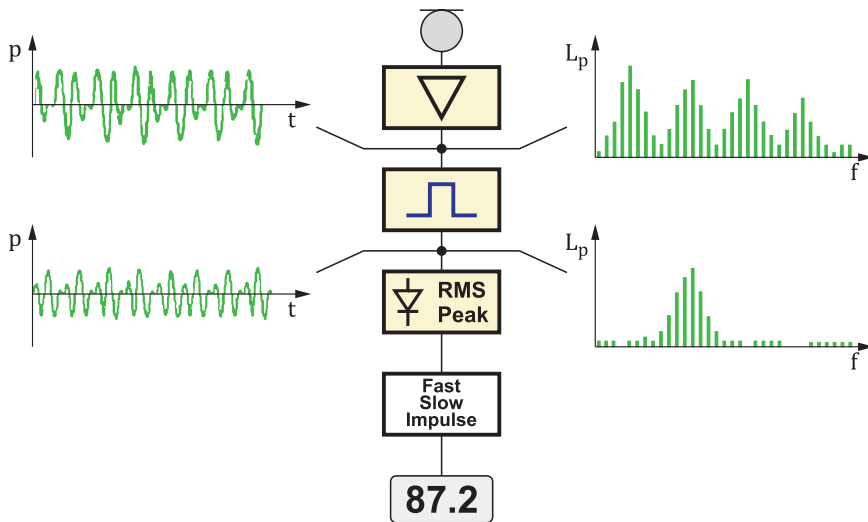
- **Специфична** бука (означена са 2, 3 и 4 на слици 5.7) - компонента укупне буке која се може посебно идентификовати и која је повезана са одређеним извором или групом извора;
- **Резидуална** (основна) бука (означена са 5 на слици 5.7) - бука која остаје на датом месту и у датој ситуацији када се не узимају у обзир разматрани извори специфичне буке.

5.5. Уређаји за мерење буке

Данас је у употреби веома широк дијапазон мерних инструмената намењених за мерење параметара буке у амплитудном, временском и фреквенцијском домену. Сваки мерни инструмент састоји се из неколико основних делова приказаних на слици 5.8.



Слика 5.8. Основне карактеристике мерног ланца



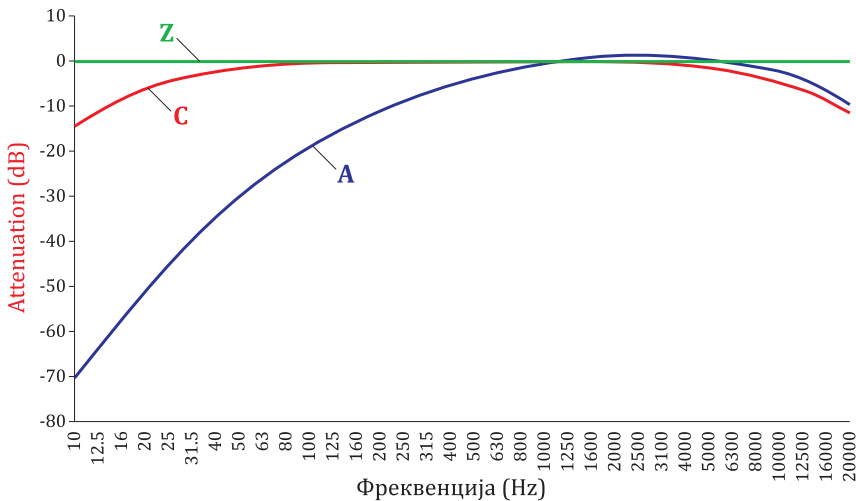
Слика 5.9. Појасна фреквенцијска анализа

Промене звучног притиска се претварају у електрични сигнал у кондензаторском микрофону. Електрични сигнал се потом појачава у претпојачивачу. Обрада и анализа сигнала врши се у систему за анализу сигнала који се састоји од тежинских кривих, филтера (октавних и терцних) и детектора. На дисплеју се читава ниво буке. Филтери се користе за фреквентну анализу акустичних сигнала. Углавном се користе појасни филтери, који пропуштају део фреквенцијског спектра сигнала буке, који зависи од пропусног опсега и централне фреквенције филтера (слика 5.9).

➤ Тежинске криве

Потреба да се мерењем дође до величине која приближно одговара субјективном осећају људског ува довела је до дефинисања процедура за мерење субјективне јачине звука коришћењем тежинских кривих. Тежинска крива представља фреквенцијску корекциону карактеристику која даје појединим фреквенцијама већи или мањи значај, односно "тежину", усклађујући тиме реакцију инструмента са осетљивошћу органа слуха на звук. Данас се углавном користе тежинске криве са ознаком А, С и Z (слика 5.10). Вредности мерења нивоа буке уз коришћење одговарајуће корекционе фреквенцијске карактеристике означавају се јединицама dB(A) или dB(C), где у загради стоји ознака за коришћену тежинску криву.

Тежинска крива са ознаком Z не уноси никакву корекцију и у опсегу од 10 Hz до 20 kHz крива има изглед равне линије.



Слика 5.10. Тежинске криве: А, С и Z

По својој конструкцији најједноставнији су ручни уређаји, превасходно намењени за мерење нивоа звучног притиска без могућности фреквентне анализе или складиштења података, слика 5.11.а.

За разлику од њега данас се на тржишту могу наћи много сложенији, али и скупљи, уређаји који омогућавају мерење читавог низа параметара, њихово складиштење, па чак и накнадну анализу снимљених података (слика 5.11.б).



Слика 5.11. Ручни уређаји намењени за мерење ниво буке



Слика 5.12. Спрегнути систем једноставног уређаја за мерење буке са рачунаром



Слика 5.13. Уређаји за континуирано мерење буке: преносни (лево), стабилни (десно)

У одсуству комплекснијих уређаја могуће је извршити спајање једноставнијег инструмента са преносним рачунаром који је снабдевен софтвером за складиштење и обраду измерених података (слика 5.12) што даје додатну функционалност релативно јефтинијим инструментима.

Када су у питању континуирана праћења нивоа буке, као што је мониторинг буке у животној средини, користе се специфични системи, попут портабилних (преносних) мерних јединица (слика 5.13.а) или стабилних терминала за мониторинг буке (слика 5.13.б).

5.6. Мониторинг буке

Бука у животној средини, у зависности од специфичности извора, може да има различите карактеристике: континуитет, испрекиданост, широкопојасност, тоналност. Да би се одговорили свим овим изазовима, а у циљу добијања задовољавајући резултата, на располагању су:

- појединачна, краткорочна мерења, резличите детаљности - мониторинг буке у ширем смислу, или
- дугорочнија мерења, најчешће са већим бројем мерних места - мониторинг буке у ужем смислу.

Краткорочна, основна мерења буке. Често је потребно да се донесу брзе одлуке у условима када постоје шансе да дође до било каквих проблема са аспекта буке. У таквим ситуација, краткорочна мерења само основних параметара буке, дају саввим задовољавајуће резултате. Будући да на основу њих треба донети, између осталог, и одлуку о даљним мерењима, овакав тип мерења може се назвати претходним или контролним мерењима. Овакав тип мерења може се са задовољавајућом тачношћу спровести употребом једноставнијих инструмената.

Појединачна, детаљна мерења буке. Захтеви и прописи у вези са заштитом животне средине варирају у зависности од земље, места и специфичних околности. У том смислу често је потребно спровести детаљнија мерења буке у животној средини, са више параметара и са могућношћу касније анализе снимљених података. У ту сврху се користе сложенији преносни уређаји који омогућавају добијање интегрисаних вредности, као што су L_{eq} , L_{AE} , складиштење мерених података у самом инструменту, фреквентну и тоналну анализу, перцентилне вредности и сл.

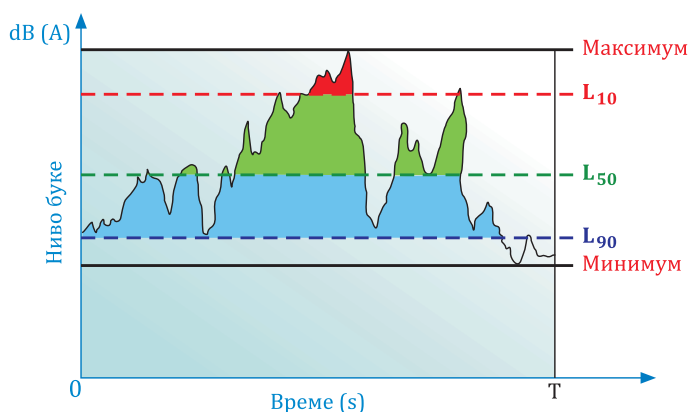
Дугорочна мерења буке – мониторинг буке подразумева праћење нивоа буке на текућем нивоу и у дужем временском периоду, при чему је он подељен на краће периоде узорковања, као што су 5 минута, 15 минута или 1 сат. То омогућава мониторинг буке, на пример, за период од 24 сата и при том се добијају просечни, позадински или максимални нивои буке за дате временске интервале непосредно, односно посредно за цео мерни период. То даје много јаснију слику о начину и времену појављивања буке као и начину на који она може бити контролисана у циљу смањења њеног утицаја на ширу заједницу. Овакав тип мерења спроводи се сложенијим уређајима, али су много сврсисходније портабилне мерне јединице или терминални за мерење буке у животној средини.

Типични параметри буке који се мере су:

- L_{AeqT} - просечни ниво буке у периоду мерења, укључује сва догађања, користи се за поређење са нивоом људске толеранције на буку,
- L_{Amax} - максимални ниво звучног притиска – највећа вредност нивоа звучног притиска у току временског интервала мерења,
- N - процентни ниво - ниво звучног притиска који је премашен у $N\%$ временског интервала мерења,
- L_{A90} - ниво буке који се појављује 90% времена, генерално представља ниво буке на некој локацији јер искључује краткотрајна догађања, нпр. пролазак аутомобила поред мерача,
- L_{A10} - ниво буке који се појављује у 10% случајева, то је мера за највише нивое звучног притиска, уобичајено се користи за опис буке од саобраћаја.

За описивање временски променљиве буке могу се користити сви процентни нивои али се најчешће користе нивои L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} и L_{99} . Нивои L_{90} и L_{99} углавном описују позадински ниво буке или ниво буке околине док ниво L_1 дефинише повремене и ретке импулсне догађаје.

Графички приказ параметара који се уобичајено мере дат је на слици 5.14.



Слика 5.14. Графички приказ нивоа уобичајених мерних параметара буке

Типичан интервал мерења буке износи 15 минута, током дана, односно 15 минута, током ноћи. Добро је када се мерење може обављати у различитим периодима дана, и то најмање два 15-минутна мерна интервала у дневном периоду, један у вечерњем и два у ноћном периоду. Код мониторинга буке број 15-минутних мерних интервала може бити и већи и он се одређује програмом мониторинга. Мониторинг буке може да се врши и непрекидно, 24 сата, уколико се располаже адекватном мерном опремом. Локација за постављање мерних уређаја је на граници радилишта и непосредно пре најближих стамбених објеката.

Код израде програма мониторинга потребно је предвидети мониторинг буке у свим случајевима када се у непосредној близине или на растојању, за које је моделирањем или на други начин доказано да постоји реална опасност од излагања прекомерним нивоима буке, налази насељено место или појединачни стално настањени стамбени објекти.

Питања за понављање:

1. Шта је звук и како настаје?
2. Која је разлика између звука и буке?
3. Које величине описују звук?
4. Које типове буке разликујемо?
5. Шта је индикатор буке и зашто се користе?
6. Како се деле индикатори буке и који су?
7. Који су најчешћи извори буке у животној (комуналној) средини?
8. Шта представља ниво звучног притиска и како се сабира?
9. Шта представља еквивалентни ниво звучног притиска?
10. Која је разлика између еквивалентног нивоа и нивоа изложености звуку?
11. Који типови буке се разликују према учешћу појединих извора?
12. Који су основни делови инструмената за мерење буке?
13. Која тежинске криве се користе и која је њихова суштина?
14. Који су типови мерења буке?
15. Који су типични параметри буке који се мере?

Тема за размишљање и дискусију:

Бука у мом окружењу: извори, реаговање становништва, последице, однос грађанства, поступци и мере заштите, спречавање настанка...

Литература

- [1] Noise in Europe, (2014), European Environment Agency
- [2] Програм заштите животне средине града Београда – Стање животне средине 2000-2011. година, (2015), Секретеријат за заштиту животне средине, Београд
- [3] **Лилић Н., Цвјетић А.**, (2005), Бука и вибрације у рударству, Рударско-геолошки факултет, Београд
- [4] **Прашчевић М., Цветковић Д.**, (2005), Бука у животној средини, Факултет заштите на раду, Ниш
- [5] **Петковић Д., Голетић Ш.**, (2004), Комунална бука као значајан фактор код пројектовања и градње саобраћајне инфраструктуре, Семинар Управљање околишем – околишни менаџмент, Фојница
- [6] "Закон о заштити од буке у животној средини", Сл. гласник РС бр. 36/2009 и 88/2010
- [7] "Уредба о индикаторима буке, граничним вредностима, методама за оцењивање индикатора буке, узнемиравања и штетних ефеката буке у животној средини", Сл. гласник РС бр. 75/2010
- [8] **SRPS ISO 1996-1:** Акустика – Описивање, мерење и оцењивање буке у животној средини – Део 1: Основне величине и процедуре оцењивања
- [9] **SRPS ISO 1996-2:** Акустика – Описивање, мерење и оцењивање буке у животној средини – Део 2: Одређивање нивоа буке у животној средини

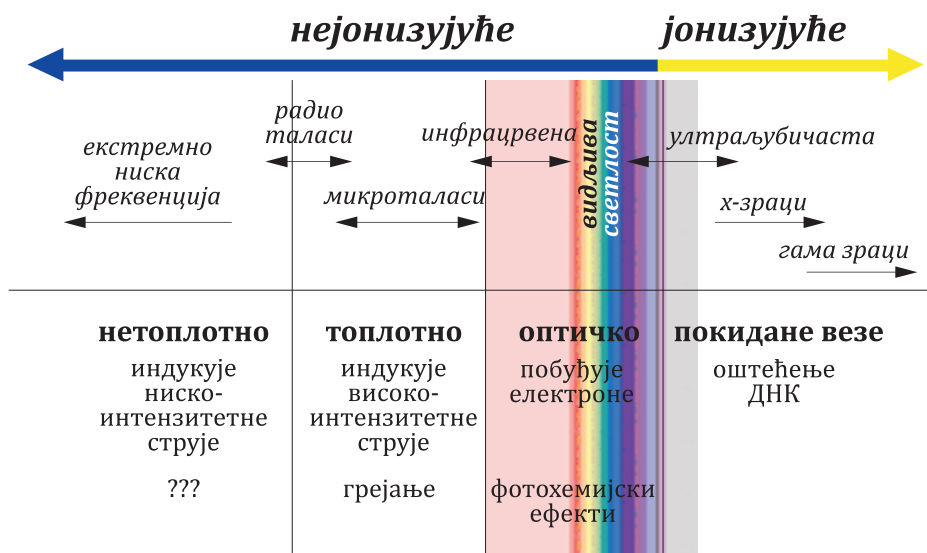
6. МОНИТОРИНГ ЈОНИЗУЈУЋЕГ И НЕЈОНИЗУЈУЋЕГ ЗРАЧЕЊА

Шта можете сазнати и научити читајући ово поглавље:

- опште о јонизујућем и нејонизујућем зрачењу
- о законској регулативи у Србији из области зрачења
- о мониторингу јонизујућег и нејонизујућег зрачења
- о мерној опреми

6.1. Основни појмови о јонизујућем и нејонизујућем зрачењу

Зрачење (радијација), представља енергију коју честице материје или електромагнетни таласи усмерено носе кроз простор, а продиру кроз чврсту материју [Ходолич и др., 2009].



Слика 6.1. Спектар електромагнетног зрачења [EPA, 2013]

Електромагнетно зрачење се према фреквенцији може поделити на јонизујуће и нејонизујуће у зависности од тога да ли јонизује околну материју (слика 6.1). Израз зрачење се колоквијално примењује само на јонизујуће, али се може применити и на нејонизујуће зрачење. Све већи број научних истраживања потврђује да у овом тренутку највећу претњу по здравље и добробит људи и околине представља овај "невидљиви" облик загађења који се назива и "електрозагађење" [Кањевац Миловановић, Миливојевић, 2010].

Сва штетна електромагнетна зрачења могу имати природно (подземни водени токови, минерали, геолошке пукотине, космичко зрачење) и вештачко порекло (прокопи, тунели, јаме, вибрације, јонизујуће и нејонизујуће зрачење) [Кањевац Миловановић, Миливојевић, 2010].

6.1.1. Јонизујуће зрачење

Јонизујуће зрачење се обично дефинише као оно зрачење које може изазвати јонизацију материје кроз коју пролази, било примарним дејством на саму материју, било дејством настале секундарне радијације. Најчешћа подела јонизујућег зрачења је на [Ходолич и др., 2009]:

- Корпускаларно (честично)
 - ◆ Бета зрачење - β
 - ◆ Монохроматско електронско зрачење
 - ◆ Алфа зрачење - α
 - ◆ Јонско зрачење
 - ◆ Неутронско зрачење
- Електромагнетно (фотонско)
 - ◆ Гама зрачење - γ - обухвата таласне дужине мање од $3 \cdot 10^{-11}$ метара.
 - ◆ Рендгенско (х-зрачење) - обухвата таласне дужине мање од 10^{-9} метара.

Свако јонизујуће зрачење има своју енергију која се изражава у џулима (J) или у електронволтима (eV).

Јонизујуће (радиоактивно) зрачење у животној средини делују на живу материју тако што изазивају промене на ћелијама, које могу бити пролазне, сталне или такве да доведу до смрти ћелије. Сви ови ефекти, који се одигравају на ћелијском нивоу, могу се манифестовати на нивоу ткива, органа или организма. Постоје различити ефекти које изазива јонизујуће зрачење код људи и макроскопски посматрано може се направити подела на: тренутне, одложене и генетске ефекте [Ходолич и др., 2009].

Извори јонизујућег зрачења могу се поделити на природне и вештачке. Природно-позадинско зрачење потиче из три главна извора [Практикум, -]:

- **Космичко зрачење** - чини око 13 % од укупног природног позадинског зрачења. Дели се на два типа, **примарно** и **секундарно**. Примарно космичко зрачење састоји се од честица врло високих енергија (до 10^{18} eV). То су углавном протони, алфа честице, тежи јони и електрони. Велики проценат примарног космичког зрачења потиче изван Сунчевог система, а само један део

долази од Сунца. Секундарно космичко зрачење настаје као интеракција примарног космичког зрачења са молекулима (атомима) Земљине атмосфере. На висинама мањим од 20 km, практично постоји само секундарно космичко зрачење, које углавном и доспева на Земљу.

- **Природно зрачење радиоактивних материјала** - Природна радиоактивност налази се у тлу, у океанима, у људском телу, грађевинским материјалима итд.
- **Радон** - Радон је природни радиоактивни гас који је присутан свуда на Земљи и доприноси приближно половини изложености природном позадинском зрачењу.

Вештачки извори су по својој природи и учинку идентични природним. Најзначајнији извори вештачког зрачења којима су људи изложени потичу из медицинских процедура, као што су дијагностички X-зраци, нуклеарна медицина и терапија зрачењем [Практикум, -].

6.1.2. Нејонизујуће зрачење

Нејонизујуће зрачење је електромагнетно зрачење које има енергију фотона мању од 12,4 eV тако да не може да изазове јонизацију (уклони електрон из атома или молекула) већ само ексцитацију (прелазак електрона на више енергетско стање).

Нејонизујућа зрачења обухватају:

- ултраљубичасто или УВ-зрачење (таласне дужине 100-400 nm). Дели се на [Lakowicz, 2009]: блиско (380-200 nm), далеко или вакуумско (200-10 nm) и екстремно ултраљубичасто зрачење (1-31 nm)
- видљиво зрачење или светлост (таласне дужине 400-780 nm),
- инфрацрвено или ИЦ-зрачење (таласне дужине 780 nm- 1 mm),
- радиофреквентно зрачење (фреквенције 10 kHz-300 GHz),
- електромагнетна поља ниских фреквенција (0-10 kHz), и
- ласерско зрачење.

Нејонизујуће зрачење обухвата и ултразвук (фреквенција већа од 20 kHz).

При ниским фреквенцијама електромагнетни таласи се означавају према фреквенцијама, а при високим према таласној дужини.

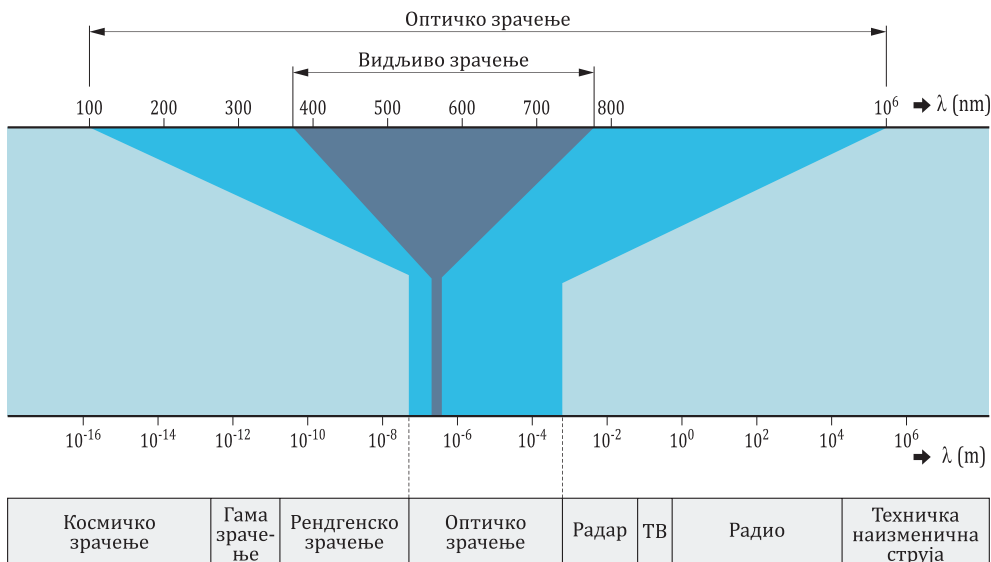
Нејонизујуће зрачење је подељено на две главне области:

- Оптичко зрачење (некохерентно), и
- Нејонизујућа електромагнетна поља

Спектар оптичког зрачења обухвата: инфрацрвено зрачење, видљиву светлост и ултраљубичасто зрачење (слика 6.2.) [Цветковић,-]. "Неоптичко" зрачење обухвата [Практикум, -]:

1. **Нискофреквентно (НФ) зрачење** - нејонизујуће зрачење опсега између 0 и 10 kHz. Део НФ опсега између 0 и 300 Hz јесте зрачење екстремно ниских фреквенција (ЕНФ).

2. **Високофреквентно (ВФ) зрачење** - обухвата опсег нејонизујућег зрачења од 10 kHz до 300 GHz. Део ВФ опсега између 300 kHz и 300 GHz назива се радиофреквентно (РФ) зрачење. Део РФ опсега између 300 MHz и 300 GHz јесте микроталасно зрачење (МТ).



Слика 6.2. Спектар оптичког зрачења

Извори нејонизујућег зрачења се могу поделити у више група [Кањевац Миловановић, Миливојевић, 2010]:

- Природни извори - активности Сунца, зрачења из свемира, динамика атмосфере (муње)...
- Електромагнетна постројења и електрични апарати - далеководи, трафостанице, електране, пословне зграде...
- Средства за телекомуникацију - базне станица мобилне телефоније, предајници радиорелејних система, итд.
- Транспортна средства - моторна возила, авиони, бродови...
- Уређаји у домаћинству - рачунари, телевизори, тостери...
- Медицински уређаји - ласерски уређаји, уређаји за магнетну резонанцу

6.2. Законска регулатива

Законска регулатива из области јонизујућег и нејонизујућег зрачења је прилично обимна и свеобухватна. Два најбитнија законска акта су "Закон о заштити од јонизујућих зрачења и о нуклеарној сигурности" (Сл. гласник РС бр. 36/2009 и 93/2012) и "Закон о заштити од нејонизујућих зрачења" (Сл. гласник РС бр. 36/09), на основу којих су донете многе уредбе, прописи, правилници и одлуке.

6.2.1. Јонизујуће зрачење

Током 2009. године је донет, а 2012. године ажуриран "Закон о заштити од јонизујућих зрачења и о нуклеарној сигурности". Тим законом се прописују мере заштите живота и здравља људи и заштите животне средине од штетног дејства јонизујућих зрачења и мере нуклеарне сигурности при свим поступцима у вези са нуклеарним активностима и уређују се услови за обављање делатности са изворима јонизујућих зрачења и нуклеарним материјалима. Одредбе овог закона не односе се на јонизујућа зрачења природног порекла из свемира на нивоу тла, земљине коре и људског организма, ако таква зрачења нису промењена људским деловањем.

Неки од најважнијих подзаконских аката из области јонизујућег зрачења су:

- *Правилник о мониторингу радиоактивности* (Сл. гласник РС бр. 97/11) - Овим правилником се уређују начин и услови систематског испитивања радиоактивности у животној средини и у околини нуклеарног отпада.
- *Правилник о границама излагања јонизујућим зрачењима и мерењима ради процене нивоа излагања јонизујућим зрачењима* (Сл. гласник РС бр. 86/11) - Овим правилником су прописане врсте, начин и интервали мерења јонизујућег зрачења, садржај извештаја о мерењима и границе излагања јонизујућег зрачења.
- *Правилник о утврђивању програма систематског испитивања радиоактивности у животној средини* (Сл. гласник РС бр. 100/10) - Овим правилником утврђује се Програм систематског испитивања радиоактивности у животној средини.

Према "Правилнику о границама излагања јонизујућим зрачењима и мерењима ради процене нивоа излагања јонизујућим зрачењима" (Сл. гласник РС бр. 86/11) лицима млађим од 16 година се забрањује професионално излагање, док је лицима млађим од 18 година забрањен рад у контролисаној зони, осим у току обуке и редовног школовања. Професионалним лицима граница ефективне дозе износи 100 mSv за пет узастопних година (просечна вредност 20 mSv годишње), уз додатно ограничење да ни у једној години ефективна доза не пређе вредност од 50 mSv.

Ради обезбеђивања услова за квалитетно и ефикасно спровођење мера заштите од јонизујућих зрачења и мера нуклеарне сигурности при обављању радијационих делатности и нуклеарних активности Влада је основала "Агенцију за заштиту од јонизујућих зрачења и нуклеарну сигурност Србије", као самосталну регулаторну организацију која врши јавна овлашћења у складу са законом [Лилић, Дреновак, 2010].

Неке од надлежности Агенције су да доноси подзаконске прописе за спровођење "Закона о заштити од јонизујућих зрачења и о нуклеарној сигурности Србије", доноси програме систематског испитивања радиоактивности, обучавања и оспособљавања професионално изложених лица, за правовремену најаву акцидентата, издаје потврде о евидентирању извора јонизујућих зрачења, издаје сертификате одговорним лицима за заштиту од јонизујућих зрачења и још много тога.

6.2.2. Нејонизујуће зрачење

На основу "Закона о заштити од нејонизујућих зрачења" Министарство животне средине и просторног планирања донело је, крајем 2009. године, шест нових подзаконских аката - правилника, који детаљније регулишу ову област (Сл. гласник РС бр. 104/09). Усвајањем ових правилника заокружена је постојећа регулатива у области заштите од нејонизујућих зрачења, при чему су јасно дефинисана права и обавезе корисника извора нејонизујућег зрачења од посебног интереса, дефинисани гранични нивои, разрађене процедуре, успостављене методе испитивања и систематског испитивања.

"Закон о заштити од нејонизујућих зрачења" базиран је на досадашњим сазнањима из области заштите од нејонизујућих зрачења и на подацима о регулативи и њеном садржају у земаљама Европске уније. У земаљама Европске уније регулатива из области заштите од нејонизујућих зрачења је доста фрагментисана: постоји преко 130 закона, правилника, стандарда и препорука у области заштите од радио-фреквенцијског зрачења које су донеле поједине земље чланице. Донето је и неколико директива Европске уније, а од посебног значаја је препорука Савета Европе 1999/519/ЕС (*on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*) од 12. јула 1999.

Неки од најважнијих подзаконских аката који су донесени на основу "Закона о заштити од нејонизујућих зрачења", су:

- *Правилник о границама излагања нејонизујућим зрачењим*, (Сл. гласник РС бр. 104/2009) - Овим правилником прописују се границе излагања нејонизујућим зрачењима, односно базична ограничења и референтни гранични нивои излагања становништва електричним, магнетским и електромагнетским пољима различитих фреквенција.
- *Правилник о изворима нејонизујућих зрачења од посебног интереса, врстама извора, начину и периоду њиховог испитивања*, (Сл. гласник РС бр. 104/2009) - Овим правилником прописују се извори нејонизујућих зрачења који се сматрају изворима нејонизујућих зрачења од посебног интереса (извор који може да буде штетан по здравље људи), врсте извора нејонизујућих зрачења од посебног интереса за које је обавезно испитивање нивоа нејонизујућих зрачења, као и начин и период њиховог испитивања.
- *Правилник о садржини и изгледу обрасца извештаја о систематском испитивању нивоа нејонизујућих зрачења у животној средини* - (Сл. гласник РС бр. 104/2009).

Базична ограничења изложености становништва електричним, магнетским и електромагнетским пољима (0 Hz до 300 GHz) према "Правилнику о границама излагања нејонизујућим зрачењима" дата су у табели 6.1.

Базична ограничења излагања су ограничења у излагању временски промењивим изворима електромагнетних поља (нискофреквентни, високофреквентни, укључујући радио фреквенцијске, микро-таласне и др.) и заснована су непосредно на утврђеним здравственим ефектима и биолошким показатељима. Физичке величине којима се ова ограничења изражавају, зависно од фреквенције поља (f), јесу: густина магнетног флукса или магнетна индукција (B), густина струје (J), специфични ниво апсорбовања енергије (SAR) и густина снаге (S).

Табела 6.1. Базична ограничења изложености становништва електричним, магнетским и електромагнетским пољима (0 Hz до 300 GHz)

Фреквентни опсег (f)	Густина магнетног флукса В (mT)	Густина струје J (mA/m ²)	Специфични ниво апсорбовања енергије (SAR) (W/kg)			Густина снаге S (W/m ²)
			упросечен за цело тело	локализован на		
				главу и труп	екстремитете	
0 Hz	40					
>0-1 Hz		8				
1-4 Hz		8/f				
4-1000 Hz		2				
1000 Hz-100 kHz		f/500				
100 kHz-10 MHz		f/500	0,08	2	4	
10 MHz-10 GHz			0,08	2	4	
10-300 GHz						10

Референтни гранични нивои су нивои излагања становништва електричним, магнетским и електромагнетским пољима који служе за практичну процену изложености. Исказују се параметрима: јачина електричног поља (E), јачина магнетског поља (H), густина магнетског флукса (B) и густина снаге (S). Специфични ниво апсорбоване енергије (SAR) је веома тешко мерити па се зато мере јачина електричног (E) и магнетног поља (H) и густина снаге (S). Референтни гранични нивои дати су у табели 6.2.

Табела 6.2. Референтни гранични нивои у смислу Правилника о границама излагања нејонизујућим зрачењима

Фреквенција f	Јачина електричног поља E (V/m)	Јачина магнетског поља H (A/m)	Густина магнетског флукса B (μT)	Густина снаге (еквивалентног равног таласа) Sekv (W/m ²)	Време упросе-чења t (min)
< 1 Hz	5 600	12 800	16 000		*
1-8 Hz	4 000	12 800/f ²	16 000/f ²		*
8-25 Hz	4 000	1 600/f	2 000/f		*
0,025-0,8 kHz	100/f	1,6/f	2/f		*
0,8-3 kHz	100/f	2	2,5		*
3-100 kHz	34,8	2	2,5		*
100-150 kHz	34,8	2	2,5		6
0,15-1 MHz	34,8	0,292/f	0,368/f		6
1-10 MHz	34,8/f ^{1/2}	0,292/f	0,368/f		6
10-400 MHz	11,2	0,0292	0,0368	0,326	6
400-2000 MHz	0,55 f ^{1/2}	0,00148 f ^{1/2}	0,00184 f ^{1/2}	f/1250	6
2-10 GHz	24,4	0,064	0,08	1,6	6
10-300 GHz	24,4	0,064	0,08	1,6	68/f ^{1,05}

У односу на Препоруку Европског савета ("Council Recommendation on the Limitation of Exposure of General Public to Electromagnetic Fields (0 to 300GHz)," Official Journal of the European Communities, 1999, L199/59), наш национални Правилник

дозвољава само 40% вредности за референтне граничне нивое, било за јачину електричног поља, било за магнетну индукцију, у читавом опсегу фреквенција [Јухас и др., 2011].

6.3. Мониторинг зрачења

6.3.1. Мониторинг јонизујућег зрачења

Мониторинг јонизујућег зрачења обавља се на нивоу државе. Мониторинг се врши ради утврђивања присуства радионуклида у животној средини и процене нивоа излагања становништва јонизујућим зрачењима. Програм у Србији подразумева испитивања дата у табели 6.3.

Табела 6.3. Преглед броја узорака и врста испитивања садржаја радионуклида у узорцима из животне средине

Врста узорка	Врста испитивања	Број мерних места	Учесталост, годишње
Ниво спољашњег зрачења	Јачина амбијенталног еквивалента дозе гама зрачења	9	Континуирано
	Амбијентални еквивалент дозе гама зрачења	16	4
Ваздух	радионуклиди	7	12
Чврсте и течне падавине	радионуклиди	9	12
Површинске воде	радионуклиди	6	12
		4	4
	⁹⁰ Sr и ³ H	2	12
Речни седимент	радионуклиди	10	2
	⁹⁰ Sr	2	2
Вода за пиће	укупна алфа и бета активности	7	12
	радионуклиди	7	12
	⁹⁰ Sr и ³ H	2	4
Млеко	радионуклиди	7	12
	⁹⁰ Sr	7	12
Млечни производи, месо, житарице, поврће, дечји оброк	радионуклиди	7	2
	⁹⁰ Sr	7	2
Сточна храна: свежа и сува кабаста храна, крмна смеша	радионуклиди	7	2

Јачина амбијенталног еквивалента дозе гама зрачења у ваздуху мери се непрекидно, у току 24 h свакодневно, на висини од 1 m изнад некултивисане травнате површине у Београду, Кладову, Винчи, Палићу, Новом Саду, Златибору, Нишу, Врању и Косовској Митровици.

Мерење амбијенталног еквивалента дозе гама зрачења у ваздуху врши се ТЛ дозиметрима, постављеним на висини од 1m изнад некултивисане травнате повр-

шине са периодом замене и читавања једном на свака три месеца. Амбијентални еквиваленти дозе гама зрачења у ваздуху мере се у Београду, Винчи, Кладову, Прахову, Голупцу, Палићу, Новом Саду, Сремској Митровици, Обреновцу, Ужицу, Краљеву, Крагујевцу, Зајечару, Нишу, Лазаревцу и Пироту.

Узорци за испитивање садржаја радионуклида у ваздуху (узорци аеросола) узимају се непрекидно у току 24 сата, сваког дана, просисавањем најмање 300 m³/h ваздуха, кроз филтер-папир познате ефикасности, на висини од 1 m изнад некултивисане травнате површине. Узорци аеросола узети у току једног месеца спајају се на крају месеца у збирне месечне узорке. Узорци аеросола за испитивање садржаја радионуклида узимају се у Београду, Винчи, Суботици, Нишу, Златибору, Зајечару и Врању.

Узорци чврстих и течних падавина сакупљају се непрекидно у току једног месеца на висини од 1 m изнад тла узоркивачем чија је површина најмање 0,6 m². При сакупљању узорака региструје се и количина падавина. Испитују се збирни месечни узорци. Узорци падавина узимају се у Београду, Винчи, Суботици, Новом Саду, Нишу, Зајечару, Крагујевцу, Златибору и Врању.

Узорци површинских вода и седимената за испитивање садржаја радионуклида узимају се свакодневно у Дунаву код Бездана, Земуна, Винче и Прахова, Сави код Сремске Митровице и Београда, Нишави код Пирота, Тиси код Кањиже, Тимоку код Књажевца и Дрини код Лознице.

Узорци воде Дунава и Саве испитују се на збирним месечним узорцима. Узорци воде Нишаве, Тисе, Тимока и Дрине испитују се на збирним тромесечним узорцима. У узорцима воде узетим из Дунава (код Бездана) и Саве (код Сремске Митровице) врши се одређивање ³H и ⁹⁰Sr у збирном месечном узорку.

Узорци седимената узимају се једанпут сваких шест месеци, на дубини од 0 до 10 cm од дна. У узорцима седимента узетим из Дунава (код Бездана) и Саве (код Сремске Митровице) врши се испитивање садржаја ⁹⁰Sr.

Узорци воде за пиће из водовода који служи за снабдевање водом насеља са више од 100.000 становника узимају се свакодневно, и у збирним месечним узорцима се врши мерење укупне алфа и укупне бета активности. Садржај радионуклида у води за пиће из водовода који се снабдевају водом из Дунава и Саве, у чијем се узводном сливу налазе нуклеарни објекти, испитује се и одређивањем садржаја ⁹⁰Sr и ³H у збирним тромесечним узорцима

Узорци животних намирница узимају се у Београду, Суботици, Новом Саду, Нишу, Ужицу, Зајечару и Врању. Узорци млека узимају се свакодневно из откупне мреже млекара, а анализирају се збирни месечни узорци из сваког наведеног места посебно. Узорци животних намирница узимају се из примарне производње и садржај радионуклида испитује се према дозревању вегетације и узгоју (за месо).

Посебно се узимају композитни мешани узорци дечје хране из друштвене исхране (дечји вртићи, четири узорка годишње) у Београду, Новом Саду и Нишу. Узорци животних намирница испитују се специфичним одређивањем садржаја ⁹⁰Sr.

Испитивање садржаја радионуклида у свим узорцима врши се гамаспектрометријски.

6.3.2. Мониторинг нејонизујућег зрачења

Мониторинг нејонизујућег зрачења подразумева мерење утицаја објеката ниских (опсега између 0 и 10 kHz) и високих (опсег зрачења од 10 kHz до 300 GHz) фреквенција. Извори ниских фреквенција су најчешће трансформаторске станице и далеководи, а високих базне станице мобилне телефоније, односно предајници РТВ програма.

Приликом одабира мерних тачака треба разматрати оне тачке које представљају места највеће изложености нејонизујућем зрачењу (нпр. подручја стамбених зона у којима се особе могу задржавати и 24 сата дневно-школе, домови, предшколске установе, породилишта, болнице, туристички објекти, дечија игралишта). По доласку на локацију извора разгледа се терен, уочи оријентација постављених антена, препреке и положај зграда у односу на извор зрачења и на основу тога се одређују мерна места. Свако мерно место се идентификује географским координатама, детаљно опише и, по могућности, фотографише. Мерна места се могу одредити и брзим in-situ мерењима. Тачка мерења треба да је на висини од 1,5 m од земље (пода) [Hel-sinki, 2007, Извештај Војводина, 2014].



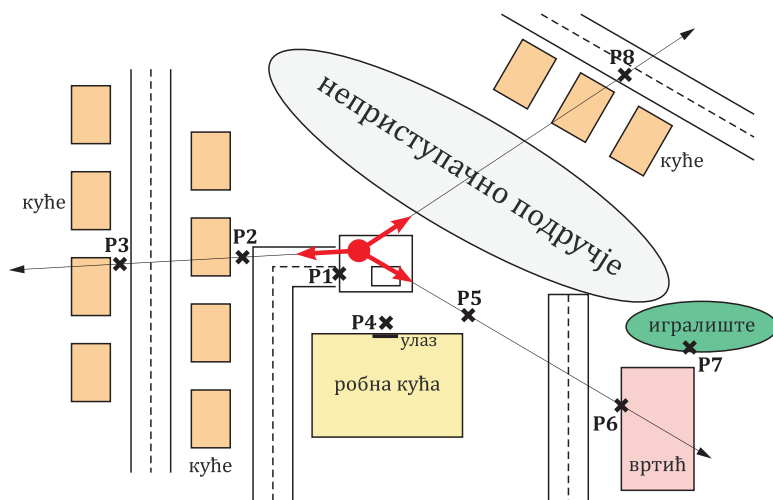
Слика 6.3. Извор нискофреквентног зрачења (лево) и извор високофреквентног зрачења (у средини и десно)

Уобичајено се мерна места распоређују у кружном опсегу око извора зрачења, слика 6.4. [Van Wyk, 2011], а начин мерења је дат на слици 6.5.

При симултаном излагању пољима различитих фреквенција (у присуству више извора зрачења) узима се у обзир збирни ефекат утицаја извора. Утицај једног извора се одређује као квадратна вредност односа измерене вредности и одговарајућег референтног граничног нивоа.

Италија, Шпанија, Португал, Велика Британија и Египат су успоставили интегрисани мониторинг систем нејонизујућег зрачења. Типична мониторинг мрежа за континуирано праћење зрачења приказана је на слици 6.6.

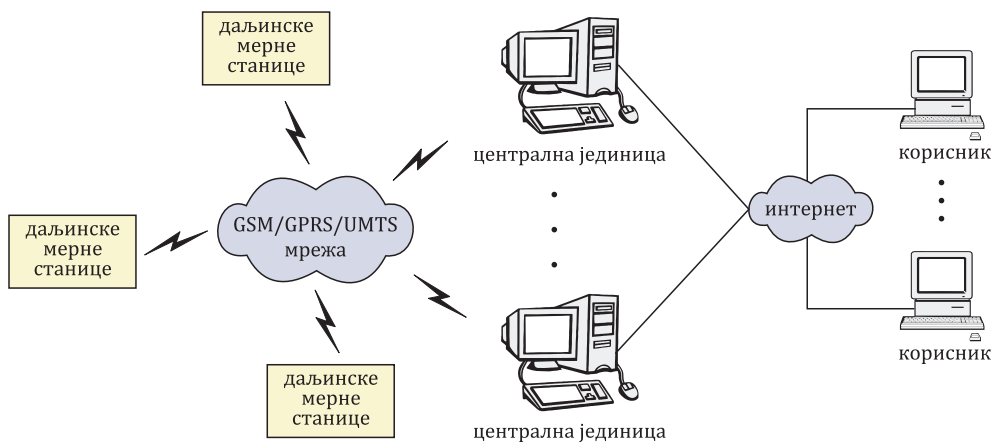
Мрежа се састоји од даљинских мерних станица и једне или више централних јединица. Свака станица комуницира са централном јединицом путем јавне бежичне мреже GPS-а, GPRS-а. Практично, инсталирање мониторинг мреже за праћење нејонизујућег зрачења је могуће где год допире сигнал мобилног оператера. Централна јединица контролише станице, чува податке мерења које добија и објављује их на интернету тако да им може свако приступити.



Слика 6.4. Распоред мерних тачака око извора нејонизујућег зрачења

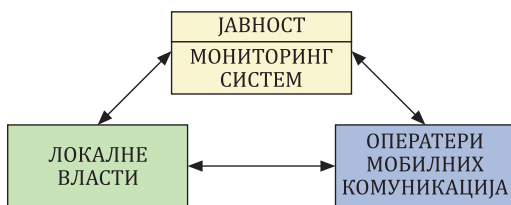


Слика 6.5. Практично мерење нејонизујућег зрачења на мерном месту



Слика 6.6. Мониторинг мрежа за континуирано праћење нејонизујућег зрачења

Централна јединица ове мреже представља сервер рачунар који има модем за бечичну мрежу и неопходан софтвер за контролисање станица и скидање измерених података, њихово похрањивање у меморији и њихово објављивање на сајту [Gotsis et al., 2008].



Слика 6.7. Партнери у развоју система

Огромна предност мониторинг система је та што се остварује брза комуникација свих учесника "у троуглу": јавност- локалне власти- оператери мобилних комуникација (слика 6.7). Контролни софтвер омогућава потпуно аутоматизован систем рада са широким избором подешавања, које дефинише корисник. Различити прагови за оглашавање аларма се такође могу подешавати. Резултати се обично снимају аутоматски и периодично, на пример на свака 24 h, што зависи од индивидуалног подешавања [Вулевић. Белић, -].

6.4. Опрема за мониторинг зрачења

6.4.1. Опрема за мониторинг јонизујућег зрачења

Зрачење је одувек било присутно у животној средини и у нашим телима. Људско тело не може да осети присуство зрачења, али постоји велики број инструмената способних да детектују и најмање количине како природног, тако и вештачког зрачења. Зрачење се детектује, идентификује и мери. Принцип рада свих мерила јонизујућих зрачења се заснива на одговору на енергију депоновану зрачењем у њиховом материјалу.

"Одлуком о условима које морају испуњавати правна лица за вршење мерења ради процене степена изложености јонизујућим зрачењима лица која раде са изворима зрачења, пацијената и становништва" ("Сл. лист СРЈ", 45/97) прописани се услови које у погледу кадра, опреме и простора морају да испуњавају правна лица која врше мерења ради процене степена изложености јонизујућим зрачењима, лица која раде са изворима јонизујућих зрачења или су у току рада изложена дејству јонизујућих зрачења.

За дозиметријска мерења потребно је имати:

- преносне дозиметре за мерење јачине еквивалентне дозе гама зрачења, нискоенергетског гама и X-зрачења,
- преносни монитор контаминације, са сетом сонди за алфа, бета, нискоенергетско гама и гама зрачење,

- преносни уређај за узимање узорака ваздуха, и
- инструменте за мерење активности филтера и брисева (алфа, бета и гама бројаче и гама и алфа спектрометре).

Детектори могу бити електрични и неелектрични, у зависности од тога који коначни ефекти служе као индикација проласка зрачења. На електричним детекторима информације о зрачењу добијају се као континуирана струја или као низ електричних импулса. На неелектричним детекторима се информације о зрачењу добијају преко хемијских, топлотних или светлосних промена изазваних зрачењем [Никчевић, Анђелић, 2011].

Детектори који дају појединачне информације о проласку јонизујућег зрачења кроз ефикасну запремину називају се бројачи. Бројачи директно броје честице зрачења које су реаговале са детекционом средином без обзира на њихову енергију. Најчешће су у употреби гасни детектори. Детектори који поред тога што броје честице могу и да одреде њихову енергију називају се спектрометри. Овде спадају сцинтилациони, полупроводнички - силицијумски и германијумски.

Рад сцинтилационог бројача, слика 6.8, заснован је на својству супстанце да под утицајем радиоактивног зрачења изазивају сцинтилацију (светлуцање) малог интензитета.



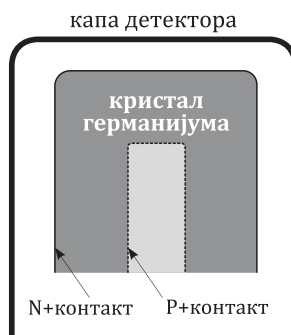
Слика 6.8. Сцинтилациона комора

При проласку кроз супстанцу, наелектрисане честице узрокују јонизацију и прелазак атома у нормално (основно) стање, при чему атоми испуштају видљиву светлост у облику светлуцања. Светлосни сигнали се затим претварају у електричне импулсе. На основу броја и амплитуде тих импулса одређују се интензитет и енергија радиоактивних честица. Помоћу сцинтилационог бројача региструју се брзи електрони и гама-фотони [Ходолич и др., 2009].

Полупроводнички детектори су базирани на кристалу полупроводничког материјала, најчешће силицијума и германијума. Основни принцип рада полупроводничких детектора је аналоган гасним детекторима. Предност полупроводничких детектора је то што је средња енергија потребна да креира пар електрон - шупљина око десет пута мања него за стварање јонизационог пара унутар гаса. Због веће густине самог материјала имају већу зауставну моћ.

За детекцију гама зрачења, више се користи германијум него силицијум, због његовог већег редног броја ($Z_{Si}=14$, $Z_{Ge}=32$). Пресек за фотоелектрични ефекат је

због тога око 60 пута већи код германијума него код силицијума. Кристал германијума мора бити охлађен на ниске температуре због мање ширине забрањене зоне. Међутим, ова неповољност је компензована већом ефикасношћу германијумских детектора. Германијумским детектором могуће је детектовати и наелектрисане честице. На слици 6.9 је приказан пресек типичног коаксијалног германијумског детектора.



Слика 6.9. Конфигурација коаксијалног германијумског детектора

Кристал германијума се налази у вакууму. Кућиште је од алуминијума, обично дебљине 1,5 mm. Са унутрашње стране је P+ контакт дебљине око 0,3 μm , док је N+ контакт дебљи и износи 0,9 mm.

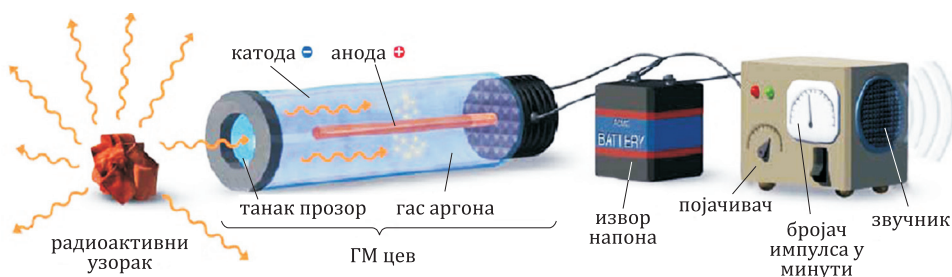
Напредак у полупроводничкој технологији је дошао са могућношћу израде скоро чистог германија. Развијене су методе којима се постиже веома низак ниво нечистоћа (примеса) у германијуму ($\sim 10^{16} \text{ m}^{-3}$). Добијени материјал п -или v -типа познат је као HPGe (*енг. High-Purity Germanium - германијум високе чистоће или беспримесни германијум*). HPGe детектори најчешће се користе као тотално осиромашени детектори и имају активну запремину ширине ~ 1 cm. Беспримесни германијумски детектори имају P и N структуру осетљиву на гама - и X - зрачење. PN - спој је инверзно поларизован те се на тај начин креира јако електрично поље унутар беспримесног слоја. Када фотон доспе у беспримесни слој долази до интеракције са електронима беспримесног слоја. Овде се креира велики број парова електрон - шупљина, те се под утицајем јаког електричног поља врши прерасподела наелектрисања. Количина створених парова електрон-шупљина пропорционална је енергије упадног фотона. Под утицајем фотона ствара се струјни импулс који се даље води на претпојачивач. Обично је сам претпојачивач смештен у кућиште детектора.

Основна примена германијумских детектора је гама спектроскопија. Данас, германијумски детектори нуде најбољу резолуцију за детекцију енергије гама кванта у интервалу енергија од неколико електронволта (eV) до 10 MeV.

Уређаји за мерење доза и јачине доза називају се дозиметри. Служе за контролу индивидуалног озрачивања (лични дозиметри) и за мерење доза у пољима зрачења.

Монитори зрачења откривају и мере општи ниво зрачења и ниво контаминације радних површина, ваздуха и других средина. За ову сврху користе пропорционални, Гајгер-Милерови, сцинтилациони а сада све више и полупроводнички детектори [Никчевић, Анђелић, 2011].

Рад Гајгер-Милеровог (ГМ) бројача је заснован на јонизационим ефектима. Погодан је за употребу и врло је јефтин. Стаклен, изнутра посребрен, или метални суд цилиндричног облика испуњен је неким племенитим гасом под сниженим притиском, слика 6.10. Катода је цилиндричног облика, а анода је танка жица постављена дуж цилиндра. Електроде су прикључене на извор једносмерне струје, високог напона, који образује јако електрично поље. При проласку радиоактивног зрачења, гас у бројачу се јонизује. Јони долазе до електрода (електрони на аноду, а позитивни јони на катоду). Тиме се струјно коло у бројачу затвара и појављује се напонски импулс. Уређајем за бројање импулса (скалер) се броје напонски импулси настали у одређеном временском интервалу. На основу тога добија се информација о интензитету зрачења. У зависности од врсте Гајгер-Милеровог бројача, могу се детектовати алфа, бета и гама честице [Ходолич и др., 2009].



Слика 6.10. Гајгер-Милеров бројач

6.4.2. Опрема за мониторинг нејонизујућег зрачења

Када је у питању нејонизујуће зрачење, разликују се :

1. мерачи ниских фреквенција
2. мерачи високих фреквенција
3. инструменти за мониторинг неког ширег подручја

6.4.2.1. Нискофреквентни мерачи

Један од представника нискофреквентних мерача јесте EFA-300 мерач који је идеални анализатор електромагнетног поља за теренске услове. Овај мерач има интегрисане изотропске, магнетне сонде. Спољне сонде се могу накнадно накачити за неке додатне функције. EFA-300 инструмент (слика 6.11) садржи изотропски коцкасти Е-модул који садржи сензор и струјно коло које му омогућава независан рад у односу на базу јединицу. Уз помоћ базе јединице се читавају резултати у реалном времену и управља функцијама модула. Сва мерења се могу очитати и сачувати на компјутеру. Велика погодност Е-модула је што знатно ума-

њује утицај људског тела на електрично поље током мерења. Опсег осетљивости ово инструмента се креће од 5 Hz -32 kHz [Narda-1, Наумовић Вуковић, 2009, ...].



Слика 6.11. Нискофреквентни мерач EFA-300

Поред овог нискофреквентног инструмента, постоје још неки слични комерцијални мерачи попут ELT-400 (за опсеге фреквенција од 1-400 Hz), ENP-50D (за фреквенције до 100 Hz). Сви ови инструменти су погодни за мерења како у затвореним просторијама при индустријским постројењима, тако и за шира подручја на отвореном.

6.4.2.2. Високофреквентни мерачи

Један од представника високофреквентних мерача је комерцијални инструмент ознаке NBM-520. Овај инструмент обухвата широк опсег фреквенција од 100 kHz до 60 GHz. Инструмент је практичан и једноставан за употребу и врло је прецизан. Постоји више сонди које се каче на базу јединицу, у зависности од опсега фреквенције која се мери (слика 6.12). Сонде се калибришу независно од инструмента, те се могу користити и са другим моделима. Као и код осталих преносивих мерача, све измерене вредности се могу похрањивати у рачунару [Narda-2, -].



Слика 6.12. Високофреквентни мерач NBM-520

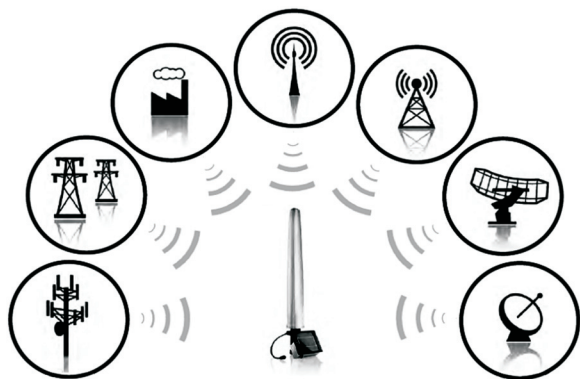
Још неки комерцијални модели високофреквентних мерача су NARDALERT S3 (100 kHz до 60 GHz), NBM-550 (100 kHz до 60 GHz), SRM 3006 (9 kHz до 6 GHz) итд (слика 6.13).



Слика 6.13. Различити модели комерцијалних високофреквентних мерача

6.4.2.3. Инструменти за мониторинг неког ширег подручја

Ови инструменти имају комерцијални назив EMF (electromagnetic fields) монитори (слика 6.14). EMF мониторинг систем је сачињен од серије EMF монитора и погодан је за континуирани мониторинг. Ови монитори чувају податке које измере и у одређеним интервалима их шаљу ка централним јединицама (компјутерима).



Слика 6.14. EMF Монитор



Слика 6.15. Соне за магнетно и електрично поље

Одлукују се робусношћу, мобилношћу, ниским оперативним трошковима, независношћу и стабилним радом у атмосферским условима. Постоји широк избор сонди у зависности од фреквенција које се мере (од 100 kHz до 7 GHz). Такође, постоје и специјалне сонде за изразито ниске фреквенције од 5-10 Hz, а могуће је комбиновати и две сонде истовремено, нпр. једну за магнетно и једну за електрично поље и омогућити рад у тзв. дуалном режиму (слика 6.15) [Narda-3, -].

Под овим инструментима мисли се првенствено на инструменте за мерење имисије.

Питања за понављање:

1. Шта је зрачење?
2. Како се дели јонизујуће, а како нејонизујуће зрачење?
3. Која су то два главна законска акта у Србији из области јонизујућег и нејонизујућег зрачења?
4. Набројати неке од најчешће коришћених инструмената за мерење јонизујућег зрачења!
5. На ком принципу ради Гајгер-Милеров бројач?
6. Које групе инструмената за мерење нејонизујућег зрачења постоје?

Литература

- [1] **EPA**, (-), Ionization and Non-Ionization Radiation, U.S. Environmental Protection Agency, http://www.epa.gov/radiation/understand/ionize_nonionize.html
- [2] **Кањевац Миловановић К., Миливојевић Ј.**, (2010), Утицај електромагнетног зрачења на здравље и квалитет живота људи, Биоген
- [3] **Белић Д.С.**, (1994), Физика и екологија, Физички факултет Универзитета у Београду, Студио плус, Београд
- [4] **Lakowicz J. R.**, (2009), Principles of Fluorescence Spectroscopy, Springer Science & Business Media, New York
- [5] **Величковић Д.**, (1998), Електромагнетна зрачења 2- Оптичко зрачење, Факултет заштите на раду Универзитета у Нишу, Ниш
- [6] "Закон о заштити од јонизујућих зрачења и о нуклеарној сигурности", Сл. гласник РС бр. 36/2009 и 93/2012
- [7] "Закон о заштити од нејонизујућих зрачења", Сл. гласник РС бр. 36/2009
- [8] "Правилник о мониторингу радиоактивности", Сл. гласник РС бр. 97/11
- [9] "Правилник о границама излагања јонизујућим зрачењима и мерењима ради процене нивоа излагања јонизујућим зрачењима", Сл. гласник РС бр. 86/11
- [10] "Правилник о утврђивању програма систематског испитивања радиоактивности у животној средини", Сл. гласник РС бр. 100/10
- [11] **Лилић С., Дреновак М.**, (2010), Еколошко право, Правни факултет Универзитета у Београду, Београд
- [12] European directive EC/519/1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), (1999), Official Journal of the European Communities
- [13] "Правилник о границама излагања нејонизујућим зрачењима", Сл. гласник РС бр. 104/2009
- [14] "Правилник о изворима нејонизујућих зрачења од посебног интереса, врстама извора, начину и периоду њиховог испитивања", Сл. гласник РС бр. 104/2009
- [15] "Правилник о садржини и изгледу обрасца извештаја о систематском испитивању нивоа нејонизујућих зрачења у животној средини", Сл. гласник РС бр. 104/2009
- [16] **Јухас А., Милутинов М., Пекарић Нађ Н.**, (2011), Искуства у примени правилника о нејонизујућим зрачењима, Телекомуникације Но. 7, Београд

- [17] **Анон**, (2007), Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz – 300 GHz), (2007), Electronic Communications Committee (ECC), Helsinki
- [18] **Анон**, (2014), Извештај о извршеном мерењу нивоа нејонизујућих зрачења у нискофреквентном подручју на територији АП Војводина за 2014. годину, Институт ватрогас доо, Нови Сад
- [19] **Van Wyk M.**, (2011), Application of the IEC 62232 standard to EMF measurements around cellular base stations, ITU Workshop on "Practical measurement of EMF exposure", Gaborone, Botswana
- [20] **Gotisis A., Papanikolaou N., Komnakos D., Yalofas A., Constantinou P.**, (2008), Non-ionizing electromagnetic radiation monitoring in Greece, Springer Verlag, France
- [21] **Вулевић Б., Белић Ч.**, (-), Електромагнетска поља у животној средини, ЈР "Нуклеарни објекти Србије", Београд
- [22] "Одлука о условима које морају испуњавати правна лица за вршење мерења ради процене степена изложености јонизујућим зрачењима лица која раде са изворима зрачења, пацијената и становништва", "Сл. лист СРЈ", 45/97
- [23] **Никчевић М., Анђелић Т.**, (2011), Упутство за детекцију и поступање са изворима зрачења и за проверу функционисања дозиметријске опреме, Подгорица
- [24] **Наумовић Вуковић Д., Павловић А., Шкундрић С., Костић В.**, (2009), Еталонирање мерила за мерење густине наизменичног магнетског поља, Електропривреда, Vol. LXI, No. 3, стр. 97-102, Београд
- [25] **Narda-1, (-)**, Brochure for isotropic measurement of magnetic and electric fields - Field Analyzers EFA-300, Narda Safety Test Solutions
- [26] **Narda-2, (-)**, Brochure for measuring magnetic and electric fields - Narda broadband field meter NBM-520, Narda Safety Test Solutions
- [27] **Narda-3, (-)**, Brochure for Continuous, remote monitoring and logging of electromagnetic fields - Narda EMF monitors AMB-8059, Narda Safety Test Solutions

7. МОНИТОРИНГ ЗЕМЉИШТА

Шта се може сазнати и научити читајући ово поглавље:

- намена, грађа, функција, врсте и поделе земљишта
- опасности по земљиште,
- индикатори загађености земљишта,
- најважнија законска акта везана за мониторинг земљишта,
- врсте узорака, узорковање и обрада узорака,
- опрема за узорковање,
- мониторинг загађених земљишта,
- мониторинг земљишта у Србији.

7.1. Опште о земљишту

7.1.1. Појам, садржај и функција

Појам "земљиште" има различите одреднице, у зависности у ком контексту се употребљава, тачније у којој области људског живота се говори о овом површинском слоју земљине коре. Грађевинска струка, говори о "земљи" и "земљаним радовима", дакле о материјалу, са којим нешто треба урадити, а свакако у неком виду је ископати и преместити [Врвић и др., 2007]. Рудари стартују са "земљом" коју прекрсте у откривку, ископају је и трајно одложе на "земљиште" у суседству и настављају своје радове "по дубини". Педолозима је земљиште површински слој литосфере, настало на матичној-основној стени у којем се стално одигравају савремени процеси његовог настајања-педогенезе, под дејством климатских, временских, физичких, физичко-хемијских и хемијских услова и биолошких чинилаца, чиме је добио плодност, односно на и у њему може да расте и развија се вегетација. Земљиште има више вертикалних хоризоната, чија дебљина може да буде различита, али је практично значајна дубина до око 2 m. Дубине испод 2 m постају интересантне за рударску производњу.

Земљиште је комплексан, зрнасти, вишефазни систем, који садржи сва три агрегатна стања, а по природи компоненти састоји се од неорганског, органског и биолошког материјала. Запремински удео појединих компоненти је:

- **чврста неорганске компоненте**, око 45%,
- **органски** део, укључујући и биолошку фракцију, око 5%,
- **вода и гасна фаза**, око 50%.

Неорганске компоненте су доминантно **секундарни глиновити** минерали матрице, минерали изворне стене, вода и гасовите компоненте **ваздуха**, али и гасови који су производ биохемијских процеса у њему, као што је повећана концентрација угљен-диоксида, као и појава метана, угљен-моноксида и водоник-сулфида у нижим слојевима.

Доминантна, **органска супстанца** у земљишту је **хумус**. То је сложена полимерна органска супстанца настала од органског материјала, првенствено биљака и у себи садржи везане бројне катјоне, као што су натријум, калијум, алуминијум, гвожђе. Органски угљеник хумуса, углавном је недоступан за биљке и највећи број земљишних микроорганизама.

Најзначајнија **биолошка компонента** су **микроорганизми**, међу којима су најзаступљеније бактерије и гљиве, као кључне карике у биогеохемијским циклусима, без којих би површина Земље била прекривена одумрлим биљкама и лешевима животиња. Без микроорганизама не би било плодности земљишта, као ни педосфере, која се стално мења и настају нове количине и слојеви земљишта као (не)обновљивог ресурса.

Брзина настанка педосфере, односно трансформације литосфере у ову танку људску наше планете, захваљујући којој постоје главне угљенохидратне намирнице, зависи од природних фактора и утицаја човека [Врвић и др., 2007].

Основне функције земљишта су:

- производња хране и биомасе
- чување, филтрирање и трансформације
- станиште/пребивалиште
- хумана околина
- извор сировина

У зависности од врсте и степена развијености свакој врсти земљиште треба из различитих потреба.

Микробима земљиште обезбеђује:

- **храну**, већина микроба се храни органским материјама из земљишта.
- **простор**, крупним организмима, попут нематода и инсеката, је потребно да имају довољно простора да би се могли кретати кроз земљиште.
- **ваздух**, већина организама захтева ваздух, мада неки могу живети и у мањку кисеоника.

Биљкама земљиште треба:

- као **подлога за микробиолошке активности** неопходне за раст биљака,
- као **подлога**, са минималним отпором, за продирање корена,
- као **ретензија за воду** која обезбеђује адекватну аерираност,
- за **измену ваздуха** са атмосфером,
- као **отпор на ерозију**,
- као **извор минералних и органских нутријената**,

Животињама и људима земљиште треба:

- за **раст здравих биљака**,
- обезбеђује основне **нутријенте** за здраве животиње.

Свим организмима је потребно:

- **низак ниво токсичних компонената**,
- **филтрирање воде и ваздуха**.

7.1.2. Опасности по земљиште

Основне опасности по земљиште су: ерозија, смањење органске супстанце, онечишћење (полуција), смањивање површина, збијање/беструктурност, смањење биолошке разноликости, закисељавање/алкализација/салинизација, поплаве и одрони. Класификација оштећења земљишта дата је у табели 7.1 [Башић, 1994].

Табела 7.1. Класификација оштећења

Степен оштећења: СЛАБО, лако обновљиво, реверзибилно	
Врста оштећења	деградација у интензивној ораничној производњи
Процеси оштећења	деградација физичких, хемијских и биолошких особина, деградација хидро-мелиорацијом
Последице оштећења	поремећај односа вода-ваздух, отежана пенетрација корена, пад приноса, закисељавање, фитотоксични ефекти, смањење биогености, поремећен однос физиолошких група микро-организама
Степен оштећења: СРЕДЊЕ ТЕШКО, Обновљиво - условно реверзибилно	
Врста оштећења	загађење - контаминација
Процеси оштећења	тешки метали и потенцијално токсични елементи, остаци пестицида, РАН, петрохемикалије, радионуклиди, ацидификација
Последице оштећења	храна неупотребљива за анималну и људску исхрану, смањење раста биљака, фитотоксични ефекти, угрожени екосистеми
Степен оштећења: ТЕШКО, Необновљиво, неревверзибилно	
Врста оштећења	премештање (транслокација)
Процеси оштећења	ерозија, рударски радови, одношење тла, позајмишта, прекривање отпадом, прекривање другим тлом, оштећења шумским пожарима
Последице оштећења	губитак дела тла, промена стратиграфије профила, смањење производних површина, сметње у обради, повећана хетерогеност педолошких слојева, повећани трошкови производње, смањен принос, угрожени други еко системи
Степен оштећења: НЕПОВРАТАН, трајни губитак	
Врста оштећења	пренамена
Процеси оштећења	изградња урбаних подручја, индустрија, саобраћајнице, аеродроми, хидро-акумулације
Последице оштећења	губитак површина, смањена производња

Узроци пропадања су: прекомерна испаша (35%), пољопривредне делатности (29%), крчење шума (28%), прекомерно искориштавање (7%) и остало (2%). Учешће глобалних процеса у деградацији [Gruver, 2013] изгледа овако: ерозија водом (57%), ерозија ветром (27%), хемијско пропадања (12%) и физичко пропадање (4%).

7.1.3. Начини загађивања земљишта

Путеви хемијског загађивања су приказани у табели 7.2 [Walker, 2012].

Табела 7.2. Путеве хемијског загађивања

Путеве загађивања	Главни загађивачи	Коментар
Одлагање отпада (ђубришта, депоније,...)	Широк опсег загађивача	Појављују се специфични загађивачи као што су уља, метали, РСВ...
Примена пестицида на пољима и шумама	Инсектициди, родентициди, хербициди и фунгициди у облику спреја, прашине, код припреме семена итд.	Неке државе стриктно регулишу употребу пестицида
Контрола и сузбијање инсеката	Инсектициди	Најчешће је повезано са сузбијањем маларичних комараца и це-це мува
Заливање непречишћеном водом	Тешки метали, нитрати, детергенти	
Плављење река или мора	Различити загађивачи, укључујући и загађиваче из канализације	
Преципитација из ваздуха у облику прашине и падавина (киша, снег)	Полутанти удружени са прашином, киселим кишама, пестицидима	Транспорт полутаната је могућ и на малим и на великим удаљеностима

Не улазећи и проблеме загађивања током пољопривредне производње (нпр. прекомерно коришћење ђубрива или хербицида) основни проблеми загађења које окружује индустријска постројења везано је за промене под утицајем загађивача које носи вода и ветар. С једне стране, воде могу повећати киселост било да до њега стигну као подземне или у облику падавина, а са друге стране воде могу да спирају неке елементе са земљишта, нпр. фосфор и азот, чиме битно умањују квалитет и истовремено загађују воде до којих ови елементи доспеју.

Праћење и спречавање загађивање земљишта је нарочито важно јер се земљиште третира као (не)обновљиви природни ресурс [Гајић и др., 2006, Гулан и др., 2005]. Ако се пореди са водом и ваздухом, онда је јасно да ће се престанком загађења реке живот у њој обновити, престанком загађења ваздуха оштећена биоценоза ће се регенерисати, док једном загађено земљиште остаје изгубљено за многе генерације.

7.2. Индикатори стања земљишта

Индикатори могу бити **квалитативни** (нпр. дренажање воде се може описати као брзо, споро итд.) и **квантитативни** (брзина инфилтрације је 1 m/h). Дакле, неки индикатори су описни (дескриптивни), а неки се одређују лабораторијским анализама и техникама.

Општи критеријуми који се користе за избор индикатора квалитета земљишта су [Moebius et al., 2007]:

- осетљивост, тј. учесталост третмана који имају ефекта,
- прецизност методе мерења,

- релевантност у погледу функционалност земљишта, нпр. аерисаност, инфилтрација/проток воде, ретензија воде, продирање корена,
- лакоћа и трошкови узорковања, и
- трошкови анализе.

Доран и Паркин [према Karlen et al., 2003] су дефинисали карактеристике идеалних индикатора:

- добра корелација са процесима у екосистему,
- интегришу физичке, хемијски и биолошке карактеристике и процесе,
- расположиви за многе кориснике,
- осетљиви на управљање и климу,
- укључени су у постојеће базе података, и
- могуће их је интерпретирати.

Мониторинг земљишта се организује из више, веома различитих, разлога [Van-Camp et al., 2004]. Најчешће се мониторинг организује ради сагледавања:

- стања (здравља) шума,
- контаминације земљишта,
- ђубрења пољопривредног земљишта,
- еколошког ризика,
- утицаја киселих киша,
- деградације земљишта, итд.

Сагласно намени бирају се и индикатори мониторинга.

До индикатора који најбоље дефинишу квалитет земљишта долази се дуги низ година. Као потенцијалне индикаторе квалитета земљишта Ларсон и Пирс [према Karlen et al., 2003] су 1991. издвојили: капацитет сорпције фосфата, капацитет јонске измене, промене у органском саставу, запреминска густина, водни капацитет, порозност, хидрауличка проводљивост, збијеност, водопропустљивост (у сатурисаним условима), производност и дубина корења.

Минимални сет индикатора квалитета земљишта из 1994 [Doran, Parkin, 1994] подразумевао је индикаторе приказане у табели 7.3.

Табела 7.3. Минимални сет индикатора из 1994.г.

Физички индикатори	Хемијски индикатори	Биолошки индикатори
Површински слој и дубина корења	Садржај органске компоненте	Микробиолошка биомаса С и N
Текстура	pH	Респирабилност
Инфилтрација	Електропроводљивост	Потенцијална минерализација N
Запреминска густина	Екстрактибилност N, P и K	
Водни капацитет		

Ален и др. [Allen et al., 2011] су извршили компилацију индикатора квалитета земљишта из више радова, а скупни резултат је приказан у табели 7.4.

Табела 7.4. Индикатори квалитета земљишта

Индикатор		На шта утиче	Однос према окружењу	Укљученост у сет индикатора	
Физички	Структура	Стабилност агрегата, промена органске материје	Агрегација, збијеност, индикатор хемијске ретензије и транспорта	Често	
	Порозност	Капацитет за ваздух, расположивост воде за биљке, пољски релативни капацитет	Стварање коре, смањење клијавости семена, аерације и упијање воде	Повремено до често	
	Инфилтрација	Расположивост и проток воде	Потенцијал за излуживање, производњу и ерозију	Повремено	
	Запреминска густина	Структура, компактност	Волуметријска основа за извештавање	Често	
	Дубина земљишта и корења	Капацитет расположиве воде за биљке, сланост	Производни потенцијал, тренд неподвижних догађања у дугом периоду	Повремено	
	Расположивост и дистрибуција воде за биљке	Капацитет, проток кроз макропоре, текстура	Водна и хемијска ретензија и транспорт, пропусност	Често	
	Заштитни покривач	Кретање воде и нутријената кроз земљиште, стабилност, фиксација С и N	Физичко кретање кроз земљиште, улаз и кретање органских материја	Често	
Хемијски	pH	Праг биолошке и хемијске активности	Ацидификација, заслањивање, електропроводљивост, структурна стабилност тла	Често	
	Електропроводљивост	Праг активности биљака и микроорганизама	Губитак структуре земљишта, излуживање соли	Често	
	Расположивост N, P и K биљкама	Нутријенти расположиви за биљке и могућа штета	Капацитет за раст и пропусност, опасност по окружење	Често	
Биолошки	Органске материје	лака фракције или макро-органска материја	Декомпозиција остатака биљака, складиштење и квалитет органске материје	Губитак органске материје, формирање агрегата	Често
		минерализовани С и N	Формирање макроагрегата	Укупан органски С, респирација, снабдевање нутријентима	Повремено
		метаболичка активност организама, флукс нето анорганског N из минерализације и имобилизације	Микробна активност, снабдевање нутријентима		Повремено
	Укупни С и N	Маса и биланс С и N	Структура земљишта, снабдевање нутријентима	Повремено до често	
	Респирација земљишта	Микробна активност	Микробна активност	Повремено до често	
	Микробна биомаса С и N	Микробна активност	Структура земљишта, снабдевање нутријентима, деградација пестицидима	Повремено	
	Микробна	Ефикасна употреба субстрата	Квалитет субстрата	Повремено	
	Микробни диверзитет	Кружење и расположивост нутријената		Повремено	
Остали микробиолошки индикатори, ензимска активност	Структура земљишта, слободни угљеник, K, Vmax, K, Q10	Биохемијска активност, снабдевање нутријентима	Повремено		

Усаглашавање индикатора за праћење квалитета и стања земљишта је веома комплексан посао који земље ЕУ покушавају да договоре и усагласе. Радна група сачињена од стручњака из готово свих земаља ЕУ разматрала је индикаторе квалитета земљишта и при томе усагласила следеће индикаторе који показују основне карактеристике сваког земљишта [Van-Camp et al., 2004]:

- профил земљишта, обухвата и запажања везана за структуру, збијеност, стање на површини, дубину на којој се налази водонепропусни слој, итд.
- класификација земљишта, сагласно WRB
- идентификација матичног материјала,
- планирање узорковања тако да задовољава дужи период, да се природне промене могу раздвојити од дугорочних промена,
- карактеристике терена: пад, изглед, коришћење земљишта у прошлости и сада
- усаглашавање дубине са које се узимају узорци,
- запреминска густина,
- количина и величина стенског материјала,
- гранулометријски састав,
- рН вредност (у води, у електролиту)
- капацитет катјонске измене.

Сви остали параметри спадају у групу специфичних параметара који се анализирају од случаја до случаја, односно по потреби, а односе се на угроженост земљишта од ерозије, од губитка органске материје, са ризиком од збијања, од заслањавања и/или алкализације, од клизишта, од ацидификације и од хемијског загађења. Очигледно је да је материјал који је припремила наведена радна група био основа за доношење Оквирне директиве о земљишту која је представљала и основу за доношење српске Уредбе.

Параметри на основу којих се утврђује и процењује квалитет земљишта у Србији приказани су у табели 7.5 [Ђорђевић и др., 2011]

Дакле, очигледно је да се индикатори деле на физичке, хемијске и биолошке, али је различито виђење везано за параметар који треба пратити.

Физички индикатори обезбеђују информације о хидролошким карактеристикама, као што су филтрирање и задржавање воде, што има значајан утицај на раст и развој биљака. Неки индикатори се односе на расположивост нутријената што је важно због њиховог утицаја на развој корена и аерисаност. Остали индикатори указују на еродованост терена. Индикатори који се, обично, користе су: **влажност, структура, физичка стабилност, крупноћа, боја** итд.

Влажност је последица падавина, односно резултат инфилтрације и капацитета да задржи воду која се инфилтрира. Влажност је важан индикатор зато што раст биљака и биолошка активност зависе од хидратације и растварања нутријената. Мала влажност узрокује сушу и слабе приносе и повећава излуживање у влажним условима. Претерана влажност узрокује појаву влажних, мочварних зона. Проблем мале влажности се решава повећањем учешћа органске материје и наводњавањем, а вишак смањењем органске материје и дренажањем. Влажност се прати следећим мерењима: просечни водни капацитет, капацитет задржавања воде, анализа простора пора које су испуњене водом, инфилтрацијом и праћењем забарења.

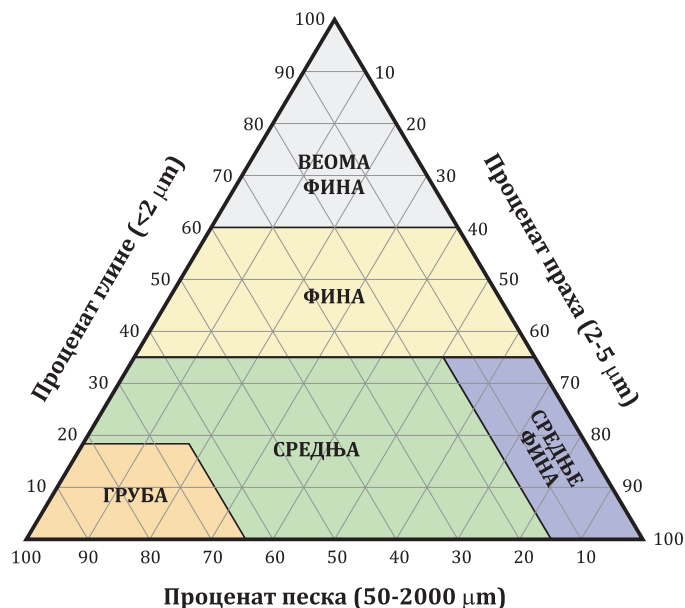
Табела 7.5. Индикатори квалитета земљишта у Србији

Параметар	Интервал узорковања, год	
	Незагађена	Потенцијално загађена
ФИЗИЧКИ ПАРАМЕТРИ		
Механички састав	3	Једнократно
Запреминска маса	3	Једнократно
Максимални капацитет земљишта за воду	3	Једнократно
Пољски водни капацитет	3	Једнократно
Тачка венућа	3	
Физиолошки активна и лакоприступачна вода	3	
Специфична маса и укупна порозност	3	
Капацитет земљишта за ваздух	3	Једнократно
Пропусност земљишта за воду	3	Једнократно
Стабилност структурних агрегата у води	3	
Збијеност земљишта	3	Једнократно
ХЕМИЈСКИ ПАРАМЕТРИ		
pH	3	3
Садржај CaCO ₃	3	3
Хидролитичка киселост	3	3
Капацитет катјонске измене (Ca, Mg, Na, K)	3	3
Садржај органске материје	3	
Органски и укупни угљеник		3
Укупни азот	3	3
NO ₃	3	
Укупни сумпор		3
Приступачни елементи у земљишту: P, K, Ca, Mg, NO ₃ , Fe, Cu, Zn, S, Mn		3
Приступачни елементи у тлу: P, K, Fe, Cu, Zn, S, Mn	3	
Укупни метали и потенцијално токсични елементи. Fe, Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Sr, Zn		3
Тешки метали и потенцијално токсични елементи. Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Sr, Zn, укупни и приступачни	3	
Ањони и катјони: NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , SO ₄ , CN		3
Електропроводљивост	3	3
Постојане органске загађујуће супстанце: ПАХ, хербициди, РСВ, хлорфеноли, ВТХ, испарљиви халоген угљоводоници		3
Укупна уља		3
Минерална уља		3
Хемијски састав подземне воде на дубини од 2 m	3	3
Остаци пестицида	3	
БИЛОШКИ ПАРАМЕТРИ		
Целулалитичка активност - целулоза тест	3	3
Активност дехидрогеназе	3	3
СО ₂ продукција	3	

Структура подразумева агрегацију (сједињеност, укрупњавање) примарних честица песка, глине и праха у секундарне честице тзв. структурне агрегате. Структура се дефинише преко запреминске густине, отпорности на продирање, анализом раста корена, порозности и дубине. Ниска запреминска густина се често посматра као добра аерисаност земљишта и ширење корења.

Физичка стабилност се прати преко силе која је потребна за дезинтеграцију агрегата. Та сила може бити безначајна код песковитих земљишта до значајна код чврстих (камених) агрегата. Стабилност зависи од присуства/одсуства цементних материја у земљишту и њихове хидрофобности [Ђирић и др., 2013].

Крупноћа исказана преко учешћа зрна испод 1 mm и изнад 10 mm је важна за земљиште. Што је учешће глине веће то је и крупноћа мања, односно што је агрегација израженија то је учешће зрна изнад 10 mm веће. Структура земљишта по крупноћи дата је на слици 7.1.



Слика 7.1. Структура земљишта по крупноћи

Боја у великој мери, указује на састав земљишта. На боју утиче количина и квалитет хумуса (даје црну боју), садржај гвожђа (црвена боја), силицијум-диоксида (сива) и калцијум-оксида и водорастворљивих соли (светла).

Хемијски индикатори дају информације о равнотежи између раствора (вода и нутријенти у земљишту) и промена (честице глине, органске материје), здрављу биљака, нутриционим захтевима биљака и расположивим животињским врстама, нивоу контаминације и могућности преношења загађења преко животиња и биљака. Индикатори укључују: **органске материје, ђубрење, реактивност, контаминацију отровима, салинитет и содицитет.**

Органске материје садрже све конституенте на бази угљеника, укључујући живе организме, труле делове биљака и хумус. Индикатор укључује мерење укупне органске материје, специфичне органске фракције и односе органских материја и минералних конституената. Органске материје су важне јер оне складиште енергију и нутријенте (хранљиве материје) које користе биљке и организми у земљи-

шту. Низак садржај органских материја условљава лошу структуру и стабилност и нема утицаја на циклус нутријената. Вишак органских материја доводи до излуживања нитрата и губљења (отицања) фосфора. Повећање органске материје постиже се, код неких смањеном обрадом, дубљом садњом култура, променом култура и смањењем ђубрења. Органске материје се одређују преко укупног органског угљеника, органских материја, укупног азота, нестабилног угљеника, појединих органских материја, односа угљеник:азот, угљеника у микробиолошкој биомаси итд.



Слика 7.2. Земљиште сиромашно нутријентима

Ђубрење земљишта је важан индикатор зато што показује који хемијски елементи недостају за нормалан раст биљака. Уобичајено се лабораторијски у земљишту одређује садржај фосфора, азота, калијума, сумпора, калцијума, магнезијума, бора и цинка. Ђубрење утиче на производњу пољопривредних култура и квалитет вода. Ако је ђубрење слабо успорен је и раст биљака. Ако је високо јавља се повећана концентрација нутријената у подземној води и долази до еутрофикације језера и других (стајаћих) вода. Уколико се додаје више ђубрива него што су потребе биљака за остваривање планираног приноса, тада долази до изласка нутријената из пољопривредног система у животну средину и до загађења животне средине (воде - надземне, подземне; ваздуха и земљишта).

За одређивање приступачног фосфора, калијума, калцијума и магнезијума врши се екстракција киселим пуферним раствором Са-лактата у HCl. Садржај фосфора се одређује колориметријски из добијеног екстракта, калијума пламеном фотометријом из амонијм-ацетатног екстракта. Електродијализом узорка земље у борној киселини екстрахују се приступачни катјони Са и Mg. Калцијум се одређује турбидиметријски уз додатак амонијум-оксалата. Магнезијум се одређује колориметријски са титан жутим индикатором у алкалној средини, уз додатак скроба као заштитног колоида. Укупни азот се одређује методом по Кјелдалу, амонијачни азот колориметријски помоћу Неслеровог реагенса, а нитратни азот истом методом помоћу фенолдисулфонске киселине.

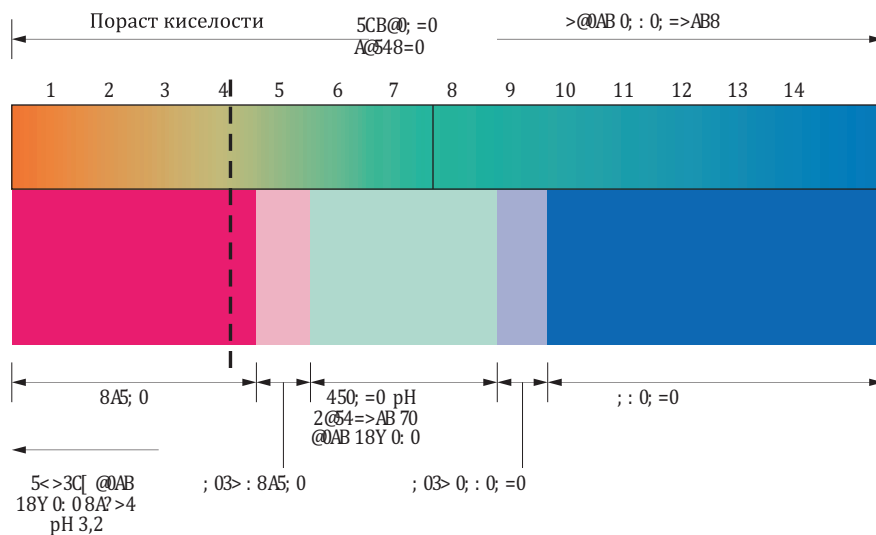
Реактивност (pH), мерење pH у првом реду је усмерено на одређивање киселости. Познавање киселости је важно зато што утиче на искористивост нутријената, токсичност и водопропустљивост. У ситуацији када је земљиште сувише кисело

(табела 7.6) јони алуминијума и мангана постају токсични, указују на дефицитарност калцијума, а раст биљака је слаб и успорен. Киселост се поправља уношењем креча или гипса и смањењем коришћења амонијачних (азотних) ђубрива.

Табела 7.6. Утицај киселости на биљну производњу

рН вредност (у КСI)	Уобичајени ефекат на биљке
6,5 (готово неутрално)	Оптimalно за многе кисело осетљиве биљке. Неки ретки елементи могу бити неискористиви.
5,5 (благо кисело)	Оптimalно за нутријенте и ретке елементе
5,0 (умерено кисело)	Испод 4,8 алуминијум може постати токсичан на неким типовима
4,5 (јакo кисело)	Алуминијум је растворљив и токсичан, манган је растворљив и може бити токсичан у зависности од температуре и влажности. Биљке не могу да узимају молибден. Активност бактерија је смањена.
4,0 (екстремно кисело)	Разбијена је структура

На основу рН вредности, земљишта су подељена у више група, слика 7.3.



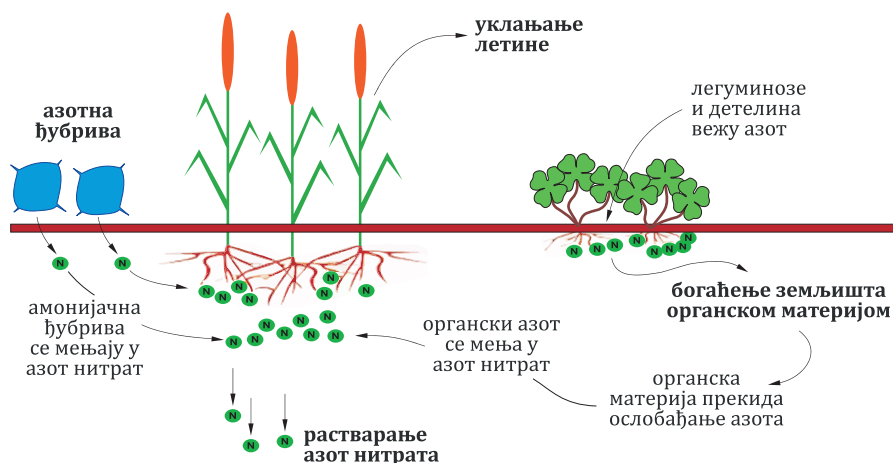
Слика 7.3. Подобности за раст биљака у зависности од рН вредности земљишта

Оптimalне рН вредности за успевање појединих воћних врста су: јабучасто (5,2-7,7), коштичаво (5,7-7,7), језграсто (6,0-7,0) и јагодасто (5,1-6,5).

Главни начини закисељавања које је изазвано процесима обраде и коришћења су [Soil Acidity]:

- уклањање пољопривредних производа,
- акумулирање органских материја,
- прекомерно коришћење азотних ђубрива,
- излуживање азота, у форми нитрата, из легуминозних култура

Графички приказ закисељавања земљишта дат је на слици 7.4.



Слика 7.4. Закисељавање земљишта

Табела 7.7. Класификација хазардних материја у земљишту

Супстанце које се природно јављају у земљишту		
Класа	Примери	
Органска	Полициклични ароматични угљоводоници (ПАН), бензен, угљен-диоксид	
Неорганска	Елементи у траговима геохемијског порекла: As, Cd, Hg, Ni, Pb, Zn, Co, Cr, Cu, Tl, W, V, Bi, Se, Mo, Cs...	
Супстанце присутне у земљишту услед људског деловања		
Класа	Тип	Примери
Органске		
Пестициди	Инсектициди	DDT, диелдрин, карбофуран
	Хербициди	2,3-D, атразин, алахлор
	Нематициди	Aldicarb, DCP
	Фунгициди	chlorothalonil
Полициклични ароматични угљоводоници (ПАН)		Бензо(а)пирен, ксилен, фенантрен...
Полихлоровани аромати	Полихлоровани бифенили РСВ	Различити арохлори
	Феноли	Пентахлорофенол (PCP)
	Полихлоровани диоксини и фурани	2,3,7,8-TCDD
Органски растварачи	ВТЕХ	Бензен, толуен, етилбензен, ксилен
Угљоводоници	Алкани	Бензен, керозин, дизел
Остало	Сурфактанти	Линеарни алкил сулфонат (LAS)
	Силикони	Полидиметил силикон (PDMS)
	Синтетска уља	Олестра
	Пластика	Bis-2-етил фталат
Неорганске		
Елементи у траговима антропогеног порекла: As, Cd, Hg, Ni, Pb, Zn, Co, Cr, Cu, Tl, W, V, Bi, Se, Mo, Cs...		

Одређивање рН вредности врши се потенциометријском методом (рН метар) или колориметријском методом (помоћу индикатора) у воденом или раствору калијум хлорида. Вредности добијене у воденом раствору су обично 0,5-0,8 јединица веће од вредности које се добијају у раствору калијум хлорида. Утицај киселости на биљну производњу дат је у табели 7.6 [Soil Acidity].

Глиновита земљишта нормално садрже алуминијум, али је његов утицај на биљке занемарљив када је рН вредност изнад 5,5 (одређено у воденом раствору). Учешће алуминијума се врши одређивањем капацитета катјонске измене или мерењем у раствору калцијум хлорида или раствору калијум хлорида.

Токсичност се одређује на бази познавања садржаја токсичних метала (арсена, бакра, цинка) и пестицида у земљишту.

Класификација хазардних материја у земљишту [Sumner M.E., 2000, према Секулић, Хаџић] дата је у табели 7.7.

Салинитет указује на вишак растворених соли у земљишту, слика 7.5. Натријум, калцијум и магнезијум најчешће чине соли са хлоридима, сулфатима и бикарбонатима. **Содицитет** је вишак натријум (у натријумским земљиштима натријум чини више од 10% свих катјона). Високи салинитет спречава раст биљака док високи содицитет води губитку структуре. Наведени проблеми се решавају додавањем гипса ради замене натријума, док се проблем растворених соли решава изградњом дренажних или иригационих система. За дефинисање ових процеса раде се следеће анализе: однос натријумове адсорпције, проценат јонске измене натријума, електрична проводљивост и садржај натријума.



Слика 7.5. Слано земљиште

Постоје писани докази да је напредна Сумерска цивилизација у Месопотамији око 2.000 г.п.н.е. пропала због заслањивања земљишта које је узроковало да је пољопривредна производња у року мањем од 100 година преполови. Прекомерно заслањивање је настало услед претераног заливања и издизањем нивоа подземне воде, како би се производња повећала [Понтинг, 2009].

Почетком 21. века процењује се да је салинизовано више од 76 милиона хектара, табела 7.8 [Биби, Бренан, 2008].

Табела 7.8. Глобалне размере салинизације

Континент	Салинизована површина у свету	
	милиона хектара	% салинизације
Азија	52,7	69
Африка	14,8	19
Европа	3,8	5
Северна и Средња Америка	2,3	3
Јужна Америка	2,1	3
Аустралија	0,9	1

Биолошки индикатори говоре о организмима који врше растварање органских материја и учествују у нутритивном циклусу. Ова група индикатора даје информације о броју организама, појединачно и по врстама, ради индикација о способности да се опорави после контаминације. Индикатори укључују следеће:

- активне органске материје, као што су микробиолошка биомаса угљеника или респирација,
- индикаторе разноврсности различитих популација у земљишту, као што су црви, нематоде и ситни чланконошци
- биолошка активност, као што је ензимска активност, потенцијал минерализације азота или респирација (производња угљен-диоксида).

Биолошка разноврсност представља број врста у тлу или биљака у окружењу. Већина земљишта природно поседује биолошку разноврсност. Разноврсност је важан индикатор зато што утиче на циклусе нутријената и паразита, утиче на развој структуре земљишта и спречавање болести и деградацију загађивачима. Земљишта имају резерву за организме који су одговорни за растварање органских материја и циклус нутријената, чинећи минималну функционалну разноврсност да обезбеди екосистем. Ако је разноврсност ниска осетљива су на појаву паразита, изостаје циклус нутријената, а агрегативност је слаба. Висока разноврсност доводи до проблема у обезбеђењу храњивих материја (нутријената). Разноврсност се може повећати садњом култура, повећањем врста и смањењем употребе пестицида.

Биолошка активност подразумева принос, стабилност приноса, однос приноса и улагања, ензимску активност, микробну биомасу и гљивичну биомасу.

7.3. Законска регулатива

Основни законски документ за мониторинг земљишта у Србији је "**Уредба о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологије за израду ремедијационих програма**" (Сл. гласник РС бр. 88/10).

Уредба је усклађена са препорукама датим у Предлогу Директиве Европске Комисије (Proposal for a Soil Framework Directive - COM(2006)232). У међувремену, маја 2014, Европска Комисија је одустала од наведеног предлога због противљења и

блокаде рада (од краја 2007) представника Велике Британије, Француске, Немачке, Холандије и Аустрије. Опоненти су убедили ЕК да је постојећа регулатива довољна и добра, те да је основни интерес фармера да одржавају своје земљиште у добром стању уз дугорочну примену свих агротехничких мера. Уместо доношења нове директиве опоненти предлажу бољу едукацију и информисање, добровољне акције, партнерство, и много значајнији мониторинг и истраживања. Тако, ЕУ данас нема кровни (оквирни) закон (директиву) везану за земљиште па се ослања на појединачне законе сваке земље чланице. Без обзира на текућа догађања у ЕУ Влада РС није повукла своју Уредбу.

Ова Уредба чини основу за доношење програма системског праћења квалитета земљишта која ће обухватити успостављање државне и локалне мреже локалитета за праћење квалитета земљишта, без пољопривредног.

Државна мрежа локалитета успоставља се за праћење квалитета земљишта на нивоу Републике Србије на локалитетима на којима је дошло или може доћи до загађења земљишта и који су од посебног интереса за Републику Србију.

Локална мрежа локалитета за праћење квалитета успоставља се на нивоу аутономне покрајине и јединице локалне самоуправе. Локалну мрежу чине допунски локалитети који се одређују на основу мерења или поступака процене, а за које нема података о нивоу загађујућих материја, у складу са својим потребама и могућностима.

На основу "Уредбе ..." дефинисани су индикатори за оцену ризика од деградације земљишта, односно одређује се степен угрожености земљишта ...

1. ...од ерозије;
2. ...од губитка органске материје;
3. ...са ризиком од збијања земљишта;
4. ...од заслањивања и/или алкализације;
5. ...од клизишта;
6. ...од ацидификације;
7. ...од хемијског загађења;

"Уредба..." загађење земљишта посматра преко **граничне минималне вредности**, а то су оне вредности на којима су потпуно достигнуте функционалне особине земљишта, односно оне означавају ниво на коме је достигнут одржив квалитет земљишта.

Угроженост земљишта оцењује се на бази општих елемената дефинисаних у "Уредби...". Степен угрожености од хемијског загађења одређује се на основу загађења од загађујућих материја, а чије граничне вредности су дате у "Уредби...". Контрола загађености земљишта врши се преко контроле загађености подземних вода и контроле загађености самог земљишта. Код подземних вода дате су ремедијационе и вредности које могу указати на значајну контаминацију, а код земљишта граничне, ремедијационе вредности и вредности које могу указати на значајну контаминацију.

"Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и методама њиховог испитивања" (Сл. гласник

РС бр. 23/94) прописује максимално дозвољене количине опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање које могу да оштете или промене производну способност (плодност) пољопривредног земљишта и квалитет воде за наводњавање, које долазе испуштањем из фабрика, изливањем депонија, неправилном употребом минералних ђубрива и средстава за заштиту биља.

Опасне материје, у смислу овог правилника су: кадмијум, олово, жива, арсен, хром, никл и флуор, а штетне материје су: бакар, цинк и бор. Максимално дозвољена количина опасних и штетних материја дате су у табели 7.9.

Табела 7.9. Максимално дозвољене концентрације опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање

Ред. бр.	Хемијски елементи	МДК у земљишту, mg/kg земље	МДК у води за наводњавање, mg/l воде
1.	Кадмијум	до 3	до 0,01
2.	Олово	до 100	до 0,1
3.	Жива	до 2	до 0,001
4.	Арсен	до 25	до 0,05
5.	Хром	до 100	до 0,5
6.	Никл	до 50	до 0,1
7.	Флуор	до 300	до 1,5
8.	Бакар	до 100	до 0,1
9.	Цинк	до 300	до 1,0
10.	Бор	до 50	до 1,0

Табела 7.10. МДК опасних материја у земљишту у зависности од рН вредности земљишта и садржаја глине

Елемент	рН, у CaCl ₂	Садржај глине, %	Гранична вредност mg/kg
Цинк	≥5	≤8	150
	5-6	≥8	150
	≥6	≥8	200
Олово	≥5		100
Хром	≥5		100
Бакар	≥5		60
Никл	≥5		50
Арсен	≥5	≤8	20
		≥8	40
Кадмијум	≥5	≤8	1
	5-6	≥8	1
	≥6	≥8	1,5
Жива	≥5		1
Титан	≥5	≤3	0,5
	≥5	≥8	1

Мада се овај Правилник стриктно односи на пољопривредно земљиште познавање његових одредби је битно јер је пољопривредно земљиште обично окружено индустријским постројењима и објектима који директно или индиректно утичу на квалитет пољопривредног земљишта. Посебни и строжи услови су дефинисани за земљиште које се користи за производњу органску хране.

Наведени Правилник није дефинисао састав и карактеристике земљишта на који се односе наведене МДК. У табели 7.10 дат је приказ МДК опасних елеменат у земљишту у зависности од рН вредности земљишта и садржаја глине [Кастори, 2003].

Табела 7.11. *Граничне вредности тешких метала у земљишту у зависности од његове намене*

Начин коришћења	Cd	Pb	As	Cr	Ni	Cu	Zn	тип
Мултифункционално	1	100	20	50	40	50	150	А
Дечја игралишта	2	200	20	50	40	50	300	Б
	10	1000	50	250	200	250	2000	Ц
Окућнице и мале баште	2	300	40	100	80	50	300	Б
	5	1000	80	350	200	200	600	Ц
Спортски терени	2	200	35	150	100	100	300	Б
	5	1000	90	350	250	300	2000	Ц
Паркови и јавни простори	4	500	40	150	100	200	1000	Б
	15	2000	80	600	2500	600	3000	Ц
Индустријски и занатски простори	10	1000	50	200	200	500	1000	Б
	20	2000	200	800	500	2000	3000	Ц
Пољопривредне површине	2	500	40	200	100	50	300	Б
	5	1000	50	500	200	200	600	Ц
Непољопривредни екосистеми	5	1000	40	200	100	50	300	Б
	10	2000	60	500	200	200	600	Ц

Напомена: А тип - незагађено, Б тип - не очекује се неповољно дејство на биљке и њихове кориснике, Ц тип - смањен принос, неповољно дејство на окружење

Посебно је интересантна гранична вредност исказана преко начина коришћења земљишта коју су дали Ајкман и Клоке [Кастори, 2003], табела 7.11 (изабране су само вредности које српски Правилник третира као опасне).

У ЕУ је на снази "**Директива о заштити животне средине, а посебно земљишта при коришћењу канализационог муља у пољопривреди**" (Council Directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture (86/278/ЕЕС, Official Journal OJ L 181, 1986) са допунама преко Директиве 91/692/ЕЕС (OJ L 377 48 1991), и Правилника (ЕС) No 807/2003 (OJ L 122 36, 2003), (ЕС) No 219/2009 (OJ L 87 109, 2009).

Директив регулише примену канализационог муља у пољопривреди на такав начин да спречи штетне утицаје на земљиште, вегетацију, животиње и човека. Муљ може имати вредна пољопривредна својства при исправном коришћењу, при чему канализациони муљ не сме да погорша квалитет земљишта и пољопривредних производа. У Европи је 2005. произведео 9 милиона тона сувог муља, а од тога се око 45% користило у пољопривреди [Карловић, 2010].

У Анексима наведене директиве дате су граничне вредности концентрације тешких метала у земљишту и муљу који се користи у пољопривреди, табела 7.12. У истој табели дате су и ГВЕ које важе у Србији, а према "Уредби о ГВЕ загађујућих материја у води и роковима за њихово достизање" (Сл. гласник РС бр. 67/11, 48/12).

Табела 7.12. Граничне вредности концентрације тешких метала у земљишту и муљу за примену у пољопривреди

Параметри	У земљишту, mg/kg суве материје	У муљу, mg/kg суве материје	
		ЕУ	Србија
Кадмијум	1 - 3	20 - 40	2,5
Бакар	50 - 140	1000 - 1750	700
Никл	30 - 75	300 - 400	60
Олово	50 - 300	750 - 1200	120
Цинк	150 - 300	2500 - 4000	1500
Жива	1 - 1,5	16 - 25	1,6
Хром	-	-	100

Коришћење канализационог муља и компоста добијеног из муља у Србији није још шире заживело.

7.4. Узорковање земљишта

Постоје најмање два разлога за узимање узорака земљишта. **Први** је, свакако, утврђивање његове **погодности за пољопривредну производњу**, а **други**, утврђивање његове **контаминације**, као последице различитих природних или индустријских активности. Први случај није својствен процесима мониторинга животне средине већ анализи могућности за пољопривредну производњу, а други се, по правилу, прати ради утврђивања негативног антропогеног деловања на земљиште.

Код узимања узорака постоје две стратегије [Jadhav, Purohit, 2008]:

- узорци се узимају и анализирају појединачно, и
- сви узети узорци се помешају па се узима заједнички узорак за анализу.

У првом случају трошкови обраде и анализе узорака су већи и потребно је више времена, док се у другом случају не могу утврдити варијације квалитета у појединим деловима анализираног земљишта.

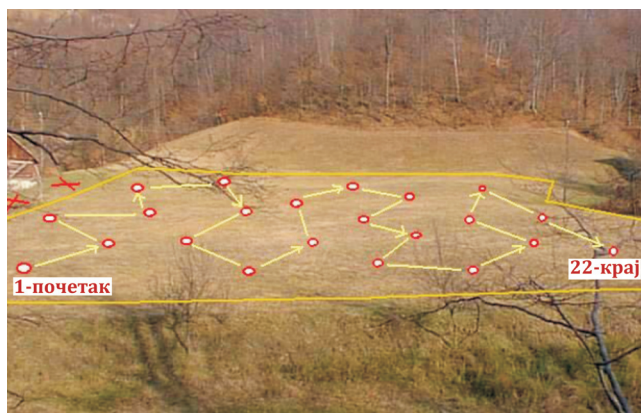
Узорци се могу узети у поремећеном и непоремећеном стању. Узорци у поремећеном стању узимају се ради одређивања физичко-хемијских особина земљишта, а у непоремећеном за одређивање водно-ваздушних особина.

За узимање непоремећених узорака користе се посебно израђени цилиндри који се утискују у земљиште, пуне земљом и тако напуњени транспортују до лабораторије, слика 7.6. У лабораторији се цилиндрима мањег пречника узимају, такође непоремећени, узорци за анализе.



Слика 7.6. Узимање непо ремећеног узорка земљишта

Има више начина узорковања земљишта. План узорковања пољопривредног земљишта базира се на принципу узорковања у облику латиничног слова "W" или слова "M" (слика 7.7). Оваквим начином се обезбеђује репрезентативност узетих узорка.



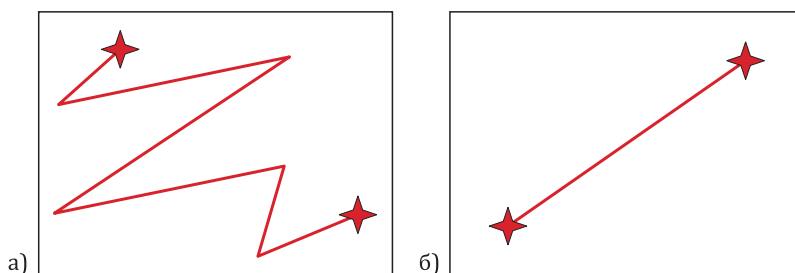
Слика 7.7. План узорковања пољопривредног земљишта

Када је парцела са које се узимају узорци има површину испод 20 хектара узорци се могу узимати "цик-цак" методом, а када је површина већа примењује се систем узимања узорка "по дијагонали", слика 7.8. Број узорка из површинског слоја (дубине 10 до 30 см) износи 20, а када се узорци узимају са веће дубине бургијама до 6, по анализираној парцели. Када се узорци узимају ради сагледавања евентуалне контаминације тада је дубина са које се узорци узимају већа и често се мери метрима.

Маса узетих узорка треба да буде довољна за сва предвиђена испитивања, односно сваки суб-узорак или узорак треба да има масу већу од 500 грама [Jadhav, Purohit, 2008].

За анализу анорганских компоненти у лабораторију се обично доставља узорак масе 500 g у пластичној кеси, 250 g узорка у стакленом суду за органске полутанте

и двоструки узорак масе од по 60 g за анализу волатила. За тестове излуживања или одређивања неког од физичких параметара (крупноћа и сл.) треба доставити додатну количину узорка. Неки узорци, напр. узорци шљунка уобичајено се достављају у већој количини, и изнад 10 kg [Davidson, 2011].



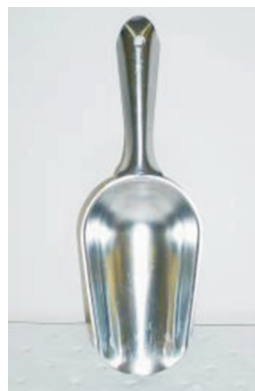
Слика 7.8. План узимања узорака са парцеле, а) "цик-цак", б) "по дијагонали"

Узете узорке треба паковати у пластичне (полиетиленске) кесице или стаклене посуде и транспортовати до лабораторије без одлагања јер неке параметре (редокс потенцијал, садржај азота и фосфора) треба анализирати одмах. Ако се узорак не може одмах послати у лабораторију потребно га је обрадити и потом одложити.

За узимање узорака развијен је велики сет уређаја (слика 7.9) [Eijkelkamp, 2004]. За квалитет узорака веома је важно одржавање опреме у исправном и чистом стању. Пре узимања узорака сваки део опреме је потребно опрати у киселини, етилен-диамин-тетра сирћетној киселини (EDTA) и, на крају, са ултрачистом водом [Jadhav, Purohit, 2008].



Слика 7.9. Сет уређаја за узимање узорака



Слика 7.10. Лопатица за узраковање

За узимање узорака површинског слоја земљишта, дубине до 30 cm, користе се обичне лопатице (слика 7.10) и лопате/ашови.

На слици 7.11 дат је приказ поступка узимања узорка површинског слоја ашовом [Секулић, Васин, 2003]. Ашовом се извади грумен земље. Затим се поново уз ивицу

рупе поново забоду ашов од површине до дубине од 30 см. Пажљиво се извади земљиште тако да остане на ашову када се положи на тло. Потом се ножем направи "каиш" по земљишту које је на ашову, ширине 3-4 см, уздужно од места где је била површина до дубине коју је захватио ашов (30 см). Земљиште лево и десно од "каиша" се одбаци, а "каиш" се убаци у чисту кофу



Слика 7.11. Узимање узорака површинског слоја

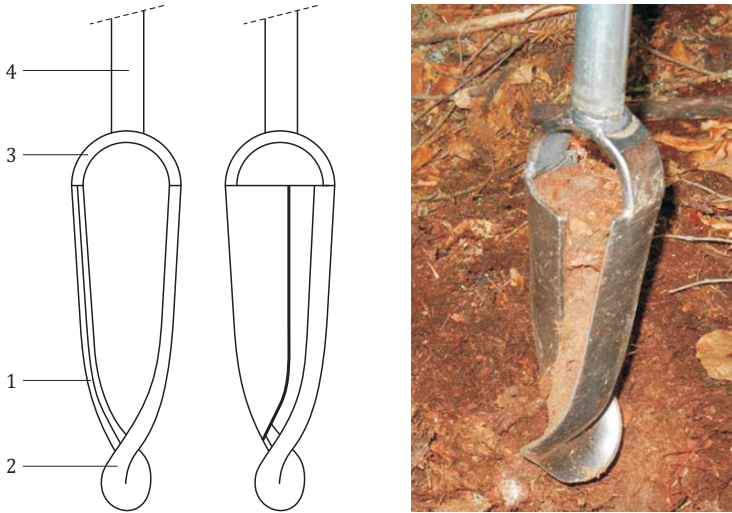
Основни уређаји за узорковање са већих дубина су бургије (слика 7.12 - 7.14) и сонде (слика 7.15) различитих изведби. Међу бургијама су познате Еделманове, обалске, спиралне и бургије за каменито тло.



Слика 7.12. Бургије различите изведбе за узимање узорака

Тело Еделманове (*Edelman*) бургије је конично и састоји се од два ножа (1) спојена на сврдло (2), слика 7.13. Врх ножева је заварен за конзолу (3) преко које је везан за дршку (шипку) бургије (4). Ножеви су закривљени и када продиру у земљиште узорак се усмерава у средишњи део тела сврдла. Позната су четири типа Еделманове бургије: за глину, комбиновани тип, за песак и за крупнији песак. Разлика између ових типова бургије у основи лежи у облику (конструкцији) ножева.

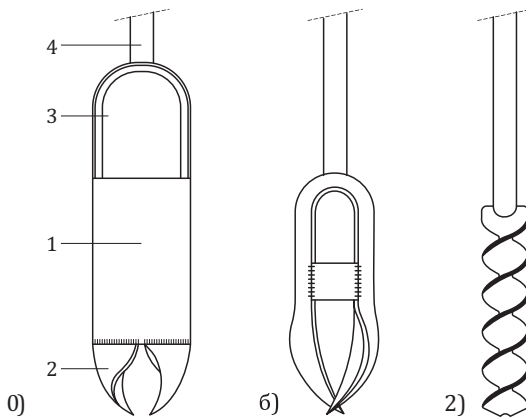
За суво и крупно тло не може се користити Еделманова бургија са централно постављеним сврдлом, па се препоручује коришћење тзв. обалске бургије, слика 7.14.а. Тело ове бургије чини отворена цев (1) са два сврдла кљунастог облика (2) и лучном конзолом (3) на врху, преко које је спојена на дршку (4). Врховима сврдла узорак тла се струже у цев. Пречник сврдла се лагано смањује у односу на пречник цеви ради смањења отпора између цеви и тла.



Слика 7.13. Еделманове бургије

Бургија за каменито земљиште је тежа и отпорнија од свих осталих, слика 7.14.б. Од обалске бургије се разликује обликом и изведбом ножева преко којих се боље продире у каменито тло.

Спирална бургија је идеално решење за бушење тврдог земљишта, слика 7.14.в. Уска спирала лако продира у земљиште гурајући камење у страну.



Слика 7.14. Бургије: а) обалска, б) за каменито тло, в) спирална

Сонда се састоји од цилиндра (на слици 7.15, лево означен бројем 2), често израђен од нерђајућег челика, пречника 63 mm. Глава сонде (1) је на дну, а унутар ње се уграђује вентил (израђен од нерђајућег челика или синтетичких материјала) који се може отворити (до 45°) ради узимања узорка. Завршетак сонде има облик бајонета и служи за настављање шипки.



Слика 7.15. Сонде различите изведбе за узимање узорака

По достављању узорака у лабораторију врши се њихова обрада и припрема за планирана испитивања. Обрада подразумева:

- сушење узорака,
- хомогенизацију, кватрирање (четвртање) и узимање мањих узорака,
- просејавање узорака ради одбацавања крупних комада (скелет), обично зрна изнад 1 или 2 mm,
- уситњавање.

7.5. Обрада узорака земљишта

У светској пракси постоје различити протоколи који прописују обраду узетих узорака земљишта [Winder, 2003, Davidson, 2011, Wagner et al., 2001].

Дејвидсон [Davidson, 2011] наводи могуће протоколе:

- узорак се суши на температурама од амбијенталне до 105°C
- узорак се испитује као влажан, у стању у којем је примљен,
- узорак није измешан (хомогенизован),
- узорак је измешан ручно или механички,
- узорак се уситњава до крупноће од -200 μm до -10 mm
- узорак се анализира без уклањања било којег дела,
- из узорка се ручно уклањају крупни комада па се анализира преостало,
- узорак се просејава па се анализира класа -10 mm,
- узорак се просејава па се анализира класа -2 mm,

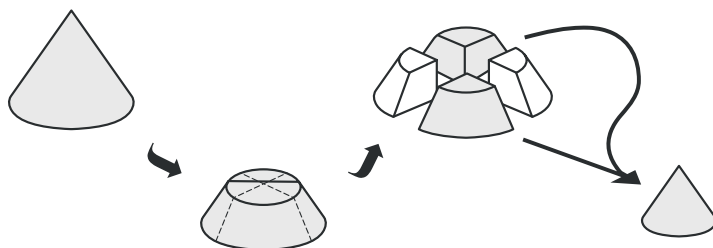
Дакле, поступак обраде узорака земље подразумева сушење, мешање (хомогенизовање), уситњавање (дробљење, млевење) и просејавање пре него што се узме мањи узорак за анализу појединих параметара.

Презервација узорака **сушењем** је честа, али се не може употребити за узорке на којима треба одредити: органске волатиле, ЕРН и РАН-ове, цијаниде, шестовалентни хром, сулфиде који су растворљиви у киселинама и феноле. Ове узорке треба анализирати у влажном стању, како су примљени, без сушења, хомогенизовања или уситњавања.

За друге анализе, а пре уситњавања и просејавања, узорке треба сушити на температурама 30°C, 35°C или 40°C. Бира се температура на којој неће доћи до деградације било које компоненте. ISO стандард предвиђа сушење на температури до 40±2°C [ISO 11464]. Ваздушно сушени узорци подразумевају да је температура била испод 30°C. Да би резултати анализе били исправни на узорцима треба одредити влагу, а то се ради сушењем на температури 105°C.

ISO стандард подразумева и сушење замрзавањем. Време сушења зависи од састава узорка, али се обично креће од 24 часа (песковито тло) до 48 часова (тло са повећаним учешћем глине). Изузетак су узорци са заосталим деловима корена који траже сушење 3 до 4 дана [ISO 11464].

Мешање (хомогенизовање) се обавља ручно или механички. После ручног мешања формира се купа, која се преводи у погачау пре него што се изврши кватирање (четвртање) узорка. После четвртања половина узорка се оставља за резерву, а остатак се даље обрађује на исти начин док се не дође до количине потребне за анализу, слика 7.16.



Слика 7.16. Хомогенизација и скраћивање узорка

Само узорци који се користе за одређивање испарљивих компоненти (волатила) не смеју да се мешају и хомогенизују.

Уклањање најкрупнијих комада. Подељена су мишљења [Davidson, 2011] око тога да ли треба или не треба пречистити узорак уклањањем крупних комада, делова пластике, текстила и сличног. Уклањање, посебно код контаминираниог земљишта, може значајно да утиче на добијени резултат, па се одлука доноси од случаја до случаја. Увек треба забележити да ли су делови узорка пречишћени, шта је уклоњено и колико је масено учешће тих одвојених делова. Ако се узорци узимају за тест излуживања из њих не треба уклањати ни један део.

Уситњавање (дробљење, млевење) узорака могуће је обавити ручно (у авану) или механички у дробилицама и млиновима различите изведбе. Резултат уситњавања треба да буде фини пудер ситнији од 200 μm .

Пресејавање се обично врши након сушења узетог материјала. Овим се процес просејавања значајно олакшава јер је пролазак сувих зрна кроз сито лакше. Просејавање се обично врши на ситима отвора 2 и/или 10 mm, а избор отвора сита најчешће зависи од расположиве количине узорка ситнијег од отвора сита. Када је количина просева мала могуће је ручно уситнити зрна одсева и поновним просејавањем их прикључити просеву. Увек се код одвајања крупније класе бележи њена маса.

Период чувања и материјал контејнера у којем се узорци чувају приказан је у табели 7.13 [Artiola, 2004]

Табела 7.13. Период чувања и материјал контејнера у којем се узорци чувају

Параметар	Материјал контејнера у којем се узорак чува	Максимално време чувања, дана, на температури 4°C
pH, алкалитет	Полиетилен, стакло	14
Анјони: Cl, SO ₄ , Br, PO ₄ ... Hg, CN		28
Нитрати, нитрити, сулфиди, сулфати, амонијак		2
Cr(VI), уља и масти, органски угљеник		28
Метали		6 (месеци)
Екстраховане органске материје	Стакло, тефлоном обложен затварач	7 (пре екстракције) 30 (после екстракције)
Волатили, органски		14
	Потопљен у метанолу	непознато

7.6. Учесталост мониторинга земљишта

Временска динамика узорковања земљишта, анализа узорака, обрада и приказ података зависи од постојаности анализираних параметара, њихових облика и концентрација у животној средини.

Промене у земљиштима као последица процеса деградације, одвијају се постепено и тешко су приметне у крајим временским интервалима, а условљавају промене функција екосистема па је уобичајена учесталост мониторинга сваке, сваке треће, пете или, чак, десете године.

У табели 7.14 приказано је стање у неким европским државама у погледу броја локација које се осматрају, шеме узорковања и фреквенције мониторинга [Van-Camp et al., 2004].

Очигледно је да динамика није усаглашена те да је систем мониторинга различито развијен. Учесталост мониторинга у Србији дат је у табели 7.5.

Табела 7.14. Број локација које се осматрају, шеме узорковања и динамике мониторинга у неким европским државама

Држава	Број локација	Шема узорковања	Динамика, год	Почетак мониторинга
Аустрија	400	Стратификовано/мрежно	3/10	1987-1995
Белгија	940	Стратификовано	40	1947
Бугарска	300		3/10	1986/1992
Чешка	700	Стратификовано	3/6	1992
Финска	750/150	Стратификовано	12/5	1974/1992
Француска	2300	Мрежно	5/10	1993/2001
Немачка	800/1800	Стратификовано/мрежно	5/10	1980/1997
Мађарска	1236	Стратификовано	1/3/6	1993
Холандија	240	Стратификовано	6/10	1983/1993
Норвешка	13	Стратификовано	1	1992
Словачка	400	Мрежно/стратификовано	5	1992
Шпанија	41	Стратификовано	1	1995
Шведска	26800	Мрежно/стратификовано	0,33/10	1983/1993
В. Британија	1200	Мрежно	1/5/15	1969/1992

7.7. Мониторинг загађених земљишта

Поред мониторинга квалитета земљишта на локацијама које су посебно интересантне за одржање животног простора, мониторинг се обавља и на земљиштима која су загађена или која потенцијално могу бити загађена. На нивоу ЕУ активности су започеле деведесетих година прошлог века и трају и даље. Цели посао је још у фази прикупљања података везаних за број загађених или потенцијално загађених локација, врсту загађења и технике ремедијације које се спроводе или се планирају [Liedekerke et al., 2014].

Према проценама Европске мреже за надгледање и информисање о животној средини (EIONET - European Environment Information and Observation Network) у Европи је 2011.г. потенцијално било загађено 2,5 милиона локација, а стварно загађено 342.000.

Загађивање појединих локација углавном је везано за активности приказане у табели 7.15.

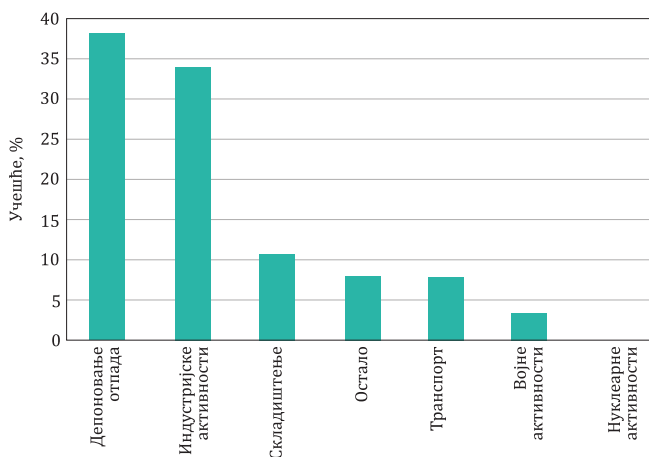
Процентуална заступљеност појединих извора загађења у 39 земаља Европе (земље ЕУ и њима придружене земље) приказана је на слици 7.17.

Дакле, више од 1/3 загађених локација припада земљишту на којем се депонује отпад, комунални и индустријски. Нешто мање су заступљене индустријске активности, док је учешће осталих извора загађења земљишта подређено.

Према извештајима надлежних органа у Србији (2011.г.) депоније комуналног отпада захватају 38,9%, а индустријског 10,6% загађеног земљишта. Депоније укупно заузимају готово 50% загађеног земљишта. Следе индустријска постројења са 42,1% и различита складишта са 5,1%.

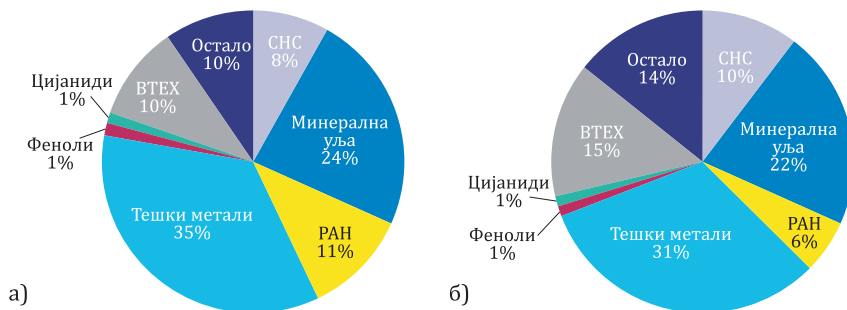
Табела 7.15. Активности које узрокују загађивање земљишта

Депоноване отпада	Депоније комуналног отпада
	Депоније индустријског отпада
Рударство	Вађење и прерада нафте
	Термоелектране
Војска	Војни објекти (касарне, полигони)
	Зоне захваћене ратним дејствима
Складишта	Складишта нафте и деривата
	Складишта истрошених хемикалија
	Остала складишта
Изливање на земљу у фази транспорта	Изливање нафте и деривата
	Изливање осталих опасних супстанци
Нуклеарна	Нуклеарне активности

**Слика 7.17.** Заступљеност појединих извора загађења у Европи

Ако се разматрају загађујуће материје, слика 7.18, онда су земљишта у Европи највише загађена тешким металима (35%) и минералним уљима (24%). Прате их органска загађења исказана као РАН (полициклични ароматични угљоводоници, продукти непотпуног сагоревања фосилних и других органских материја), ВТЕХ (скраћеница од бензен, толуен, етилбензен и ксилен, волатили садржани у дериватима нафте) и СНС (хлорисани угљоводоници). С обзиром на блиску везу између подземних вода и земљишта анализирани су и највећи загађивачи подземне воде, слика 7.18. И ту су тешки метали и минерална уља доминантни, заједно 53%, а прате их ВТЕХ, СНС и РАН.

Мониторингом загађених и потенцијално загађених локација поред државних агенција баве се и организације које узрокују то загађење. Поступци везани за узимање узорака и анализу загађености су идентични, као и код рутинских контрола стања земљишта, а индикатори загађења се бирају у сагласности са производним процесом и потенцијалним загађивачима. Динамика осматрања се прилагођава индустријском процесу, нивоу загађења и ризику да до загађења дође.

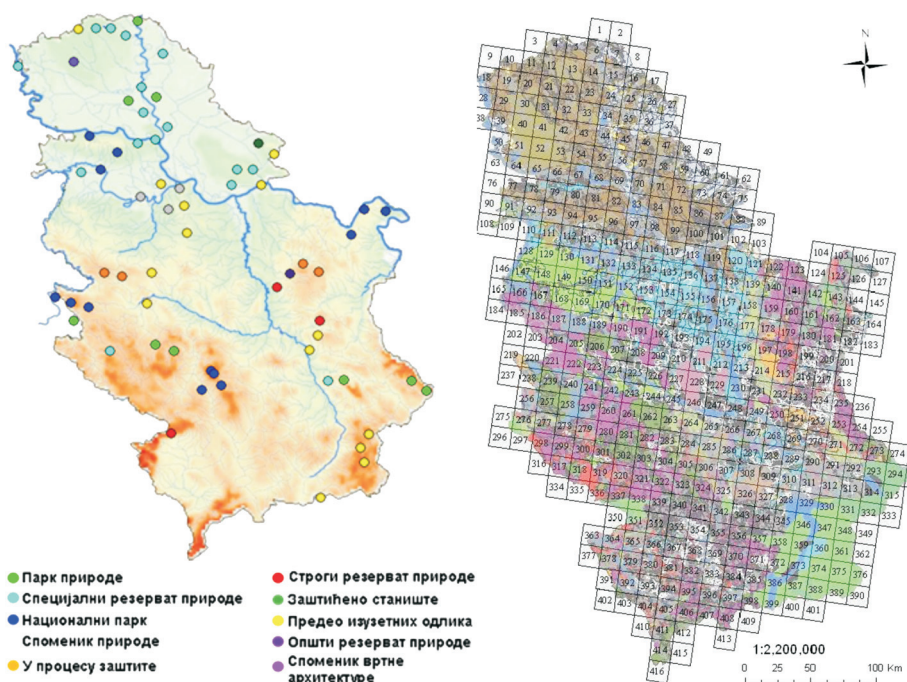


Слика 7.18. Најчешћи загађивачи: а) земљишта; б) подземних вода у Европи

7.8. Мониторинг земљишта у Србији

Уредбом је предвиђено да се мониторинг земљишта организује на нивоу републике, покрајине и локалне заједнице. О спровођењу мониторинга старају се надлежни органи, свако на свом нивоу. На нивоу републике мониторинг организује Агенција за заштиту животне средине. Агенција извештаје о стању животне средине објављује на сајту <http://www.sepa.gov.rs/>.

На нивоу републике одређено је укупно 46 локалитета који су од посебног интереса за Републику Србију, слика 7.19.



Слика 7.19. Локације на којима се обавља мониторинг земљишта на нивоу Републике Србије (лево), односно на којима се планира систематско узорковање и мониторинг (десно)

Праћење стања земљишта на изабраним локалитетима у оквиру заштићених подручја омогућиће добијање података за праћење стања и промена чинилаца животне средине кроз временски период, што ће бити подршка за израду Извештаја о стању животне средине у Републици Србији.

Параметри који се испитују су: физичко- хемијске особине земљишта, садржај тешких метала и органски загађивачи.

Мониторинг загађених вода је обавеза потенцијалних загађивача и они то раде по свом програму мониторинга.

Систематско праћење квалитета земљишта у Србији предложено је да се обавља кроз 416 квадраната димензија 16 x 16 km, слика 7.19, десно, [Ђорђевић и др., 2011], али ова подела није још званично усвојена нити су радови започели.

Питања за понављање:

1. Шта је земљиште и чему служи?
2. Које су компоненте земљишта и колико су појединачно заступљене?
3. На чему је базирана локална класификација земљишта (Шкорић и др.)?
4. Наведите основне опасности по земљиште!
5. Наведите путеве хемијског загађивања земљишта!
6. Наведите начине закисељавања земљишта!
7. Наведите разлоге због којих се организује мониторинг земљишта?
8. Како се генерално деле индикатори квалитета земљишта?
9. Наведите физичке индикаторе!
10. Наведите хемијске индикаторе!
11. Зашто је важно познавање учешћа органске материје у земљишту?
12. Како ђубрење утиче на квалитет земљишта и своје окружење?
13. Зашто је важно знати рН вредност земљишта?
14. Шта је салинитет, а шта содицитет?
15. Наведите биолошке индикаторе!
16. Који је основни законски документ о мониторингу земљишта у Србији?
17. Наведите шта се одређује српском "Уредбом о програму системског праћења квалитета земљишта...".
18. Шта се прописује "Правилником о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту ..."?
19. Наведите врсте узорака земљишта!
20. Шта је непоремећени узорак и како се узима?
21. Наведите планове узимања узорака земљиште?
22. Колика треба да буде маса узетих узорака земљишта?
23. Који алати се користе за узорковање?
24. Чему служе и како се користе бургије?
25. Шта су сонде и када се користе?
26. Наведите уобичајену учесталост узорковања земљишта!
27. Које активности посебно доприносе загађивању земљишта?
28. Која индустријска активност највише заузима земљиште?
29. Које материје су највећи загађивачи земљишта?
30. Ко се у Србији стара о мониторингу земљишта?

Тема за размишљање и дискусију:

У табели 7.14 приказан је број локација које поједине европске земље осматрају, а у поглављу 7.8 наведено је да се у Србији данас земљиште осматра на 46 локација. Положај локација које се осматрају дат је на слици 7.20. Продискутујте и упоредите број локација у Србији у односу на наведене европске земље. Анализирајте локације и намене простора (терена, земљишта) који се прати у Србији!

Литература

- [1] **Врвић М. М., Радуловић М. Д., Кукић М. И., Бешкоски В. П., Пуцаревић М., Поткоњак Б., Дабовић М. М.,** (2007), Да ли земљиште може да буде отпад?, Зборник радова Прве регионалне научно-стручне конференције о управљању индустријским отпадом, Копаоник (CD)
- [2] **Башић Ф.,** (1994), Класификација оштећења тла у Хрватској, *Агрономски гласник*, 3-4, стр. 291-310, Загреб
- [3] **Gruver J.B.,** (2013), Prediction, prevention, and remediation of soil degradation by water erosion, *Nature education knowledge*, 4(12):2
- [4] **Walker C.H., Sibly R.M., Hopkin S.P., Peakall D.B.,** (2012), *Principles of ecotoxicology*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton
- [5] **Гајић Б, Средојевић З, Дугалић Г,** (2006), Земљишни индикатори у одрживој пољопривредној производњи *Економика пољопривреде*, вол. 53, 2, стр. 441-450
- [6] **Гулан Б,** (2005), Земљиште ресурс будућности, <http://www.agropress.org.rs/tekstovi/10867.html>
- [7] **Moebius B.N., van Es H.M., Schindelbeck R.R., Idowu O.J., Clune D.J., Thies J.E.,** (2007), Evaluation of laboratory-measured soil properties as indicators of soil physical quality, *Soil Science Vol. 172, No. 11*, pp. 895-912
- [8] **Karlen D.L., Ditzler C.A., Andrews S.S.,** (2003), Soil quality: why and how?, *Geoderma* 114, 145- 156
- [9] **Van-Camp L, Bujarrabal B, Gentile A R, Jones R J A, Montanarella L, Olazabal C, Selvaradjou SK (Eds),** (2004), Reports of the Technical Working Groups, Established under the thematic strategy for soil protection, Volume - V, Monitoring, EUR 21319 EN/5. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- [10] **Doran, J. W. and Parkin, T. B.** (1994). Defining and Assessing Soil Quality. Doran, J. W., Coleman, D. C., Bezdicek, D. F, and Stewart, B. A.(eds.). In: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication Number 35. Soil Science Society of America, Inc and American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp. 3-22
- [11] **Allen D.E., Pal Singh B., Dalal R.C.,** (2011), Soil Health Indicators Under Climate Change: A Review of Current Knowledge, Chapter 2 in *Soil Health and Climate Change* (eds. Singh B.P., Cowie A.L., Chan K.Y.), Springer
- [12] **Ђорђевић А, Кнежевић М, Томић З, Голубовић С, Оњија А, Животић Љ, Николић Н,** (2011), Методологија за систематско праћење квалитета и стања земљишта у Републици Србији, Пољопривредни факултет, Земун
- [13] **Ђирић В, Белић М, Нешић Љ, Савин Л, Симикић М, Глигорић Р, Шеремешкић С,** (2013), Стабилност структуре чернозема при различитим начинима производње, *Савремена пољопривредна техника*, Vol. 39, no. 3, 17-186

- [14] **Anon**, (2005), Soil Acidity Monitoring Tools, Victorian Government Department of Primary Industries, www.dpi.vic.gov.au/
- [15] **Секулић П., Хаџић В.**, (2005), "Савремене методе у испитивању", Зборник радова Научног института за ратарство и повртарство, свеска 41, стр. 533-540, Нови Сад
- [16] **Понтинг К.**, (2009), Еколошка историја света, превео Д. Симић, Одисеја, Београд
- [17] **Биби А., Бренан Е.М.**, (2008), Основи екологије, Еколошки принципи и проблеми заштите животне средине, Слио, Београд
- [18] "Уредба о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологије за израду ремедијационих програма", Сл. гласник РС бр. 88/10
- [19] "Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и методама њиховог испитивања", Сл. гласник РС бр. 23/94
- [20] **Кастори Р., Секулић П., Петровић Н., Арсенијевић-Младеновић И.**, (2003), Осврт на граничне вредности садржаја тешких метала у земљишту у нас и у свету, Зборник радова, свеска 38, Научни институт за ратарство и повртарство, Нови Сад
- [21] "Директива о заштити животне средине, а посебно земљишта при коришћењу канализационог муља у пољопривреди", (Council Directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture (86/278/ЕЕС, Official Journal OJ L 181, 1986) са допунама преко Директиве 91/692/ЕЕС (OJ L 377 48 1991), и Правилника (ЕС) No 807/2003 (OJ L 122 36, 2003), (ЕС) No 219/2009 (OJ L 87 109, 2009).
- [22] **Карловић Е.**, (2010), Муљеви од пречишћавања комуналних отпадних вода - легислатива, коришћење и третман, www.cesra.dh.pmf.uns.ac.rs/pdfww2010/ELVIRA%202010%20MULJEVI%200D.pdf
- [23] "Уредба о ГВЕ загађујућих материја у води и роковима за њихово достизање", Сл. гласник РС бр. 67/11, 48/12
- [24] **Jadhav H.V., Purohit S.H.**, (2008), Global Pollution and Environmental Monitoring, Global Media, Mumbai
- [25] **Davidson H.**, (2011), Soil sample preparation, AWE International, No.26, 10. jun 2011.
- [26] **Anon**, (2004), Hand-operated bailer boring auger set, operating instructions, Eijkelkamp
- [27] **Секулић П., Васић Ј.**, (2003), Узorkовање и анализа земљишта, Пољопривреда инфo, интернет магазин
- [28] **Winder J.**, (2003), Soil Quality Monitoring Programs: A Literature Review, Soil Quality Program Agronomist Prepared for: Alberta Environmentally Sustainable Agriculture (AESА) Soil Quality Monitoring Program Alberta Agriculture, Food and Rural Development Conservation and Development Branch, Edmonton, Alberta
- [29] **Wagner G., Desaulles A., Muntau H., Theocharopoulos S. P., Quevauviller P.**, (2001), Harmonisation and quality assurance in pre-analytical steps of soil contamination studies—conclusions and recommendations of the CEEM Soil project, *Sci Total Environ.* 2001 Jan 8;264(1-2):103-17.
- [30] ISO 11464, (1994), Soil quality — Pretreatment of samples for physico-chemical analyses, International Organization for Standardization
- [31] **Artiola J., Pepper I. L., Brusseau M. L.**, (2004), Environmental Monitoring and Characterization. Tucson, Elsevier Science & Technology Books, Arizona
- [32] **Liedekerke M. Van, Prokop G, Rabl-Berger S, Kibblewhite M, Louwagie G.**, (2014), Progress in the Management of Contaminated Sites in Europe, European Environment Agency, Luxembourg: Publications Office of the European Union

Подсећање

Класификација земљишта бивше СФРЈ, према Шкорићу и другима (1973, 1985) је генетска и служи као основа за производно-еколошку оцену, табела 7.16. Базирана је на својствима земљишта, која су морфолошки видљива или лако мерљива.

Тип земљишта је основна јединица ове класификације, а одређен је једнотипском грађом профила (карактеристичним следом хоризоната), једнотипским основним процесима трансформације и миграције органске и минералне супстанце и квалитативно сличним физичким и хемијским карактеристикама појединих хоризоната.

Различити типови земљишта с аналогним развојним стадијумима окупљени се у више јединице – класе, а различите класе једнаког карактера влажења и састава воде којом се земљиште влажи скупљене су у највише јединице класификације – одеде (аутоморфна, хидроморфна, халоморфна и субаквална земљишта).

Подела типова земљишта у ниже јединице (подтипови, варијетети, форме) одређена је оним својствима која узрокују варијабилност појединих типова земљишта.

Карактеристике и површина земљишта у Србији приказане су у табели 7.17.

Класификација земљишта према Светској референтној основи (WRB - World Reference Base), табела 7.18, полази од принципа:

- сврха Референтне основе није замена постојећих националних класификацијских система, већ да служи као заједнички језик у међународној комуникацији.
- класификација земљишта базирана је на видљивим и мерљивим својствима земљишта која су дефинисана појмовима – дијагностички хоризонти, својства и материјали земљишта.
- избор дијагностичких својстава земљишта узима у обзир њихов однос с педогенетским процесима.

Табела 7.16. Класификација земљишта СФРЈ, Шкорић и др.

Одеди	Класе	Типови
Аутоморфна земљишта	Неразвијена земљишта	Камењар, Сирозем на растреситим стенама, Еолски "живи" пескови, Колувијална (делувијална) земљишта
	Хумусно акумулативна	Кречњачко-доломитна црница, Рендзина, Хумусно-силикатно земљиште, Чернозем, Смоница
	Камбична	Еутрично смеђе, Дистрично смеђе, Смеђе кречњачко, Црвеница
	Елувијално илувијална	Лесивирано, Подзол, Смеђе подзолосто
	Антропогена	Риголано, Вртно
	Техногена	Земљишта депонија, Флотацијски материјал, Наноси из ваздуха
Хидроморфна земљишта	Псеудоглејна	Псеудоглеј
	Неразвијена хидроморфна	Алувијално (флувијативно)
	Семиглејна	Флувијативно-ливадско
	Глејна	Псудоглеј-глејно, Ритска црница, Мочварно-глејно
	Тресетна	Издигнути тресет, Прелазни тресет, Ниски тресет
	Антропогена	Риголано тресетно, Земљишта рижшта, Хидромелиорирано
Халоморфна земљишта	Акутно заслањена	Солончак
	Солонеци	Солонец
Субаквална земљишта	Неразвијена субаквална	Протопедон
	Субаквална профила А-Ц или А-Г	Гитја, Дај, Сапропел
	Антропогена	Хидромелиорирана гитја, Хидромелиорирани сапропел

Разумевање педогенетских процеса помаже квалитетнијем опису земљишта, али они се не користе као критеријум класификације.

Климатски параметри се користе само у ин-температациске сврхе, они нису део дефиниција земљишта.

Класификација садржи две категорије детаља:

- први ниво је Референтна Основа – чине је 32 референтне групе земљишта које се одређују помоћу WRB кључа
- други ниво је WRB Класификацијски систем - чине га комбинације групе квалификатора (префикса и суфикса) који се придодају имену референтне групе земљишта и омогућују врло прецизан опис и класификацију појединачних профила земљишта

Земљиште се класификује у 3 корака:

1. Одређивање дијагностичких хоризонта, својстава и материјала
2. Одређивање референтне групе земљишта на основи упоредбе дијагностичких хоризонта, својстава и материјала с WRB кључем
3. Одређивање квалификатора; префикса (карактеристични за одређену референтну групу) и суфикса (остали квалификатори), те њихових специфичности (ступњева изражености)

Текстура се традиционално представља троуглом у којем је учешће глине, прашине и песка једнако 100% ситне земље. Троугао може бити једнакоугаоник или правоугаоник, а граница између прашине и песка је на 50 или 60 μm . Подела (граница између прашине и песка је на 50 μm) дата је на слици 7.20.

Табела 7.17. Бонитетне карактеристике и површина основних типова земљишта у Републици Србији

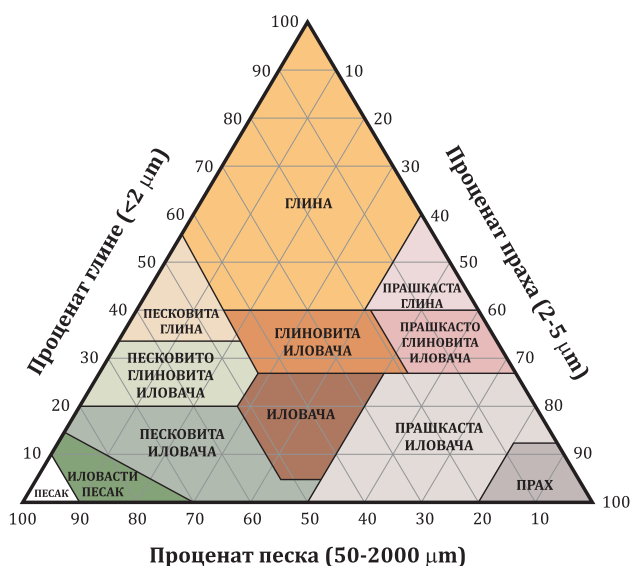
Тип земљишта	Опис бонитетних карактеристика	Површина (ha)
Чернозем	високо продуктивно земљиште	1.200.000
Смоница (<i>Vertisol</i>)		680.000
Гајњача (<i>Eutrični kambisol</i>)	продуктивно земљиште	437.000
Псеудоглеј (<i>Planosol</i>)	условно продуктивна земљишта	500.000
Алувијално земљиште (<i>Fluvisol</i>)	условно високо продуктивна земљишта (потребне мелиорације)	675.000
Еолски песок (<i>Arenosol</i>)	слабо до средње продуктивно земљиште	86.000
Слатине и заслањена земљишта (<i>Solončak, Solonjec i Solod</i>)		233.000
Земљишта на кречњацима (<i>Kalkomelanosol и kalkokambisol</i>)		910.000
Земљишта на серпентину (<i>Ranker и Eutrični kambisol na serpentinu</i>)		268.000
Дистрична смеђа земљишта (<i>Distrični kambisol</i>)		2.607.000
Ранкери	углавном продуктивна земљишта за ливадско пашњачку производњу у планинским регионима	324.000
Камењари (<i>Litosol</i>)	непродуктивно земљиште	77.757

Табела 7.18. Попис референтних група земљишта према WRB кључу

	Сетови земљишта	Реф. група	Главне особине
1.	С дебелом органским слојем	HISTOSOLS	Дебео органски слој
2.	С јаким утицајем човека	ANTHROSOLS	Интензивна пољопривреда
		TECHNOSOLS	Пуно артефаката
3.	С ограниченом дубином закоренавања	CRYOSOLS	Утицај леда
		LEPTOSOLS	Утицај стена

Табела 7.18. Наставак

	Сетови земљишта	Реф. група	Главне особине
4.	Под утицајем воде	VERTISOLS	Богата глином
		FLUVISOLS	Плавна подручја
		SOLONETZ	Алкална
		SOLOCHAKS	Богата солима
		GLEYSOLS	Подземна вода
5.	Карактерисана Fe и Al спојевима	ANDOSOLS	Алофани/Al-хумусни комплекси
		PODZOLS	Елувијација и илувијација
		PLINTHOSOLS	Акумулација гвожђа у хидроморфним условима
		NITISOLS	Глина мале активности, јака структура
		FERRALSOLS	Доминација каолинита и Сесквиоксида
6.	Са стагнирајућом водом	PLANOSOLS	Нагли текстурни дисконтинуитет
		STAGNOSOLS	Структурни или умерени текстурни дисконтинуитет
7.	С акумулацијом органске твари, висока сатурација базама	CHERNOZEMS	Типично молични
		KASTANOZEMS	Прелаз у сувљи климат
		PHAEZEMS	Прелаз у влажнији климат
8.	С акумулацијом гипса, SiO ₂ и CaCO ₃	GYPISOLS	Гипс
		DURISOLS	Силицијум оксид
		CALCISOLS	Калцијум карбонат
9.	С подхоризонтом богатим глином	ALBELUVISOLS	Испирање избледелог материјала у пукотине илувијалног хоризонта
		ALISOLS	Глина велике активности, ниска сатурација базама
		ACRISOLS	Глина мале активности, ниска сатурација базама
		LUVISOLS	Глина велике активности, висока сатурација базама
		LIXISOLS	Глина мале активности, висока сатурација базама
10.	Релативно млада земљишта са slabим или никаквим развојем профила	UMBRISOLS	Кисели тамни површински хоризонт
		ARENOSOLS	Песковита
		CAMBISOLS	Умерено развијена
		REGOSOLS	Слабо изражени развој профила



Слика 7.20. Триангуларни дијаграм поделе земљишта

8. БИОЛОШКИ МОНИТОРИНГ

Шта можете сазнати и научити читајући ово поглавље:

- шта је биолошки мониторинг,
- шта су биоиндикатори и како се бирају,
- који биоиндикатори се користе код мониторинга вода,
- шта је индекс сапробности и како се користи,
- која опрема се користи за узорковање биоиндикатора из воде,
- који биоиндикатори се користе код мониторинга ваздуха,
- који биоиндикатори се користе код мониторинга земљишта.

Биолошки мониторинг се базира на примени живих организама као индикатора промена у животној средини, у простору и времену. Употреба биолошког мониторинга за процену квалитета животне средине започета је у прошлом веку [Kolkwitz, Margson, 1902], а дотадашњи мониторинг програми ослањали су се искључиво на хемијски и физички мониторинг. Ове врсте мониторинга обезбеђивале су податке о стању неког система само у тренутку када је узорак узет. За процену стања екосистема, односно утицаја човекових активности на животну средину и друга жива бића у њој било је неопходно проширити обим мониторинга на друге компоненте средине, односно на биосферу. Биолошки мониторинг, потом уведен у праксу, приказује кумулативну слику загађења животне средине у току времена као и ефекат акумулације загађујућих материја у организмима. Биолошки мониторинг био је најпре примењиван у акватичним екосистемима, да би се касније његова примена проширила и на терестричне екосистеме.

У току биолошког мониторинга спроводи се праћење организама који су посебно угрожени дејством загађења на животну средину, односно оних организама који специфично реагују на одређено загађење. Овакви организми или групе организама, који својим присуством добро осликавају еколошке услове простора на коме се налазе, називају се **биоиндикатори**. Употреба биоиндикатора потребна је [Gerhardt, 1999]:

1. када није могуће директно мерити неки фактор животне средине (као што су климатске промене),
2. када је неки фактор тешко мерити (на пример детекција комплексних загађивача са хемикалијама које лако ступају у интеракцију) и
3. када је фактор животне средине лако мерити, али га је тешко интерпретирати (примера ради, имају ли промене констатоване мониторингом хемијских параметара и одређен еколошки значај).

Биоиндикатори:

- се користе као детектори промена у животној средини,
- указују на присуство загађивача и њихове директне и индиректне ефекте на екосистем, и
- показују одговор живих система на дејство загађујућих материја.

Биоиндикатори се могу користити и у мониторингу процеса пречишћавања различитих компоненти животне средине. Загађење животне средине може испољити негативан утицај од нивоа молекула и ћелија па све до нивоа биосфере, и стога се биоиндикација може извести на свим нивоима организације живих система (табела 8.1). Стање биоиндикатора процењује се на основу њиховог присуства/одсуства, стања, релативне учесталости појављивања, степена репродукције и других промена [Hellawell, 1986].

Табела 8.1. Промене на различитим нивоима организације живих система које настају услед појаве загађења у животној средини

Ниво организације	Промене у живим системима
Молекули и ћелије	Промене у физиолошким параметрима, ћелијском метаболизму, оштећење ланца DNK
Ткива и органи	Морфолошке промене, промене изгледа и облика
Организми	Промене изгледа, дужине живота, промене у размножавању
Популације	Промене бројности и распореда популације, промене старосне структуре популације
Животне заједнице и екосистеми	Промене укупног броја врста, промене међуодноса у екосистему, нарушавање ланца исхране, поремећај природне смене заједница, промена распореда екосистема

Неке од најучесталијих биоиндикаторских група организама које се користе за процену стања различитих медијума животне средине су бактерије, акватични бескичмењаци, лишајеви, маховине, васкуларне биљке, инсекти, птице и сисари. За ефикасно спровођење биолошког мониторинга на неком подручју важно је праћење већег броја организама на различитим позицијама у ланцу исхране, одабир поузданих биоиндикаторских врста као и примена стандардизованих протокола узорковања и анализа [Carignan, Villard, 2002].

8.1. Избор и врсте биоиндикатора

Приликом избора одговарајућих биоиндикатора потребно је узети у обзир неколико основних еколошких особина карактеристичних за врсте од интереса. За практичну примену важно је да биоиндикатори представљају врсте карактеристичне за одређено климатско поднебље, регион или станиште. То могу бити доминантне врсте у неком екосистему, или врсте чије ишчезавање односно угроженост представља рани сигнал упозорења о деградацији екосистема.

За одабир биоиндикаторског организма важна је и његова **еколошка валенца**. Еколошка валенца је амплитуда колебања **еколошког фактора** (елемент окружења у којем се неки организам налази и који на било који начин делују на њега) у

којој је могућ опстанак врсте. Еколошка валенца сваке врсте за било који фактор спољашње средине може бити ужа или шира, а у односу на ширину еколошке валенце организми се деле на **стеновалентне** (имају ужу еколошку валенцу) и **еуривалентне** (имају ширу еколошку валенцу). За биоиндикаторске организме бирају се најчешће врсте које су стеновалентне за одређени еколошки фактор загађења.

У зависности од средине у којој се спроводи биолошки мониторинг, присутних врста као и карактера загађења, важно је изабрати одговарајуће биоиндикаторе за процену стања животне средине. Основне групе биоиндикатора у односу на организме који се користе су: микробиолошки, биљни и животињски биоиндикатори.

Микроорганизме најчешће карактерише велика бројност, насељавају различите средине а често и врло екстремне услове на којима нема других облика живота, док поједине врсте могу производити и тзв. "протеинске стреса" којима указују на постојање поремећаја у животној средини.

Биљке су кореновим системом причвршћене за подлогу и из тог разлога не могу мењати своју локацију, па се оне често сматрају погоднијим индикаторима промена у животној средини. Често присуство или одсуство појединих биљних врста може указати на постојеће стање или промене. Неки биљни организми одликују се способношћу акумулације загађујућих материја у својим органима, па као такви могу бити одговарајући индикатори присуства и интензитета загађења у животној средини.

Животиње због своје мобилности могу да промене локацију на којој је наступило загађење, па је ово једно од ограничења које је потребно имати у виду приликом одабира ове индикаторске групе организама. Из тог разлога, за погодне животињске биоиндикаторе сматрају се врсте које су слабо мобилне у оквиру одређеног типа станишта, попут бентофауне у воденим екосистемима или педофауне у земљишту. Са друге стране, одређени животињски организми управо својом способношћу кретања могу указивати на загађење које је наступило на неком већем простору односно станишту и служити као рано упозорење на промене у екосистему.

Различити биоиндикаторски организми који се користе за квалитативну детерминацију загађујућих материја називају се још и **биомонитори** и могу се класификовати као **осетљиви** или **акумулативни** [Conti, Cecchetti, 2001]. Примере овог типа биоиндикације налазимо код маховина и лишјајева.

У односу на медијум средине у коме се прате промене, биолошки мониторинг може се поделити на мониторинг загађености вода, ваздуха и земљишта.

8.2. Биомониторинг вода

Повећање потреба за водом доводи до повећања производње отпадних индустријских и комуналних вода различитог степена загађења. Отпадне воде могу садржати растворне и нерастворне честице различитих органских и неорганских загађујућих материја.

Загађење вода може бити **аутогено** (сопствено, пореклом из угинуле биомасе воденог света, а у односу на које водоток поседује могућност самопречишћавања) и **алогено** (антропогеног порекла, најчешће превазилази могућност самопречишћавања водотока, што за последицу има опадање квалитета воде).

Састав алогених вода разликује се у зависности од порекла, а груба подела подразумева била би комуналне отпадне воде, индустријске отпадне воде и отпадне воде пољопривредних комплекса. **Комуналне отпадне воде** највећим делом су воде из домаћинства, и карактерише их углавном стабилан састав, високе количине органске материје и присуство великих количина бактерија, али и детергената и пестицида. **Индустријске воде** настају као последица коришћења вода у технолошким процесима, а врсте њихових загађења могу бити различите: термално, органско, неорганско, комбиновано загађење. Неке од најчешћих материја у индустријским отпадним водама су: метали, киселине и базе, уља, влакна, механичке честице итд. **Отпадне воде пољопривредних комплекса** карактеришу се високим органским загађењем, али и садржајем пестицида, ђубрива и отпадних материја од прераде хране.

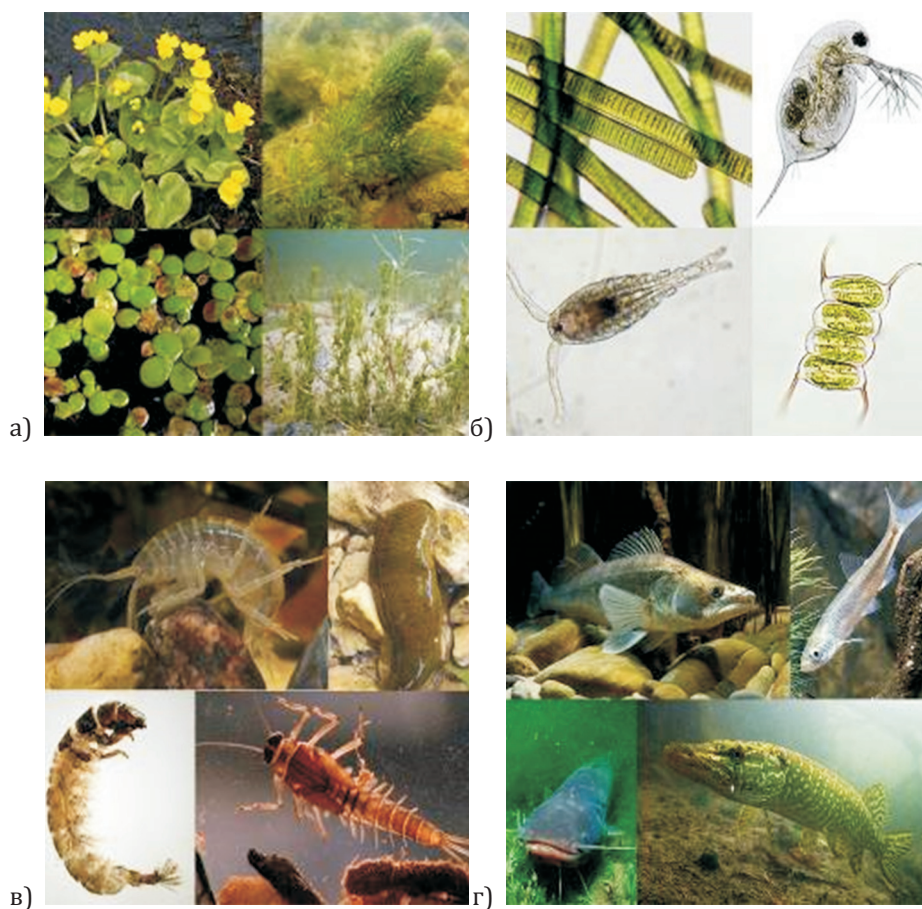
Уливање отпадних вода у реципијенте (реке и језера) доводи до физичких, хемијских и биолошких промена њихових примарних карактеристика. Приликом уливања отпадних вода у реципијенте долази до промене састава и структуре заједнице водених врста. Због могућности праћења прошлог и садашњег стања воденог екосистема мониторинг стања воде на основу биолошких параметара уведен је у међународне и домаће прописе.

Биолошки параметри оцене еколошког потенцијала обухватају у првом реду утврђивање броја присутних таксона различитих индикаторских група као и утврђивање њиховог индекса заступљености или диверзитета. Поред овога, као **помоћни елементи у процени еколошког статуса вода** користе се и физичко-хемијски и хидроморфолошки елементи квалитета вода који су у функцији биолошких елемената и директно или индиректно утичу на њихов развој и распрострањење. Избор одговарајућих биолошких параметара/индекса на основу којих се оцењује еколошки статус врши се према анализи одговора на стресне факторе. Селекција је заснована на приступу који је специфичан за сваки тип вода. Одабрани параметри морају бити поуздани и одражавати карактеристике типа и ниво стреса у одређеном типу вода. Од 2011. у Србији се врши процес одређивања квалитета површинских вода и еколошког статуса вода у складу са Оквирном директивом о водама.

Биолошки елементи представљају део система оцене статуса воде, а као препоручени индикаторски организми користе се акватична флора, планктонски организми, бентосни организми и рибе.

Акватична флора значајни је саставни део заједница водених екосистема. Нарочито су по овом питању важне **водене макрофите** које су примарни продуценти органске материје и на тај начин представљају почетак у ланцима исхране, утичу на светлосни режим воденог станишта, обогаћују воду кисеоником и утичу на кружење нутријената. Под антропогеним утицајем састав макрофитских заједница се квантитативно и квалитативно мења. Водене макрофите се због своје величине лако уочавају, а у њих се убрајају васкуларне биљке, маховине и харе (слика 8.1.а).

Планктон је животна заједница ситних водених организама (бактерија, биљака и животиња) који плутају ношени покретима воде. Најзначајније индикаторске групе планктона налазе се међу биљкама и животињама. Фитопланктон представља заједницу микроскопских биљака које животни циклус проводе у слободној воденој маси, плутајући између површине и дна. **Фитопланктон** се развија углавном у споротекућим равничарским рекама и језерима, док је за брже текуће воде од мањег значаја. У **зоопланктон** спадају животињски организми који живе у зони слободне водене масе и који нису способни властитим покретима савладати кретање воде. Чине га различите групе рачића, мекушаца, ларви бескичмењака и риба (слика 8.1.б).



Слика 8.1. Индикаторске групе водених организама:
а) акватичне макрофите, б) планктон, в) макрозообентос, г) рибе

Бентосне заједнице су животне заједнице организама које су везане за дно (гр. *benthos* = дно). На различитим типовима дна развијају посебне животне заједнице ових организама. Насеље дна је веома важна компонента акватичних биоценоза, па бентосне заједнице представљају добар индикатор услова који владају у екосистему. Ова животна заједница је нарочито важна у текућим водама. У зависности

од врсте организама, заједницу бентоса делимо на фитобентос (биљни организми) и зообентос (животињски организми). **Фитобентос** представља основне примарне продуценте у текућим водама, нарочито у планинским потоцима и рекама. Фитобентос се одликује кратким животним циклусом па чини осетљиву групу која међу првима реагује на промене у воденој средини. Доминантни организми унутар ове групе су алге, попут дијатомеја, зелених алги, цијанобактерија (модрозелених алги) и других. У категорији зообентоса основну индикаторску групу представљају бентосни макробескичмењаци односно макрзообентос. **Макрзообентос** (слика 8.1.в) представља важну компоненту унутар биоценотичких структура, циклуса храњивих материја и ланаца исхране и један је од кључних биолошких елемената за оцену еколошког стања вода. Због релативно дугог животног века и ограничене покретљивости, промене еколошких услова у воденим екосистемима утичу на промену квалитативне и квантитативне структуре ових заједница.

Рибе су водени кичмењаци способни да се активно крећу у зони слободне воде (слика 8.1.г). Насељавају већи део водених станишта и један су од најважнијих елемената биолошког квалитета водених екосистема. За процену еколошког статуса водотокова користе се параметри попут састава врста, заступљености врсте и узрасне структуре популације.

Биоиндикација загађења воде разликује се у зависности од врсте загађења: органског, неорганског или комбинованог.

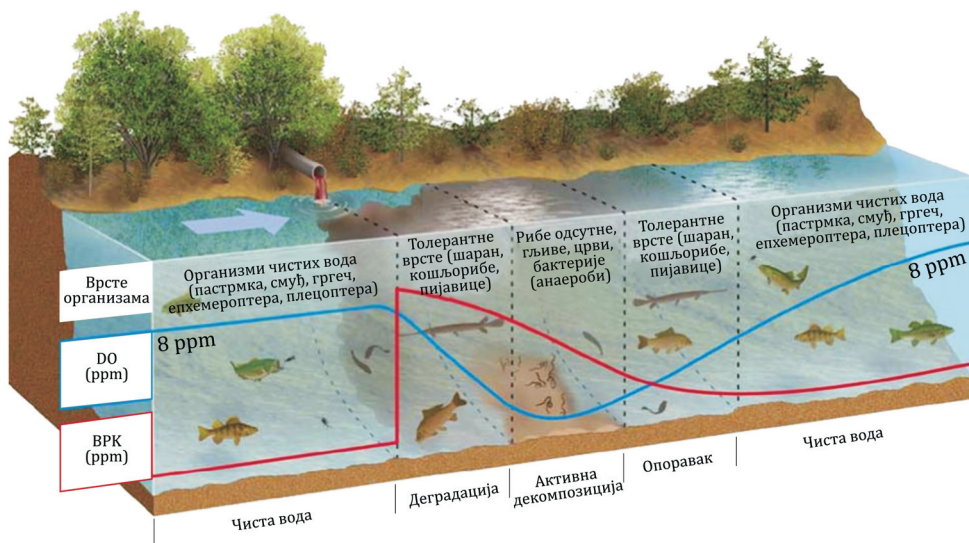
8.2.1. Биоиндикација органског загађења воде

Уколико отпадна вода садржи органске супстанце, њихова разградња у води дешава се у највећој мери путем микроорганизама. Приликом овог процеса долази до појачане потрошње кисеоника, што може довести до појаве његовог дефицита у води. Повећана количина нутријената поспешује и раст алги, које убрзано троше кисеоник и обрастају водену површину онемогућавајући продирање светлости, чиме негативно утичу на водени екосистем спречавајући његово нормално функционисање. Тада долази и до квалитативних и квантитативних промена у саставу воденог екосистема.

На слици 8.2 илустрована је промена квалитета воде и састава акватичних заједница услед појаве органског загађења уз пратећу промену нивоа раствореног кисеоника и биолошке потребе за кисеоником, насталих као последица утроска кисеоника у процесима разлагања органске материје.

У **зони чисте воде** присутни су карактеристични организми прилагођени природним физичко-хемијским карактеристикама вода, количина раствореног кисеоника је висока док је биолошка потреба за кисеоником ниска. Када органски оптерећена отпадна вода доспе у систем, дешава се пораст популација микроорганизама, углавном разлагача органске материје. Услед ових промена долази до појачане потребе за кисеоником у **зони деградације**. Појављују се толерантне врсте акватичних биота. У **зони активне декомпозиције** драстично опада количина раствореног кисеоника, услед чега долази до угинућа многих аеробних ор-

ганизама. Бројност врста у овим условима је мала, и они настављају да разлажу органску материју. У **зони опоравка** дешава се опадање количине органске материје, уз варијацију садржаја раствореног кисеоника и појаву аеробних врста организама. У овој зони дешава се интензиван развој алги, што утиче на повећање количине раствореног кисеоника дању, али и његово опадање ноћу. Након фазе опоравка, екосистем се враћа у првобитно, **чисто стање**. Уколико је, међутим, промена у екосистему високог интензитета или хроничног карактера, поједини аква-тични екосистеми не могу да достигну ову фазу и тада наступају трајне промене.



Слика 8.2. Промена квалитета воде и састава аква-тичних заједница услед органског загађења

Ниво органске оптерећености водених екосистема дефинисан је термином **сапробност**, који означава присуство одређене количине органских материја које су подложне разградњи од стране микроорганизама. Сапробност је, унутар активности у воденој маси, сума свих оних процеса који су супротни примарној продукцији, а који се збивају истовремено са губљењем потенцијалне енергије [Marvan, 1969], па тако степен сапробности суштински одражава интензитет процеса деградиције органске супстанце у екосистему и служи као основ за оцену нивоа органског загађења вода. До данас је у свету развијено више различитих сапробних система. **Индекс сапробности** представља меру органског загађења воде. Може се одређивати употребом различитих метода, а данас се код нас користи метод по Зелинки и Марвану (1961) који узима у обзир квалитативну и квантитативну композицију узорка, као и сапробне валенце узоркованих врста. Као индикаторски организми у употреби су различите групе водених организама - алге, водене макрофите, фитопланктон, зоопланктон, микрозообентос, водени макробескичмењаци и рибе. На основу карактеристичних врста организама и њихове заступљености у узорцима, према једном од основних и често коришћених система сапробности, издвојено је пет сапробиолошких класа воде [Kolkwitz, Marsson, 1909]:

- **катаробни** (ксеносапробни) степен сапробности – зона чисте воде, карактерише је одсуство планктонских врста
- **олигосапробни** степен сапробности воде – зона чисте или врло слабо загађене воде (слика 8.3).
 - ◆ β -мезосапробна вода је умерено загађена, али је још увек аеробна.
 - ◆ α -мезосапробне воде су воде загађене органским материјама.
- **полисапробне** воде су јако загађене и преовлађују анаеробни услови услед интензивних процеса разлагања при којима се троши кисеоник (слика 8.4).



Слика 8.3. Риба *Salmo trutta* (настрмка) – олигосапробна врста и индикатор чистих вода



Слика 8.4. Црв *Tubifex tubifex* - полисапробна врста и биоиндикатор органски јако загађене воде

Сапробиолошке методе дају поуздане резултате само када се прате ефекти органског загађења, док у случају комбинованог органског и неорганског загађења ове методе могу бити непоуздане.

8.2.2. Биоиндикација неорганског загађења вода

Загађење вода неорганским загађујућим материјама настаје природним и антропогеним путем. У природне изворе загађења спадају вулканске ерупције, промена климе, земљотреси, пожари, ерозија и друге природне појаве. У данашње време до неорганског загађења долази у првом реду путем антропогеног дејства, емитовањем загађујућих материја код процеса попут вађења и обраде минералних сировина, металуршких процеса, производње енергије, хемијске индустрије, саобраћаја и других чинилаца. Међу најзаступљеније неорганске загађиваче спадају тешки метали, пестициди и феноли, различите киселине и базе. Такође, загађивање вода минерализованим неорганским солима азота и фосфора из пољопривредних ђубрива данас представља веома распрострањен чинилац нарушавања квалитета вода.

Неорганско загађење вода изазива промене у саставу и квалитету акватичних заједница и организама. Акватични организми читавим својим телом су у контакту са загађењем у екосистему и углавном читав животни век проводе у води, што их чини посебно осетљивим на загађења овог медијума животне средине. Ос-

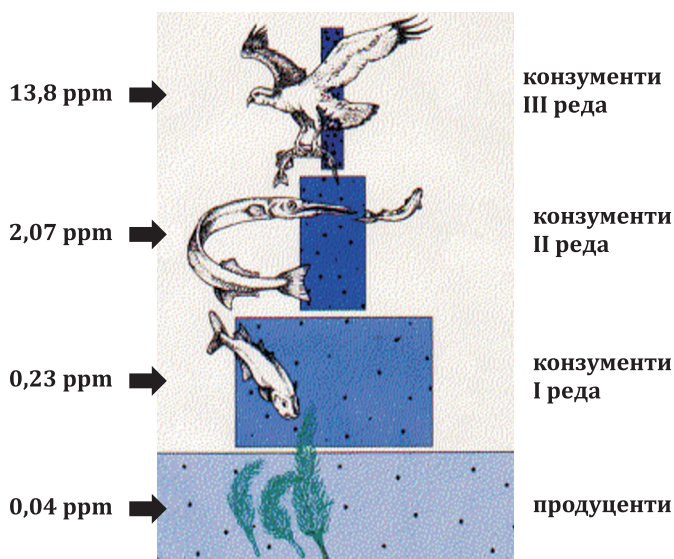
новни путеви уноса супстанци су директно из воде (на пример рибе шкргама, водоземци преко полупропусне коже), преко хране и из резидуа у седименту. Биодоступност загађујуће материје у одређеном систему, као и потенцијал за њено усвајање од стране различитих организама одређује степен дејства неког загађења на водени екосистем.

У зависности од нивоа на коме се ово дејство испољава, разликујемо појаве биоаккумуляције, биоконцентрације и биомагнификације.

Биоаккумуляција се односи на акумулацију супстанце у организму јединке, и представља повећање концентрације супстанце у одређеним ткивима јединке услед апсорпције те супстанце из животне средине и хране [OECD TG 305, 1996].

Биоконцентрација је процес нагомилавања супстанце у организму када је њено уношење из воде веће од њеног излучивања [Mackay, Voethling, 2000].

Биомагнификација је процес који се дешава на нивоу ланца исхране. Апсорпцијом супстанци у организмима који се налазе у основи трофичких пирамида, путем ланца исхране долази до појаве високих концентрација супстанци у организмима на вишим трофичким нивоима (слика 8.5) [Jorgensen, Fath, 2008]. Тако концентрација неке супстанце бива вишеструко увећана путем овог начина преношења, па се утицај појединих загађујућих материја огледа на великим просторима и у дугом временском периоду, и то на нивоу читавих заједница и екосистема. Нежељене последице често бивају констатоване тек након вишегодишњег нагомилавања супстанце у животној средини, када је често већ дошло до трајног оштећења екосистема. Ово је нарочито изражено у погледу постојаних супстанци (жива, инсектицид DDT), које се не разграђују или се јако споро разграђују и метаболишу у живим организмима.



Слика 8.5. Биомагнификација инсектицида DDT-а у ткивима организама на различитим нивоима ланца исхране

Организми који филтрирају воду нарочито су изложени процесима акумулације загађујућих материја. Такође, организми који бораве при дну међу седиментима (бентосни организми) подвргнути су деловању већих концентрација од оних који се налазе у површинским слојевима воде, па је и степен акумулације загађујућих материја већи. У акватичној средини, унос загађујућих материја преко хране је значајнији од уноса преко воде, због веће концентрације ових материја у седименту, честицама и детритусу. Одређене акватичне врсте развиле су механизме трансформације и излучивања неорганских загађујућих материја из организма, чиме до извесног степена могу толерисати њихове повећане концентрације у акватичној средини. Примера ради, поједине врсте риба и љускара способне су да из организма излуче вишак тешких метала вршећи њихово везивање за лиганде хелијске плазме и елиминишући их из организма без претходне биотрансформације. Уколико количина загађујуће материје прекорачи праг толеранције, долази до њене акумулације и депоновања у телесним ткивима акватичних биота.

Ефекти неорганских загађујућих материја на водене организме испољавају се на различитим нивоима организације, па тако може доћи до: промене у саставу врста акватичних екосистема, смањење укупног броја врста и/или броја јединки унутар популације, високог морталитета осетљивих развојних стадијума (јаја, ларве), смањене стопе репродукције, промена у понашању организма, промена метаболизма организма, појава деформитета, промена на ткивима, промена на хелијском нивоу и других.

Токсичност је особина хемијског једињења да узрокује поремећаје код живих организма уколико је унето у прекомерној количини или дози. Токсичност воде изазива присуство токсичних супстанци у одређеној концентрацији. Токсичне супстанце су оне које и при ниским концентрацијама штетно утичу на метаболизам и физиолошку активност организма. При интензивном токсичном загађењу долази до наглог нестајања готово свих акватичних врста. Резултат тога је велико смањење диверзитета, па се могу примењивати само поједине методе за биоиндикацију ове врсте загађења. Да би се одредило деловање загађујућих материја на водене организме, користе се акватички тестови токсичности односно биотестови. Биотестови су експерименталне методе за одређивање границе толеранције при излагању одабраних организма утицају различитих загађујућих супстанци [Finney, 1978]. Поједине погодне водене биљке и животиње могу да послуже као тест организми (индикатори) за процену степена токсичности вода. Токсичност може бити акутна (када се нежељени ефекти манифестују одмах након експозиције, на пример код индустријских хаварија где у животну средину за кратко време доспе велика концентрација непостојаних токсиканата) и хронична (нежељени тератогени, канцерогени, репродуктивни, летални и други ефекти манифестују се након понављаних узастопних изложености малим количинама токсичне супстанце током дужег временског периода). Тестови токсичности омогућавају оцену концентрације супстанце која изазива поремећаје или смрт дела или читаве популације. Када су у питању тестови где је параметар штетног деловање угинуће у контролисаним условима, најчешће се утврђује LD50 или средња летална доза токсичне супстанце при којој у одређеном временском периоду угине 50% тест организма.

Степен реакције организма на неку токсичну супстанцу зависи од осетљивости врсте, као и од врсте и од концентрације токсичне супстанце. У употреби су различити тестови токсичности на биљним и животињским организмима. Међу најчешће коришћене тестове токсичности спадају: тестови за утврђивање стопе смртности водене буве (*Daphnia magna*) погодни за испитивање акутне токсичности вода које садрже тешке метале и инсектициде; тест за утврђивање стопе смртности пастрмке (*Salmo gairdneri*) погодан за испитивање акутне токсичности вода које садрже пестициде, феноле, цијаниде и тешке метале; тест за утврђивање инхибиције раста коренова баштенског креса (*Lepidium sativum*) погодан за испитивање акутне токсичности воде која садржи тешке метале и феноле. Контрола стања воде употребом тестова токсичности у последње време добија све више на значају у савременом мониторингу животне средине, нарочито водених екосистема.

Да би се резултати ових тестова могли практично применити, односно да би се изразила њихова штетност за човека, за добијене вредности примењује се фактор сигурности који износи најчешће 1/50 до 1/100 од средње леталне концентрације за експерименталне организме. На овај начин често се добија износ **максимално дозвољених концентрација (МДК)** опасних и штетних материја наведених у законској регулативи.



Слика 8.6. Појава "цветања воде" услед пренамножавања алги

Загађење вода неорганским солима азота и фосфора доводи такође до модификације састава акватичних екосистема путем процеса који се назива еутрофикација. **Еутрофикација** представља процес обогаћивања воде нутријентима, то је у основи природан процес поступног повећања органске продукције у екосистему који се дешава услед геолошког старења сваког затвореног водног басена, при чему водни басен у дужем временском периоду тежи да у основи пређе у копнено станиште. Међутим, услед израженог дејства антропогеног фактора и уношења високих концентрација фосфата и нитрата са пољопривредних површина у водене екосистеме, долази до снажног убрзања овог процеса и нарушавања квалитета вода. Наиме, по-

већање концентрације једињења азота и фосфора доводи до убрзаног размножавања алги и виших биљака. Ова појава назива се "цветање воде" (слика 8.6) и утиче на смањење концентрације кисеоника у води, што доводи до обољења и угинућа риба и других осетљивих аеробних организама. Упоредо са овим процесом повећава се и бројност одумрлих алги које услед недостатка кисеоника не могу бити потпуно разложене, тако да настају токсични продукти разлагања који изазивају велико опадање квалитета воде.

8.2.3. Биоиндикација физичког загађења воде

У физичке чиниоце загађивања вода спадају промене топлоте, боје, мириса, радиоактивности, садржаја суспендоване чврстих материја, песка, муља и других материја у води.

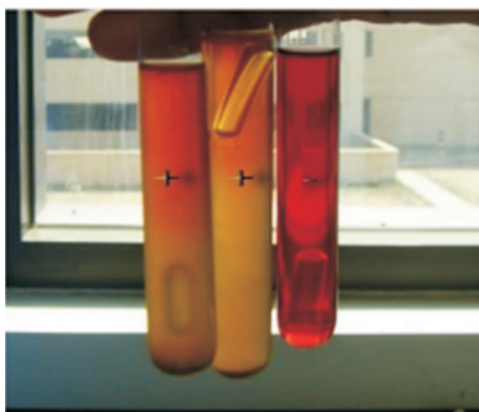
Дејство **термалног загађења** огледа се у директном или индиректном дејству на водени екосистем. Директно дејство подразумева промену састава врста и генерално осиромашење животних заједница водених организама. Индиректно деловање утиче на промену растворљивости кисеоника и услова за респирацију акватичних организама, као и последичну промену бројности врста. Уместо већег броја врста са умереном заступљеношћу, у условима термалног загађења опстаје мањи број врста са високом заступљеношћу јединки, чиме долази до дестабилизације воденог екосистема.

Уношење **суспендованих честица** мења физичко-хемијска својства воде (провидност, боју, тврдоћу воде, садржај електролита и друго), што доводи до негативних последица по живи свет водене средине. Таложeње суспендованих честица на дно изазива прекривање бентосних организама и укорењених акватичних биљака, чиме им отежава или онемогућава опстанак. Присуство суспендованих честица у воденом телу отежава дисање организама који филтрирају воду односно поседују шкрге, док механичко дејство ових честица може бити погубно по планктонске организме који лебде у слободној води. Присуство суспендованих честица такође смањује провидност воде, чиме умањује степен фотосинтезе или је у извесним случајевима и потпуно онемогућава, утичући тако на састав акватичне вегетације и продукцију биомасе у води.

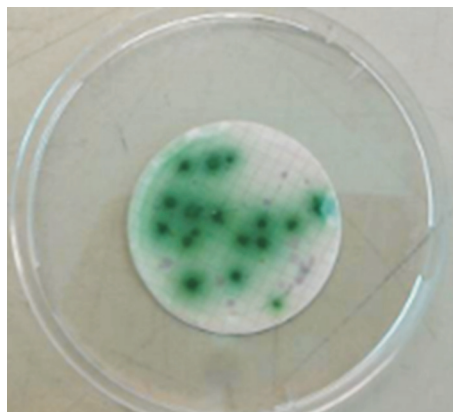
8.2.4. Микробиолошки параметри оцене еколошког статуса вода

Микробиолошки параметри указују на степен загађености воде микроорганизмима, природу и интензитет загађења, као и на то да ли се ради о трајном или тренутном загађењу. Такође указују на степен сапробности и еутрофикације вода, као и на потенцијалну моћ самопречишћења воде. Од микробиолошких индикатора "Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода" обухвата број укупних и фекалних колиформа, фекалних ентерокока као и индикаторе органског загађења тј. број хетеротрофа, аеробних хетеротрофа и олиго-

трофа. Колиформне бактерије указују на могућност контаминације патогеним бактеријама (слика 8.7). Присуство фекалних колиформних бактерија, међу њима нарочито присуство врсте *Escherichia coli* или *Enterococcus faecalis* указују на то да вода може бити загађена људским или животињским отпадом (слика 8.8). Аеробни хетеротрофи су индикатор квалитета воде са аспекта њеног органског загађења, док су факултативни олиготрофи индикатори вода које су мање оптерећене материјама органске природе.



Слика 8.7. Одређивање укупног броја колиформних бактерија



Слика 8.8. Индикација и пребројавање колонија *E. coli*

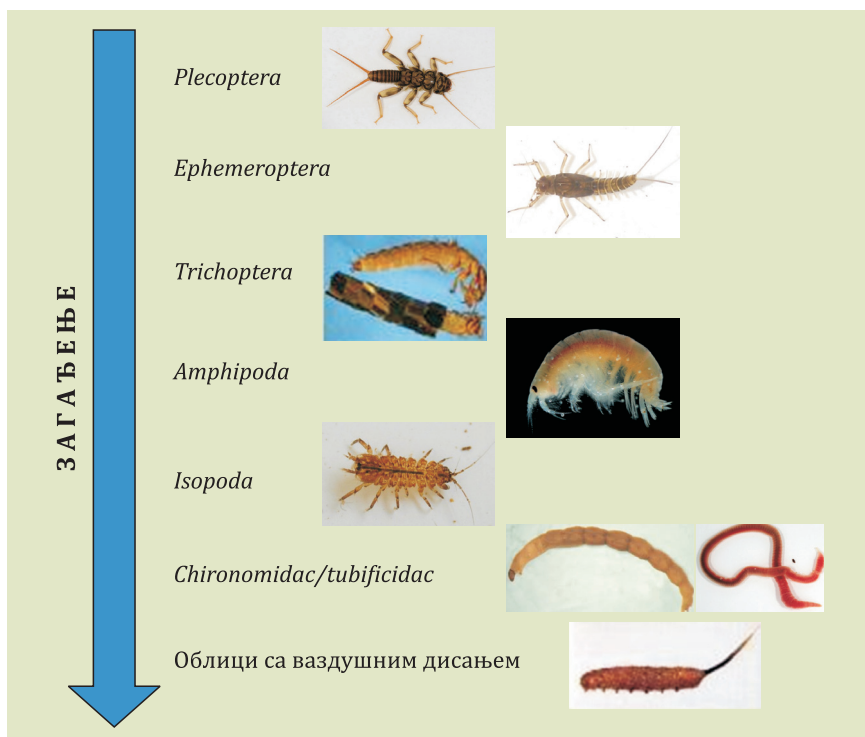
8.2.5. Биолошки индекси у процени квалитета вода

За процену квалитета воде путем биолошких параметара користе се различите врсте индекса, при чему су данас у највећој мери у употреби индекси сапробности, индекси биодиверзитета и биотички индекси.

Индекси сапробности служе за оцену степена органског загађења а за основу имају присуство или одсуство индикаторских врста организама.

Индекси диверзитета представљају меру биолошке разноврсности неког станишта. Што су еколошки услови у воденом станишту разноврснији, већи ће бити и његов биодиверзитет. Низак индекс диверзитета указује на станиште сиромашно акватичним организмима услед дејства неког природног или антропогеног фактора.

Биотички индекси развијени су као комбинација индекса сапробности и индекса диверзитета и користе се у исказивању квалитета животне средине на основу индикаторских вредности организама који су у њој присутни. При процени стања утврђује се број присутних група организама, присуство или одсуство кључних група као и њихова разноврсност. Заснивају се на уоченој тенденцији нестајања одређених група организама са повећањем нивоа загађености [Woodiwiss, 1964], слика 8.9.



Слика 8.9. Тенденција нестајања група акватичних бескичмењака са повећањем нивоа загађености

8.2.6. Методе узорковања у биомониторингу вода

За узорковање фито- и зоопланктонских организама користе се **планктонске мрежице**. Мрежица се провлачи кроз воду, при чему се вода филтрира, а заостали организми се прикупљају у стаклени или пластични суд на дну мрежице (слика 8.10.а). На основу пређеног пута и површине рама, прерачунава се количина профильтриране воде. Прикупљени материјал се фиксира формалдехидом или алкохолом.

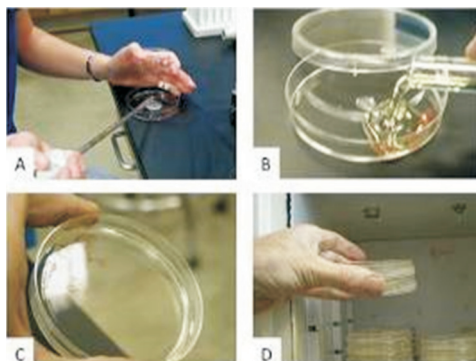
Прикупљање бентосних организама обавља се уз употребу **ручних бентосних мрежа** или **Сурберових мрежа** (слика 8.10.б) захватних површина 0,1 и 0,04 m². Узорковање ручним бентосним мрежама обавља се помоћу тзв. "kick-netting"-а, при чему се мрежа поставља на дно водног тела, а ногом се површина дна испред отвора мреже помера тако да се фауна дна усмерава ка мрежи у коју је уноси водена струја. Сурберова мрежа сачињена је од мреже и квадратног рама одређене површине које се поставља на дно воденог тела. Подручје ограничено квадратом се нарушава ногом, чиме се фауна дна узнемирава и излази из седимента, те их водена струја носи у мрежу. За прикупљање бентоса могу се користити и **багери** (хватачи) помоћу којих се прикупља седимент различитих типова (слика 8.10.г), захватних површина 0,04 и 0,03 m², као и ручним сакупљањем и спирањем материјала са различитих површина.



Слика 8.10. Опрема за узорковање: а) планктонска мрежица, б) Сурберова мрежа за прикупљање бентофауне, в) повлачна мрежа за прикупљање рибе, г) багер типа Екман



Слика 8.11. Узорковање воде у стерилне посуде за микробиолошку анализу



Слика 8.12. Засејавање микроорганизама на хранљиве подлоге у лабораторији

Узорковање и пописивање акватичних макрофита обавља се у време вегетацијске сезоне. Узоркује се у смеру противном смеру струје како замућење воде не би ометало преглед. Узорковање риба врши се изловљавањем уз употребу **мрежа стаја-ћица** и **повлачних мрежа** различитог промера окаца (слика 8.10. в), као и коришћењем агрегата за **електро-риболов**. Детерминација прикупљених акватичних организама обавља се помоћу адекватних кључева до најнижег поузданог таксономског нивоа.

Узорковање воде за испитивање микробиолошког састава врши се у одговарајућим стерилним посудама које у одређеном краћем временском периоду морају бити допремљене у лабораторију и подвргнуте анализи (слика 8.11). Циљ узрковања је да се онемогући размножавање оних бактерија које у води већ постоје, али да оне у њој остану живе и способне за размножавање. У лабораторијским условима врши се њихово даље пребројавање и засејавање на одговарајуће хранљиве подлоге (слика 8.12).

8.3. Биомониторинг ваздуха

Биомониторинг квалитета ваздуха односи се на установљивање концентрација загађујућих материја из ваздуха у живим организмима. За биоиндикацију загађености овог медијума животне средине користе се најчешће лишајеви, маховине и васкуларне биљке. Одабир врста за биомониторинг ваздуха врши се на основу специфичности њихове реакције на одређено загађење, могућности да се акумулација загађења одвија искључиво из атмосфере, као и на основу широке заступљености врста на испитиваном подручју [Wolterbeek, 2002]. Индикаторски организам треба да јасно квантитивно одражава концентрације елемента од интереса у атмосфери. Основне методе биомониторинга које се овде користе су **пасивни** мониторинг (коришћење организама који се природно налазе у животној средини и изложени су њеним утицајима) и **активни** мониторинг (измештање организама из природне средине и излагање загађеним локацијама у сврху праћења квалитета ваздуха).

Доминантне врсте које се користе у програмима биомониторинга ваздуха су лишајеви и маховине, који услед недостатка кореновог система усвајају материје директно из ваздуха, а не из подлоге.

8.3.1. Биоиндикација загађења ваздуха помоћу лишајева

Лишајеви представљају сложене организме који чине симбиозу алги и гљива. Веома су погодни за биолошку индикацију загађености ваздуха пошто су стеновалентни у односу на концентрацију загађујућих материја и подлогу коју насељавају, док су еуривалентни у односу на неке друге еколошке факторе, што им омогућава релативно широку распрострањеност у животној средини. Основне предности лишајева као биоиндикатора су: усвајају хранљиве и друге супстанце искључиво из ваздуха и из падавина, за разлику од васкуларних биљака немају могућност да одбаце поједине делове тела тако да оно што усвоје остаје трајно у њиховом телу, метаболички су активни у току читаве године и имају спор раст, па је зато негативне утицаје загађења на њих могуће пратити у дужем временском периоду.

Прва истраживања из области биоиндикације лишајева у односу на загађеност ваздуха датирају из 19. века, када је опажено смањено присуство лишајева у центру Париза у односу на његову периферију, и та појава доведена је у везу са урбаним аерозагађењем [Nylander, 1866]. Даљим истраживањима примећено је да је у градским центрима бројност индивидуа и врста лишајева углавном занемарљиво мала у односу на околину, док у неким индустријским зонама лишајеви потпуно одсуствују. Данас се они широко користе у биоиндикацији различитих врста загађења: за индикацију гасних полутаната (SO_2 , NO_2 , HF , O_3), радионуклида, тешких метала, испарљивих полицикличних ароматичних угљоводоника (ПАН) и других. Лишајеви су нарочито осетљиви на повишене концентрације SO_2 у ваздуху, при чему се физиолошке промене могу уочити чак и при његовим веома ниским концентрацијама [Pearson, Rodgers, 1982]. Ови организми коришћени су и као индикатори радиоактивне контаминације животне средине за процене последица нуклеарне несреће у Чернобилу 1986., за испитивање глобалне депозиције радионуклида као последица нуклеарних проба у атмосфери као и за процену стања животне средине око нуклеарних постројења и реактора [Lorri et al., 2003; Тодоровић и др., 2007].

**Врсте
нетолерантне
на загађење ваздуха**



Usnea subfloridiana

**Врсте
умерено толерантне
на загађење ваздуха**



Graphis scripta

**Врсте
које добро подносе
загађеност ваздуха**



Xanthoria parietina



Cladonia coccifera



Foraminella ambigua



Physcia tenella

Слика 8.13. Поједине врсте лишајева као индикатори различитог степена загађења

Биоиндикација аерозагађења лишајевима практично се може спроводити на два нивоа: нивоу физиолошких промена (утврђују се промене садржаја хлорофила, интензитета фотосинтезе и респирације, поремећаји у степену фиксације азота и слично) и нивоу промене заједница (промене у структури лишајских заједница при различитим нивоима загађења). Такође, мониторинг аерозагађења лишајевима може бити пасиван, када се опажају промене у саставу природно присутних заједница, и активан, када се користи метода експонирања интродукованих примерака лишајева из загађених станишта различитим условима загађења, при чему се мери брзина њиховог пропадања.

У биолошкој индикацији загађености ваздуха користе се пре свега епифитске врсте лишајева (оне као подлогу за учвршћивање користе друге биљке, али се хране независно од њих), које према типу тела могу бити корасте, листасте и жбунасте. Различите врсте показују и различит степен осетљивости на аерозагађење (слика 8.13). Генерално, лишајеви жбунастог типа са великом површином изложеном спољним утицајима по правилу први нестају из загађене средине, следе их лишајеви листастог типа, док су лишајеви корастог типа најотпорнији [Стаменковић, 2006].

8.3.2. Методе за утврђивање квалитета ваздуха на основу распрострањености лишајева

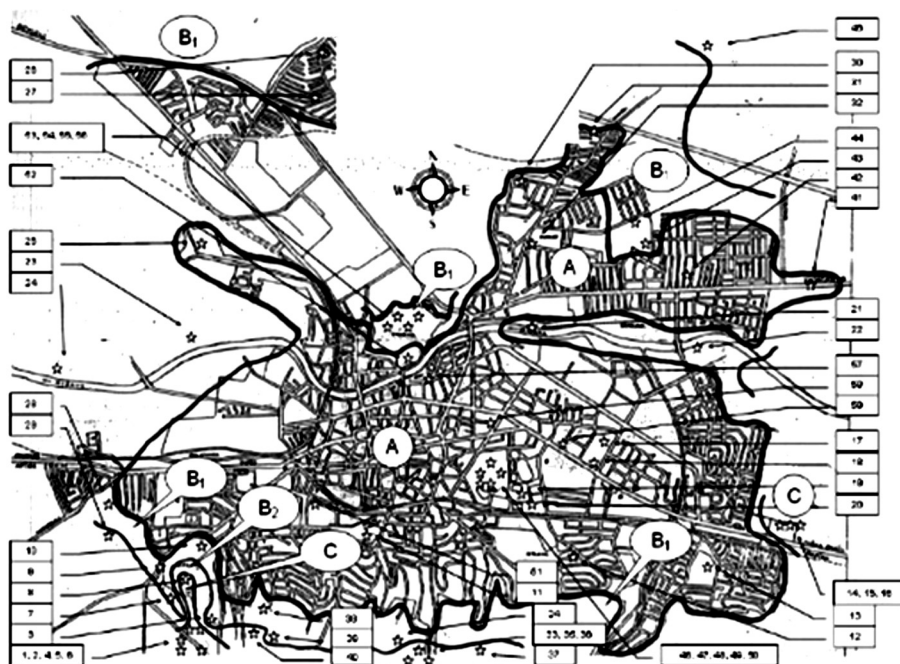
Широко коришћен метод лишајске индикације квалитета ваздуха односи се на картирање епифитских лишајева и израчунавање "индекса атмосферске чистоће" IAP (*eng. index of atmospheric purity*). Овај индекс израчунава се на основу еколошког индекса сваке констатоване врсте и њене покровности на истраживаном локалитету. Сума IAP вредности за сваку истраживану локацију наноси се на карту испитиване области, а онда се све вредности које су у одређеном интервалу спајају изометријским линијама формирајући на тај начин зоне различитог степена аерозагађења, чиме се конструишу такозване "лишајске карте аерозагађења" [Стаменковић, Цвијан, 2003], слика 8.14. Основне зоне које се при томе могу издвојити су:

- А. зона "лишајске пустиње" - нема епифитских лишајева
- Б. зона "унутрашње борбе" - налазе се углавном лишајеви корастог типа, способни да поднесу високе концентрације загађујућих материја
- Ц. зона "спољашње борбе" - јављају се лишајеви корастог и листастог типа, нешто осетљивији на загађиваче ваздуха
- Д. "чиста" или "нормална" зона – насељавају је осетљиве врсте жбунастих, листастих и корастих лишајева

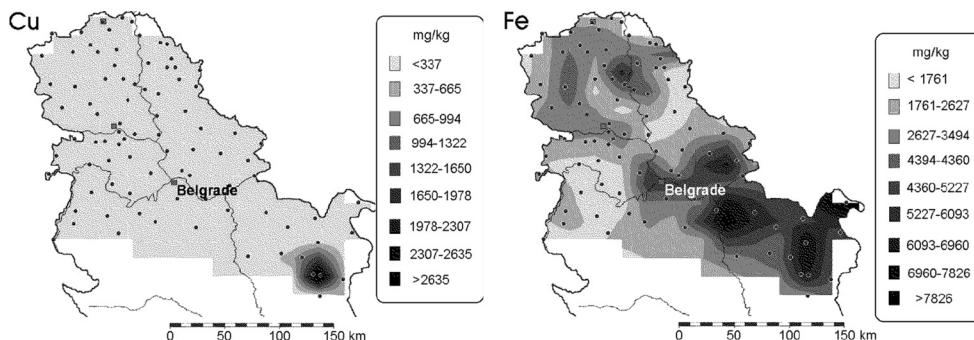
8.3.3. Биоиндикација загађења ваздуха помоћу маховина

Маховине представљају широко распрострањену групу копнених биљака и најчешће насељавају влажне средине. Основне погодности маховина као биоиндикатора су: недостатак кореновог система, релативно велика апсорпциона површина, могућност акумулације и задржавања елемената из ваздуха. Историјат примене маховина као биоиндикатора загађености ваздуха такође је базиран на констатацији нестанка одређених врста у центрима градова у 19. веку [Arnold, 1892].

Маховине се услед ограниченијег распрострањења у нешто мањој мери користе као објекат биоиндикације у односу на лишајеве, с изузетком биоиндикације загађења металима јер ефикасно акумулирају ове елементе и задржавају их и након престанка загађења. Данас је биомониторинг помоћу маховина део програма контроле стања животне средине у већини европских земаља, где пружа податке о антропогеном загађењу као последици саобраћаја и сагоревања фосилних горива и омогућава идентификовање извора загађења тешким металима (слика 8.15), радионуклидима и полицикличним ароматичним угљоводоницима.



Слика 8.14. Карта аерозагађења града Ниша на основу лишајева као биоиндикатора (1 до 59 - истраживачке тачке; А - "Лишајска пустиња"; В1 - "Унутрашња зона борбе"; В2 - "Спољашња зона борбе"; С - "нормална" зона)



Слика 8.15. Депозиција метала на подручју северне Србије, садржај Cu и Fe у врсти маховине *Nurpium supressiforme*

У случају биоиндикације маховинама такође се примењују методе пасивног и активног мониторинга, с тим што је услед слабијег природног распрострањења маховина у урбаним и индустријским подручјима све чешће у употреби активни мониторинг. Он се изводи помоћу трансплантације маховина из њиховог природног станишта на локације у којима се мери загађење у посебним врећицама које се одређено време излажу дејству гасовитих полутаната [Вуковић и др., 2015], слика 8.16. У биоиндикацији загађености ваздуха најчешће се користе епифитске врсте маховина.



Слика 8.16. *Метод активног мониторинга квалитета ваздуха у Београду помоћу експозиције кесица са маховином*

8.3.4. Методе за утврђивање квалитета ваздуха на основу распрострањености маховина

Основни метод индикације квалитета ваздуха помоћу маховина сличан је методи која се примењује за лишајеве и своди се на картирање распрострањености маховина и израчунавање индекса атмосферске чистоће IAP. На основу распона вредности овог индекса формирају се са зоне распрострањености маховина, у којима се констатује различит степен аерозагађења.

8.4. Биомониторинг земљишта

Биоиндикаторски организми користе се и у процени квалитета земљишта. Они одражавају директне ефекте загађујућих материја у земљишту на живе организме, дајући информацију која се не може добити користећи директне анализе физичко-хемијских особина земљишта. У биоиндикацији загађења земљишта најчешће се користе земљишни бескичмењаци и васкуларне биљке. Процена стања може се вршити кроз тестове токсичности на одабраном организму, или кроз испитивање стања и структуре заједница или популација одређене врсте. Међу распрострањеним тестовима биотоксичности су тестови доступности загађујућих материја из земљишта кишним глистама (*Eisenia sp.*), као и утицаји загађеног земљишта на ницање и рани раст биљака (спроводе се најчешће на врсти репе *Brassica rapa*).

8.4.1. Биоиндикација квалитета земљишта помоћу васкуларних биљака

Васкуларне биљке чине основу биолошког мониторинга квалитета земљишта. Њихова погодност огледа се у томе што су широко распрострањене, животни циклус проводе на једном месту и имају коренов систем којим усвајају елементе из земљишног раствора.

За индикацију односа биљака према условима станишта које насељавају развијени су такозвани биолошки индекси или **биоиндикаторске вредности**. Они се односе на факторе станишта попут влажности, киселости земљишта, светлости, температуре, салинитета и количине азота у земљишту [Ellenberg, 1974; Којић и др., 1997]. На основу својих индикаторских вредности биљке су груписане у различите категорије (најчешће 5 или 7 категорија) које обухватају распоне одговора биљних организама на наведене факторе спољашње средине.



Слика 8.17. *Viola arvensis*, врста индикатор земљишта богатих арсеном



Слика 8.18. *Minuartia verna*, врста индикатор земљишта богатих бакром



Слика 8.19. Врста *Thlaspi caerulens*, хиперакумулатор цинка



Слика 8.20. Врста *Allysum murale*, хиперакумулатор никла

Примена виших биљака у индикацији загађености земљишта заснива се на њиховој способности да усвајају токсичне супстанце из земљишта, транспортују их кроз свој организам или их на одређеном месту акумулирају. Степен и начин овог усвајања веома много варира у зависности од врсте биљке. Тако поједине биљне врсте могу прецизно указати на присуство и концентрацију разичитих загађујућих материја (тешких метала, хемикалија, пестицида итд.). Појава акумулације загађујућих материја у већој мери указује на повећање и ширење загађења на некој локацији. Посебно је значајна употреба биљака у биомониторингу загађености земљишта тешким металима. Већина биљака је осетљива на ниске концентрације тешких метала у подлози, али одређен број врста насељава станишта са високим концентрацијама токсичних метала. Биљке адаптиране на земљишта богата различитим металима називају се металофите и могу бити индикатори одређених природних минералних и рудних наслага, као и оних места на којима постоји неки вид антропогене контаминације металима (слика 8.17 и 8.18).

У односу на количину тешких метала коју могу акумулирати у свој организам, металофите се сврставају у хипер-акумулаторе, акумулаторе, индикаторе и биљке које усвајају метале у малим количинама. Хиперакумулаторске врсте су оне врсте које су способне да акумулирају метале у концентрацијама које су и до 100 пута веће од природних концентрација код биљака које се не одликују способношћу акумулације. До сада је описано преко 400 врста биљака хиперакумулатора. Међу најпознатијим хиперакумулаторским врстама су *Thlaspi caerulens* (слика 8.19) и *Allysum murale* (слика 8.20). Ова особина металофита данас је искоришћена у биотехнологији и заштити животне средине кроз развој методе **фиторемедијације** - технологије која користи биљке да уклони, деградира или задржи штетне хемијске материје из различитих медијума животне средине [Raskin et al, 1997].

8.4.2. Методе за утврђивање квалитета земљишта на основу васкуларних биљака

При употреби биоиндикацијских вредности биљних врста оцењује се степен заступљености категорија биљних одговора на различите факторе средине на неком простору. Поред овога, могу се одређивати и индикаторске вредности заједница које ове врсте граде на одређеним локацијама, чиме је могуће релативно прецизно оценити еколошке услове сваког појединачног станишта.

Код биомониторинга тешких метала у васкуларним биљкама анализира се концентрација метала у њиховим подземним и надземним деловима, и то најчешће у корену, листовима и кори. При томе се процена концентрације, акумулације и транслокације метала из земљишта у биљку врши на основу израчунавања неколико фактора [Yoon et al., 2006]:

- **биоцентрациони и биоаккумуляциони фактор** – представљају однос између садржаја елемента у корену, односно надземном делу биљке и концентрације елемента у земљишту. Указују на степен иницијалног продирања неког елемента у биљни организам,
- **транслокациони фактор** – представља однос између садржаја неког елемента у надземном делу биљке и садржаја тог елемента у корену, чиме се одређује ефикасност одређене врсте у транспорту елемента из корена у надземне деове и потенцијална могућност укључивања тог елемента у ланце исхране.

Питања за понављање:

1. На чему се базира биолошки мониторинг?
2. Шта су биоиндикатори?
3. Када се користе биоиндикатори?
4. Наведите основне групе биоиндикатора!
5. Зашто је погодно коришћење животиња као биоиндикатора?
6. Који биоиндикатори се користе у мониторингу вода?
7. Чиме се дефинише ниво органске оптерећености воде?
8. Шта су биотестови?
9. Шта је еутрофикација?
10. Какав је утицај суспендованих честица у води на биљни свет?
11. На шта указују микробиолошки параметри квалитета воде?
12. На шта указује индекс диверзитета?
13. Шта је биотички индекс?
14. Која опрема се користи за узимање биолошких узорака?
15. Наведите основне методе биомониторинга ваздуха!
16. Како се у мониторингу ваздуха користе лишајеви?
17. Како се у мониторингу ваздуха користе маховине?
18. Шта су биолошки индекси квалитета земљишта?
19. Које биљке се користе као биоиндикатори загађености земљишта?
20. Шта су металофите?

Литература

- [1] **Kolkwitz, R. Marsson, M.**, (1902), Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Kl. Mitt. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung 1
- [2] **Gerhardt, A.**, (1999), Biomonitoring of Polluted Water. Reviews on Actual Topics. Trans Tech Publ, Zürich, Switzerland; pp. 301
- [3] **Hellawell, J.**, (1986), Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management, Elsevier, London
- [4] **Carnigan, V., Villard, M.**, (2002), Selecting Indicator Species to Monitor Ecological Integrity: a review, Environmental Monitoring and Assessment 78, pp.45–61
- [5] **Conti, M., Cecchetti, G.**, (2001), Biological Monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment - a review, Environmental Pollution, 114, pp.471-492
- [6] **Zelinka, M., Marvan, P.**, (1961), Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer, Archiv für Hydrobiologie, 57, pp. 389–407
- [7] **Marvan, P.**, (1969), Notes to the application of statistical methods in evaluation of saprobiology, Symposium CMEA on Questions of Saprobity, pp. 19-43
- [8] **OECD**, (1996), OECD Guidelines for Testing of Chemicals, Test Guidelines 305
- [9] **Mackay, D., Boethling, R.**, (2000), Handbook of Property Estimation Methods for Chemicals: Environmental Health Sciences, CRC Press, pp. 504
- [10] **Jorgensen, S., Fath, B.**, (2008), Encyclopedia of Ecology, Volume 1, Newnes, pp. 4122
- [11] **Finney, D.J.**, (1978), Statistical Method in Biological Assay, 3. ed. Charles Griffin & Co., London, pp. 508.
- [12] **Woodiwiss, F.**, (1964), The biological system of stream classification used by the Trent River Board, Chemistry and Industry, 11, pp.443-447

- [13] **Wolterbeek, H.T.**, (2002), Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives, *Environmental Pollution*, 120, pp.11-21
- [14] **Nylander, W.**, (1866), Les lichens du Jardin du Luxembourg, *Bulletin Societe Botanique de France* 13, pp. 364-372.
- [15] **Pearson, L., Rodgers, G.**, (1982), Air pollution damage to cell membranes in lichens, III. Field experiments, *Phyton (Austria)* 22, pp. 329-337
- [16] **Loppi, S., Riccobono, F., Zhang, Z.H., Savic, S., Ivanov, D., Pirinsos, S.A.**, (2003), Lichens as biomonitors of uranium in the Balkan Area. *Environmental Pollution*, 125, pp. 277-280
- [17] **Тодоровић Д., Поповић Д., Ајтић Ј.**, (2007), Маховине као индикатори загађења ваздуха у урбаним срединама, XXIV симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе, Зборник радова, Златибор, стр. 73-76
- [18] **Стаменковић, С.**, (2006), Биоиндикација степена загађености ваздуха урбаних средина коришћењем лишаја као биоиндикатора, Семинар Загађење воде и ваздуха; биоиндикација и биомониторинг- практични аспекти, Биолошки факултет Универзитета у Београду, Институт за ботанику и Ботаничка башта "Јевремовац"
- [19] **Stamenković, S., Cvijan, M.**, (2003), Bioindication of air pollution in Niš by using epiphytic lichens, *Archive of Biological Sciences*, 55 (3-4), pp. 133-140.
- [20] **Arnold, F.**, (1892), Zur Lichenenflora von Miinchen, *Berichte Bayerischen Botanischen Gesellschaft sur Erforskung der Heimischen Flora*, 2, pp. 2-76
- [21] **Frontasyeva, M., Galinskaya, T., Krmar, M., Matavuly, M., Pavlov, S., Povtoreyko, E., Radnovic, D., E. Steinnes, E.**, (2004), Atmospheric deposition of heavy metals in northern Serbia and Bosnia- Herzegovina studied by the moss biomonitoring, neutron activation analysis and GIS technology, *Journal of Radioanalytical and Nucler Chemistry*, 259, pp. 141-144
- [22] **Vuković, G., Aničić-Urošević, M., Tomašević, M., Samsonb, R., Popović, A.**, (2015), Biomagnetic monitoring of urban air pollution using moss bags (*Sphagnum girgensohnii*), *Ecological Indicators*, 52, pp. 40-47
- [23] **Ellenberg, H.**, (1974), *Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas*, *Scripta geobotanica*, Göttingen
- [24] **Којић, М., Поповић, Р., Караџић, Б.**, (1997), Васкуларне биљке Србије као индикатори станишта, Институт за истраживања у пољопривреди "Србија", Институт за биолошка истраживања "Синиша Станковић", Београд
- [25] **Raskin, I., Smith, R., Salt, D.**, (1997), Phytoremediation of metals, Using plants to remove pollutants from the environment. *Current Opinions in Biotechnology*, 8, pp. 221-126
- [26] **Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., Ma, L.** (2006), Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site, *Science of the Total Environment*, 368: 456-464

Подсећање

Присуство одређене количине органске материје природно је својство свих водених екосистема. Ова појава назива се **трофичност** (*trophos* = храна). У односу на степен присуства и разградње органске материје, односно присуства нутријената, воде се могу сврстати у **олиготрофне** и **еутрофне**.

Олиготрофне (*oligos* = мало) су оне воде које имају мало хранљивих материја и због тога ограничену органску продукцију. Сиромашне су фосфором и азотом, а богате кисеоником, нарочито при дну. Планктон је разноврстан, али је број индивидуа мали. Вода је чиста и провидност је већа од 3 m. Биолошка карактеристика ових вода је присуство бентосних организама.

Еутрофне (*eu* = добро, много) имају доста хранљивих материја и зато је органска продукција велика. Вода садржи знатне количине азота и фосфора, а недостаје кисеоник. Планктон је сиромашан врстама, али је богат бројем индивидуа у врсти. У 1 ml се може наћи 100.000 и више организама. Прозирност је мања од 1 m.

Док трофичност представља ниво природне органске продукције у водама, сапробност се односи на ниво укупне органске оптерећености акватичних екосистема, односно на суму трофичности и додатних органских оптерећења која се најчешће јављају као последица директног или индиректног антропогеног утицаја. Према чистоћи и загађености, на основу једног од широко прихваћених савремених **система сапробности**, воде се могу поделити на катаробне, лимносапробне, еусапробне и транссапробне. Катаробне и лимносапробне су природне воде, еусапробне су отпадне, а транссапробне су воде у којима нема присутних живих бића, сем, понекад организама у својим мирујућим стадијумима.

Воде без икаквог загађења (подземне, изворске и воде за пиће после третмана) називају се **катаробне (К)**. Индекс сапробности је 0.

Лимносапробне (Л) су слабо или јаче загађене подземне и површинске воде. Деле се на 5 поднивоа, а квалитет се изражава путем индекса сапробности.

1. **Ксеносапробне (х)** се поистовећује са појмом катаробност, а од катаробних се разликују само по томе што у себи садрже примарне продуценте.

2. **Олигосапробне (о)** - вода I класе, чиста или незнатно загађена, са унапредовалим процесима минерализације, има доста раствореног кисеоника, велику прозирност и мали број бактерија (<100 у 1 cm³), индекс сапробности је 1 до 1,5, најчешће у ову групу спадају планински потоци и језера.

3. **Мезосапробне**

3.1. **Бетамезосапробна (β)** – II класа вода, умерено органско загађење, присутан кисеоник, процеси редукције завршени, укупан број бактерија испод 100.000 у 1 cm³, индекс сапробности је 1,5 до 2,5, у ову групу спадају већа језера и доњи токови незагађених река,

3.2. **Алфамезосапробна (α)** – вода III класе, јако загађена, са полуанаеробним условима, присутне аминокиселине, масне киселине, SO₂, укупан број бактерија изнад 100.000 у 1 cm³, индекс сапробности је 2,5- 3,5, ово су најчешће рукавци река,

4. **Полисапробне (п)** – вода IV класе, присутне органске материје велике молекулске тежине, недостатак кисеоника, преовлађују редукциони процеси, присутан H₂S, NH₃ и CO₂, укупан број бактерија изнад 150.000 у 1 cm³, индекс сапробности је 3,5-4, у ову групу спадају загађени водотокови (реке низводно од улива отпадне воде).

Отпадне воде, богате органским материјама, које су подложне органској разградњи називају се **еусапробне (Е)**. Разликују се 4 нивоа:

1. **изосапробне (и)** - богате органским материјама чија разградња још није отпочела, на пример канализациони муљ;
2. **метасапробне (м)** – осим органских супстанци присутне су и токсичне супстанце, без кисеоника, присутан H₂S;
3. **хиперсапробне (х)** – анаеробни процеси, почетак разградње сложених органских једињења, присутан H₂S;

4. **ултрасапробне (b)** - индустријске отпадне воде пре почетка деградације, нема живих организама, али су присутне споре, на пример отпадне воде шећерана.

Транссапробне (Т) су загађене воде у којима жива бића нису присутна осим у облику мирујућих стадијума.

Разликују се 3 нивоа:

1. **антисапробност (a)** - индустријске отпадне воде са токсичним материјама, организми изумиру
2. **радиосапробност (p)** – воде са радиоактивним загађењем
3. **криптосапробност (k)** – воде у којима је живи свет умртвљен дејством неких физичких фактора, као на пример ниских температура

9. МОНИТОРИНГ УРБАНЕ СРЕДИНЕ

Шта можете сазнати и научити читајући ово поглавље:

- шта је урбана средина и које су њене карактеристике,
- врсте специфичних загађивача у урбаној средини,
- који су извори загађења ваздуха,
- како се одабире место за узорковање и мерење,
- како се прорачунава изложеност становништва загађењу,
- како се обавља мониторинг биолошких аеросола - полена.

Урбана или градска средина је компактно изграђено насељено подручје са свим карактеристикама урбанизованог, култивисаног насеља и градским садржајима који га одређују: асфалтираним улицама, трговима, градским четвртима, деловима града, парковима, шеталиштима, управним и комуналним функцијама, школама и дечјим вртићима, образовним установама општег и посебног карактера, медијима, верским објектима, продавницама, робним кућама и тржним центрима, угоститељским објектима, индустријом и производним погонима [Wikipedia, -]

Урбани екосистеми састоје се, дакле, од изграђене средине, социо-културалне околине, услужних и трговинских делатности, управних институција и природне средине.

Данас сваки други становник Земље (52,5%), односно око 3,7 милијарди људи, живи у урбаним подручјима. У високо индустријализованим земљама више од 80% укупне популације живи у градовима, а у групи најсиромашнијих земаља око 28%. У Србији удео становништва које живи у градовима је 56,7% [World Bank, 2014].

За трајно опстајање човека, за функционисање друштвеног живота једини одговарајући екосистем је насеље пошто се у њему појављују и комбинују елементи створене (изграђене) и биогеофизичке околине. Техносфера градова се састоји од вештачких материја и функционише под утицајем човекове делатности и у ствари представља један посебан екосистем где водећу улогу играју конзументи, док разлагачи и продуценти имају само ограничену улогу. Мноштво животињских и биљних врста не може да опстане у оквирима урбане средине, те се природни ланац исхране деградира или ни не постоји. Као последица коришћења вишка енергије у градовима настаје термичко и хемијско загађење што град, објективно,

не може да спречи [Нађ, 2010]. Градска производња и потрошња узрокује веома високе вредности загађења, посебно ваздуха.

Однос климе, земљишта, воде, рељефа, флоре и фауне између урбане и околне средине, као посебних екосистема приказан је на слици 9.1 [Sukopp, 1998].

9.1. Врсте загађења у урбаној средини

Урбана, као и свака друга средина, подложна је загађењу свих медија, воде, ваздуха и земљишта. Загађења су физичка, хемијска и биолошка. Међутим, специфичност загађења урбане средине односи се на загађења ваздуха. Ова загађења се посебно прате јер је за опстанак популације чист ваздух полазни параметар, а велика и технолошки напредна популација на малом простору врши озбиљно угрожавање квалитета ваздуха. Ту се подразумева загађење хемијским полутантима (оксиди сумпора, азота и угљеника, олово, честице, озон, бензен и др.), буком, зрачењем (посебно нејонизујућим) и биолошким аеросолима - поленом. С обзиром да основна загађења ваздуха у урбаној средини потичу од саобраћаја и грејања то је стање у сваком делу града или улице специфично и може се предвидети.

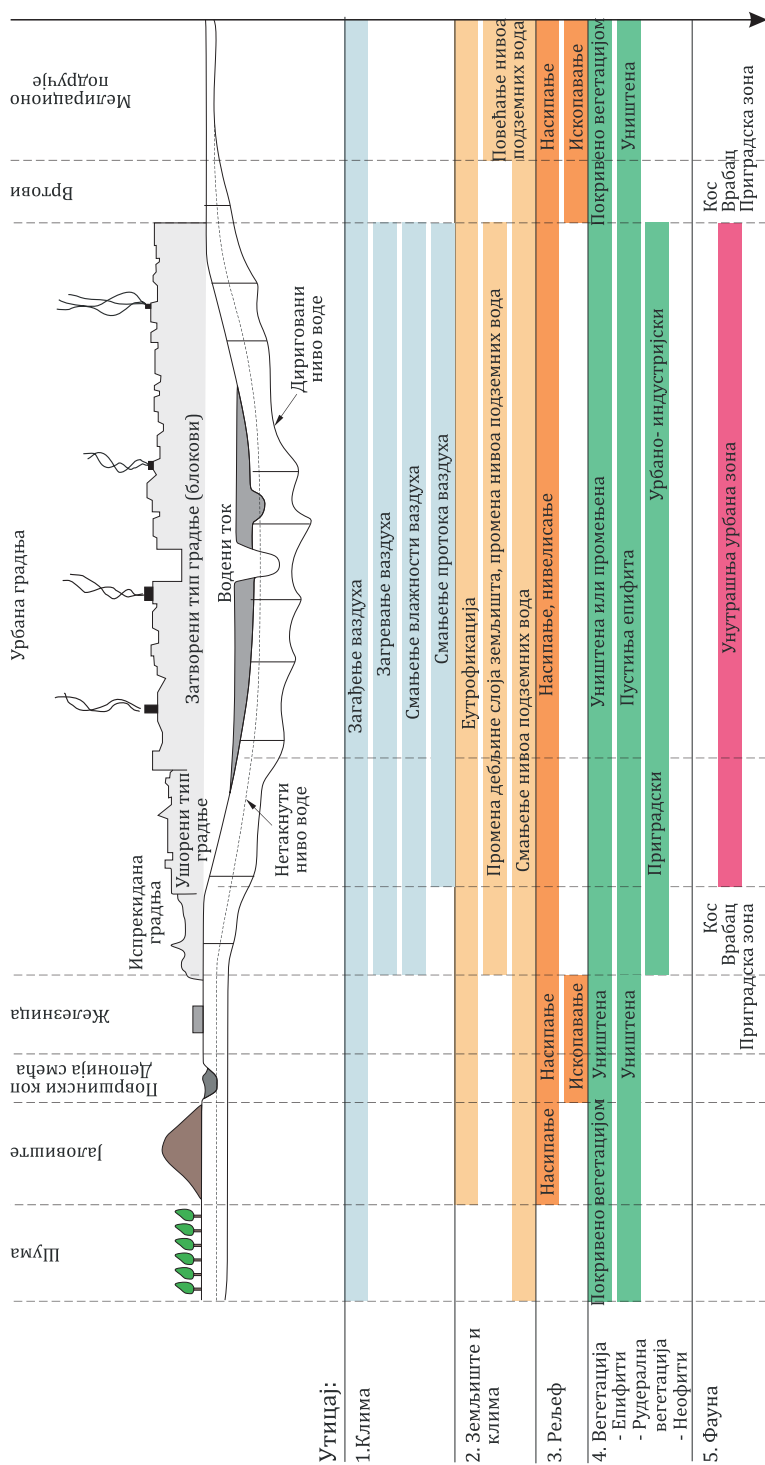
Вода је суштина живота и у урбаној средини, но до чисте и квалитетне воде може се доћи и са удаљених локација (за разлику од чистог ваздуха), а водотоци и реципијенти који протичу кроз урбану средину чине део много ширег водног подручја и слива који се свеобухватно прате. Слична је ситуација и са земљиштем, при чему се у урбаној средини посебно прати квалитет земљишта на којем се налазе дечја игралишта и паркови.

9.2. Извори загађења ваздуха

Извори загађења могу бити стационарни и покретни, односно тачкасти, линијски и просторни. У урбаним срединама основни извори загађења ваздуха су:

- саобраћај (бука, оксиди угљеника и сумпора, честице, бензен, олово),
- топлане/термоелектране (оксиди сумпора, азота и угљеника, честице),
- индивидуалне котларнице (оксиди сумпора, азота и угљеника, честице),
- комунална грађевинска делатност (бука, честице),
- специфична индустријска загађења (бука, разни гасови), и
- транспорт и одлагања (комуналног) отпада (бука, оксиди угљеника и сумпора, честице, мирис).

Ту треба додати и трансмисију загађивача из окружења и њихову реемисију. Мешањем и њиховим суперпонирањем, а у зависности од метеоролошких прилика и природног рељефа и конфигурације улице, долази до комплексних загађења карактеристичних за урбане средине (смог, озон).



Слика 9.1. Промена екосистема у градовима, по Сукоп-у

9.3. Избор места узорковања и мерења квалитета ваздуха

За просторну покривеност града и лоцирање мерних места релевантних за изложеност становништва треба узети у обзир следеће локације [Матић-Бесарабић, 2014]:

- град/урбани центар,
- урбано шире подручје,
- субурбано становање,
- индустрија, занатство и привреда,

Мерењима треба обухватити локације као што су:

- ивице тротоара/у близини пута,
- руралне зелене и рекреативне површине,
- локације оријентисане ка извору,
- затворен простор.

Урбани центар је обично чине трговински, пословни, угоститељски, забавни и туристички садржаји па су основни еколошки проблеми везани за буку (и дању и ноћу) и загађења из стационарних (котларнице, зими) и покретних извора (саобраћај). Центар карактеришу и кањонске и улице делимично отвореног типа у којима се концентрише главно загађење ваздуха.

Шире урбано подручје обухвата и индустријске зоне па ваља очекивати и специфична индустријска загађења из стационарних извора.

Субурбано подручје прати град, релативно је повољније за становање, али га карактерише и пољопривредна производња (воће, поврће) што може имати и негативне еколошке импликације (прскање воћа, употреба пестицида). За субурбано подручје везана је и непланска градња, уске и неплански формиране улице (сокаци), али и смањен интензитет саобраћаја.

Индустрија, занатство и привреда су везани за шире и субурбано подручје и карактеришу се специфичним загађењима условљеним врстом производње.

Ивице тротоара и близина пута, као мерне локације, треба да покажу загађеност од саобраћаја, а овом загађењу углавном су изложени пешаци у централним урбаним зонама.

Руралне зелене и рекреативне површине треба да буду најчистији делови урбане средине који се користе за одмор и рекреацију градског становништва. У зависности од локације (руже ветрова) могу бити загађени индустријским и саобраћајним загађењима. Загађење аерополеном је често у периоду цветања, али је бука (саобраћајна и индустријска) неупоредиво мања него у другим зонама.

Мониторинг се обавља стационарним и покретним мерним станицама, а испитују се параметри сагласно општој законској регулативи за загађеност ваздуха.

Основне локације мерних места у урбаним подручјима су она места на којима су нивои изложености загађујућој материји, опште градске популације, репрезентативни. Због тога је неопходно изабрати више мерних места у различитим деловима зоне која се осматра. Тако се у Београду концентрација загађења ваздуха осматра на 19, у Новом саду на 20, у Нишу на 10, у Бору на 3, у Врању на 2, Лесковцу на једном месту.

С обзиром на рањивост најмлађе популације увек се тежи постављању мерних места у зони образовних установа (вртићи, основне и средње школе).

Најугроженије су улице кањонског или "U" типа. То су улице које су са обе стране оивичене зградама, од раскрснице до раскрснице, а средња висина зграда је већа од петине растојања између фасада [Бајин, 1996]. У овим улицама проветравање је слабо, па долази до нагомилавања загађења, што их чини веома неподесним за становање. Типичан пример овакве улице је део Булевар деспота Стефана Лазаревића у Београду, која је једна од главних транзитних улица у смеру ка Панчевачком мосту, а окружена је великим бројем индивидуалних котларница које као гориво користе угаљ и мазут.

Концентрација загађујућих супстанци, посебно оних које се издвајају сагоревањем фосилних горива, варира у односу на годишње доба (лето, зима). У табели 9.1 приказане су варијације, зима-лето, неких загађујућих супстанци у Булевару деспота Стефана Лазаревића број 54а (испред зграде Института за јавно здравље) и број 142 (испред Института за биолошка истраживања Синиша Станковић), у периоду 2000-2010. [Матић-Бесарабић и др, 2014].

Табела 9.1. Промене концентрације неких загађивача у односу на годишње доба

	Просечна концентрација, $\mu\text{g}/\text{m}^3$							Број прекорачења ГВ, дана	
	Лето		Зима		Година		ГВ		
Место мерења	54а	142	54а	142	54а	142		54а	142
SO ₂	16,9	8,8	43,2	12,3	30,6	12,7	50	48	0
NO ₂	42,4	27,4	44,5	23,7	43,5	25,6	40	172	15
чађ	40,3	29,3	53,6	32,2	47,9	30,7	50	1091	178
PM ₁₀	30,6		57,4		46,8		50	345	
СО	0,9		1,5		1,2		50	23	

Дакле, види се да од дела улице тј. распореда зграда, положаја семафора, локације станица јавног превоза, геодетске конфигурације улице зависи концентрација полутаната. У потпуно затвореном (кањонском) делу, код броја 54а, концентрација свих мерених загађивача вишеструко надмашује концентрацију док у делу где је улица отворена и где постоји проветравање према реци, код броја 142 просечне измерене вредности су увек испод граничних, а број дана када су граничне вредности прекорачене је вишеструко мањи или су параметри увек били у границама.

Када се разматра загађење ваздуха у урбаној средини треба разумети да се на малом простору налази много приоритетних и осетљивих објеката (школе, вртићи,

болнице, домови за старе, дечја игралишта, паркови...) и да је свако загађење или акцедент медијски веома добро пропраћен (са много сензационализма и бомбастичних оптужби). Без обзира што је у граду сконцентрисана стручна јавност у таквим ситуацијама она се понаша потпуно лаички и локално па заборавља намену мониторинга и од стручних лица које мере степен загађења захтевају заштиту, смањење загађења и решавање насталог проблема. Ово показује да је мониторинг у урбаној средини веома осетљив и да од лица која га спроводе захтева посебну обученост, стручност, смиреност и стрпљивост у тумачењу резултата како би се стање правилно (а не сензационалистички) сагледало и како би јавност била правилно информисана.

9.4. Изложеност становништва – прорачун изложености

Изложеност представља контакт човека преко једног или више улаза са штетном материјом одређене концентрације у одређеном времену, присутне на одређеном простору. Често се код истраживања узима у обзир изложеност спољној концентрацији за период од 24 часа [Матић-Бесарабић и др, 2014].

Прорачун изложености обухвата карактеризацију емисије, имисије, судбину емитованих материја, транспорт у спољној средини, особине изложене популације на подручју и прорачун изложености (квантитативно), што се може шематски приказати:

емисија → имисија → трансформација → транспорт → обим експозиције.

Процена ризика код емисије из стационарних, покретних и тачкастих извора обично се фокусира на карциногене и некарциногене ефекте који су резултат хроничне изложености. Изложеност за просечни животни век се најчешће користи за процену таквог ризика. Различите јединице мере се могу користити да се изрази просечна изложеност за животни век.

Јединице мере које се користе зависе од одабраног модела доза-одговор, јер обим изложености и утврђивање дозе-одговора морају се комбиновати у процесу карактеризације ризика. Када се однос доза-одговор изражава у форми јединичног ризика изложености (тј. ризик на $\mu\text{g}/\text{m}^3$ амбијенталне концентрације ваздуха), онда се животна изложеност изражава у јединицама амбијенталних концентрација ваздуха (просечна $\mu\text{g}/\text{m}^3$ или ppm).

За процену ризика неопходно је квантификовати величину, фреквенцу и трајање изложености популације.

То су два паралелна процеса и то:

- процес утврђивања (очекиване) концентрације загађујућих материја којима се излаже на посматраном подручју и
- квалификовање специфичних путева уноса.

За прорачунавање се користе варијабле:

- Варијабле везане за агенс - концентрација (C),
- Варијабле везане за изложену популацију - степен контакта, фреквенца и дужина изложености и телесна маса (CR),
- Варијабла процене - период просечног времена изложености (AT).

Америчка агенција EPA је својевремено објавила једначину за израчунавање уноса хемијских материја удисањем [Матић-Бесарабић и др, 2014]:

$$I = C \cdot \frac{CR \cdot EFD}{BW \cdot AT}$$

где је: I - (intake) унос; количина хемијске материје на граници размене односно контакта са организмом (mg/kg телесне масе на дан)

C - концентрација хемијске материје; просечна концентрација с којом се долази у контакт за време периода изложености (нпр. mg/литар воде, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ваздуха)

CR - стопа контакта; количина загађеног медија у контакту по јединици времена или дешавања (нпр. литара/дан)

EFD - фреквенца и дужина изложености; даје податке колико дуго и колико често се изложеност појављује, често се израчунава користећи две величине два израза

EF - фреквенца изложености (дани/године)

ED - дужина (трајање) изложености (године)

BW - телесна маса; просечна телесна маса у току периода изложености (kg)

AT - просечно време, период просечног времена изложености.

Међутим, анализом се дошло до сазнања да је боље унос хемијских супстанци инхалацијом третирати преко процене и дефинисања прихватљивог ризика па данас актуелна једначина за процену нивоа чистоће ваздуха ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) за ризик добијања канцера гласи [EPA, 2009]:

$$\text{Nivo čistoće vazduha} = \frac{\text{Rizik} \cdot \text{AT}}{\text{IuR} \cdot \text{ED} \cdot \text{EF} \cdot \text{ET}}$$

где је: Ризик - прихватљиви ниво ризика за канцер, 1 случај на 1.000.000 становника, -

AT - просечна старост, 70 година,

IuR - јединични фактор ризика инхалације сагласно WAC 173-340-708, $\mu\text{g}/\text{mg}^3$

ED - Трајање изложености, 30 година

EF - учесталост излагања, 1,0, -

ET - време изложености, 1,0, -

У зависности од одабраног поремећаја може се прорачунати прихватљиви ниво загађења ваздуха удисањем.

Постоје и други начини прорачунавања изложености становништва загађеном ваздуху и утицају тог ваздуха на популацију [Yang, 2004, Logue et al., 2012, Lu, Fang, 2015, Touma et al., 2006].

9.5. Индекс квалитета ваздуха

Индексом квалитета ваздуха (AQI) бројчано се квантификују вредности квалитета ваздуха ради лакшег и јаснијег саопштавања јавности.

Овај индекс показује колико је ваздух чист или загађен и какви се ефекти на здравље могу очекивати. Квалитет ваздуха дефинише загађивач чији појединачно израчунати индекс има највећу вредност.

Различите државе су прихватиле различити садржај и различите вредности (здравственог) индекса квалитета ваздуха. У Кини се индекс рачуна на бази шест полутаната (SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, CO и O₃), а вредности се исказују, унутар шест група, на скали од 0 до 300+, У Хонг Конгу за израчунавање се користи 5 загађивача (SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} и озон), а ефекти се прате кроз 5 група на скали од 1 до 10+, у Индији се користи 8 полутаната, са различитим временом мерења (SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, CO, O₃, NH₃ и Pb), ефекти се прате кроз 6 група на скали од 0 до 500. У Енглеској се прати 5 загађивача (SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5} и O₃), а вредности су подељене у 4 групе на скали од 1 до 10. У Србији је прихваћен модел који у САД користи америчка ЕПА, по којем се AQI рачуна за пет загађивача ваздуха SO₂, NO₂, PM, CO и O₃ [EPA, 2014, Сарић Танасковић, -].

У зависности од величине најлошег загађивача појединачно одређује се индекс на бази којег се квалитет ваздуха дели у 6 група, табела 9.2

Табела 9.2. Индекс квалитета ваздуха

Вредност AQI	Квалитет ваздуха	Боја	Утицај на здравље
0-50	Добар	Зелена	Квалитет ваздуха задовољавајући, ризик за здравље не постоји
51-100	Умерено добар	Жута	Квалитет ваздуха прихватљив, али неки полутанати могу умерено утицати код преосетљивих људи
101-150	Нездрав за осетљиву популацију	Наранџаста	Општа популација не трпи било какав утицај, али је квалитет ваздуха неприхватљив за осетљиве групе: хронично оболеле, малу децу, старе особе
151-200	Нездрав	Црвена	Квалитет ваздуха угрожавајући за општу популацију, осетљиве групе могу трпети веома озбиљне последице
201-300	Веома нездрав	Љубичаста	Квалитет ваздуха алармантно угрожавајући и код свакога може изазвати озбиљне здравствене последице
301-500	Опасан	Бордо	Квалитет ваздуха веома лош и опасан за здравље целе популације са могућим веома великим последицама

AQI је бездимензионална величина, интегрише граничну вредност за загађивач у ваздуху и има опсег од 0 до 500 [Сарић Танасковић, -]. Индекс се рачуна по обрасцу:

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} \cdot (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

где је: I_p-индекс за загађивач P

C_p-измерена концентрација полутаната P, заокружена на 3 децимале

I_{Hi} -AQI вредност која одговара BP_{Hi}
 I_{Lo} -AQI вредност која одговара BP_{Lo}
 BP_{Lo} -таблична вредност већа или једнака измереној C_p
 BP_{Hi} -таблична вредност мања или једнака измереној C_p

ЕРА је објавила табличне вредности за све полутанте који се прорачунавају, табела 9.3. У зависности од измерене вредности сваког од посматраног загађивача могуће је одредити групу у којој се налази [ЕРА, 2006].

Табела 9.3. Табличне вредности полутаната и AQI

Таблична вредност							AQI
O ₃ , 8h, (ppm)	O ₃ , 1h, (ppm)	PM ₁₀ (mg/m ³)	PM _{2.5} (mg/m ³)	CO (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	
0,000-0,064	-	0-54	0,0-15,4	0,0-4,4	0,000-0,034	Рачуна се само за вредности AQI изнад 200	0-50
0,065-0,084	-	55-154	15,5-40,4	4,5-9,4	0,035-0,144		51-100
0,085-0,104	0,125-0,164	155-254	40,5-65,4	9,5-12,4	0,145-0,224		101-150
0,105-0,124	0,165-0,204	255-354	65,5-150,4	12,5-15,4	0,225-0,304	200	151-200
0,125-0,374	0,205-0,404	355-424	150,5-250,4	15,5-30,4	0,305-0,604	0,65-1,24	201-300
Користе се једночасовне вредности	0,405-0,504	425-504	250,5-350,4	30,5-40,4	0,605-0,804	1,25-1,64	301-400
	0,505-0,604	505-604	350,5-500,4	40,5-50,4	0,805-1,004	1,65-2,04	401-500

Прорачунавање, како би се одредила тачна вредности индекса врши се на следећи начин. Ако је измерена осмочасовна вредност за озон 0,08753333 ppm, односно заокружено 0,087 ppm, онда се из табеле 9.3 за измерену вредност читава одговараћа вредност BP_{Lo} и BP_{Hi} , у овом случају између 0,085-0,104, па је вредност индекса између 101 и 150, односно:

$$I_p = \frac{150-101}{0,104-0,085} \cdot (0,087-0,085) + 101 = 106$$

Дакле, измерена вредност озона од 0,08753333 ppm кореспондира са индексом 106.

Што је већа вредност AQI то значи већу забринутост за здравље. На пример, вредност AQI од 50 представља добар квалитет ваздуха са мало или без потенцијалне опасности по здравље и генерално се вредности AQI испод 100 сматрају задовољавајућим [ЕРА, 2014]. Када су вредности AQI веће од 100, ваздух се сматра "нездравим" првенствено по осетљиву популацију (децу, труднице, хроничне болеснике, старе људе...), а при већим вредностима и за општу популацију [Слепчевић и др., 2013].

AQI представља релативну оцену квалитета ваздуха која је базирана на законској регулативи и много је погоднија за ширу јавност као таква од граничних вредности загађујућих материја које су прописане Уредбом о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха. С обзиром да у ЕУ регулативи не постоји јединствено дефинисан AQI, у Агенцији за заштиту животне средине је дефинисан Индекс квалитета ваздуха SAQI₁₁. У ознаци индекса SAQI₁₁, део ознаке "AQI" представља уобичајену ознаку за индекс квалитета ваздуха, "S" означава националну,

српску верзију, а "_11" указује на годину када је дефинисан и што је важније да је индекс квалитета ваздуха базиран на законској регулативи важећој у време дефинисања [Поповић и др., 2012].

AQI је јавни податак који се саопштава на интернету, у локалним новинама, телевизији и радију и помоћу посебних телефона.

9.6. Мониторинг полена

Полен спада у групу биолошких аеросола. Биолошка улога полена је оплодња биљака, али је полен и један од најзначајнијих алергена и узрочника респираторних алергијских болести. Поленова зрна код више од 20% људске популације изазивају алергијске реакције (бронхитис, конјуктивитис, дерматитис, поленска кијавица ...).

Сврха мониторинга полена у ваздуху је пружање информација о јављању појединих сезонских алергена, што грађанству омогућава да своје дневне активности прилагоде тако да што мање долазе у додир с алергенима, смањујући на тај начин могућност појаве симптома.

Данас се врши идентификација полена за 24 биљне врсте: леска, јова, тиса, чем-прес, брест, топола, јавор, врба, јасен, бреза, граб, платан, орах, храст, бор, конопља траве, липа, боквица, киселица, коприве, штирови, пелин, амброзија.

Временски период током којег се врши континуирано узимање узорака дефинисано је од стране "Међународног удружења за аеробиологију" (IAA). У климатским условима наше земље овај период започиње око 1. фебруара (време почетка цветања леске и јове) и траје до првих дана новембра (завршетак цветања пелина и амброзије). Почетак и завршетак полинације могу из године у годину знатно да колебају, зависно од временских прилика.

Мерења обухватају три сезоне цветања, слика 9.2 [Извештај Нови Сад, 2010]:

- Сезона цветања **дрвећа**, траје од фебруара до почетка маја,
- Сезона цветања **трав** траје од маја до друге декаде јула,
- Сезона цветања **корова** траје од друге половине јула до новембра месеца.

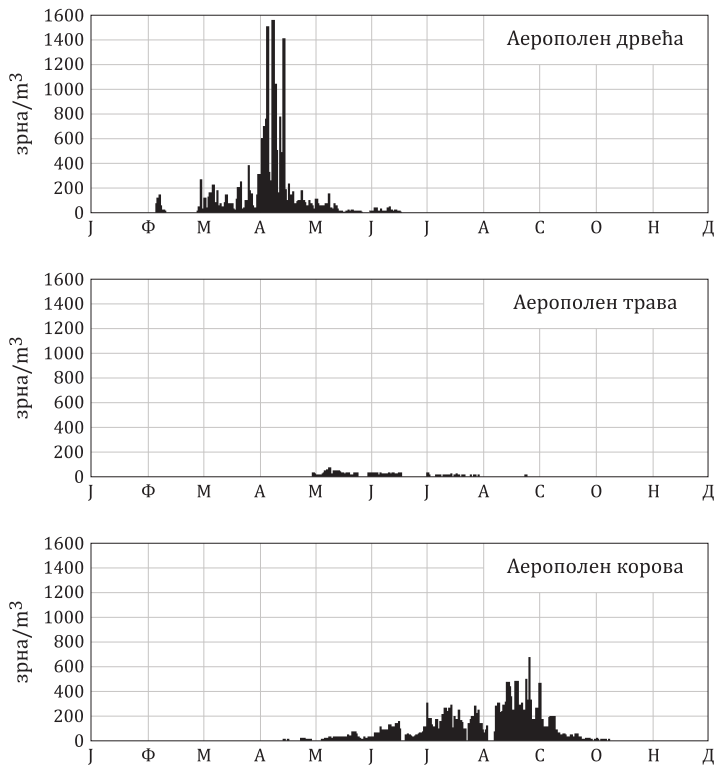
Када цветање, а самим тим и полен достигну одређено стање зрелости, тада настаје емитовање полена помоћу метеоролошког механизма расипања.

Емисија полена је већа при вишој температури, нижој влажности ваздуха и ветровитом времену.

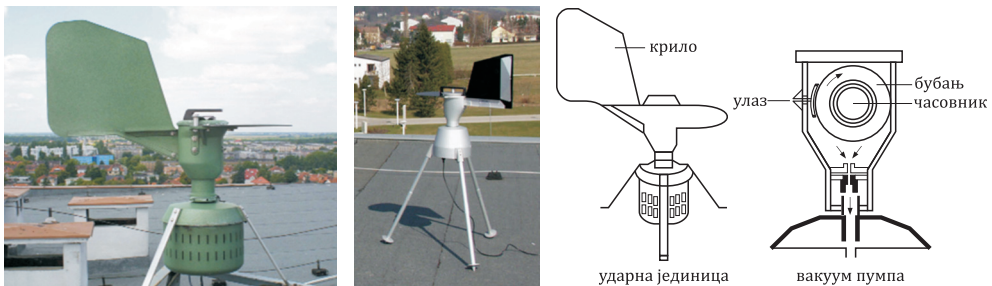
Аерополен се сакупља континуираном волуметријском методом по Хирсту [Stach, 2003]. Концентрација полена се одређује за један дан, недељу, декаду, месец, сезону и целу годину, за сваку биљну врсту појединачно. Концентрација алергених полена у ваздуху се мери уређајима тзв. "клопкама" за полен, слика 9.3.

Данас се углавном користи Хирстов узоркивач (популарно назван клопка за полен). Узоркивач се смешта на кров зграде. Узоркивач усисава ваздух кроз отвор апарата који је увек окренут у правцу ветра. Ситне честице се лепе за пластичну

траку која је причвршћена за бубањ са сатним механизмом. Бубањ направи један круг у седам дана. Траке са залепљеним честицама се скидају са бубња, режу се на сегменте које одговарају временском раздобљу од 24 сата. Израђују се препарати који се квалитативно и квантитивно анализирају помоћу микроскопа и детерминишу помоћу кључа за детерминацију. Резултати су изражени као концентрације (број полевних зрна у m^3 ваздуха). Граничне вредности концентрација за полене дрвећа и полене трава је $30 \text{ зрна}/m^3$ ваздуха, док је за полене корова $15 \text{ зрна}/m^3$ ваздуха [Mandrioli P, 2000, Carvalho et al, 2008].



Слика 9.2. Распоред концентрације полена различитог порекла по месецима, на примеру града Новог Сада



Слика 9.3. Узоркивач за полен

Једно мерно место репрезентује територију пречника 30 до 50 km, у зависности од орографије терена.

Први пут на територији Србије осматрање алергеног полена је почело 2002. на два мерна места у Београду, док се у Европи праћење врши дуже од 20 година. У земљама Европске уније постоје веома разгранате мреже станица за праћење концентрације полена. Данас Агенција за заштиту животне средине успоставља националну мрежу станица ради праћења концентрација алергеног полена на територији Србије. У Републици Србији клопке за полен се налазе у Београду - 2 станице, Пожаревцу, Чачку, Крушевцу, Зајечару, Вршцу, Кули, Врању, Краљеву, Нишу, Суботици, Крагујевцу, Лозници и Панчеву.

Питања за понављање:

1. Наведите карактеристике урбане средине!
2. Која загађења су карактеристична за урбану средину?
3. Који су основни извори загађења у урбаној средини?
4. Како се бира место узорковања и мерења загађења ваздуха у урбаној средини?
5. Који тип улица је најнеповољнији за стални боравак?
6. Шта је изложеност становништва и како се одређује?
7. Шта је аерополен?
8. У којим периодима године се јавља загађење аерополеном?
9. Зашто се врши мониторинг аерополена?
10. Како се врши узорковање и читавање концентрације аерополена?

Литература

- [1] Wikipedia, (-), <http://sh.wikipedia.org/wiki/Grad>
- [2] Anon, (2014), The little green data book, The World Bank, Washington
- [3] **Нађ И.**, (2010), Урбана екологија као интердисциплинарна и примењена научна дисциплина о животној средини, Зборник радова Департмана за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад, 39/2010, стр. 66-81
- [4] **Sukopp Н.**, (1998), Urban Ecology - Scientific and Practical Aspects, поглавље у knjizi Breuste J., Feldmann H., Uhlmann O. (Eds.) Urban Ecology, Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH, pp. 3-16
- [5] **Матић-Бесарабић С. и сарадници**, (2014), План квалитета ваздуха за територију града Београда, Градски завод за јавно здравље, Београд
- [6] **Бајин Д.**, (1996), Саобраћај у градској улици - еколошки аспект, Задужбина Андрејевић, Београд
- [7] **ЕРА**, (2009), Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I: Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment. Office of Superfund Remediation & Tech. Innovation. Washington D.C. EPA-540-R-070-002
- [8] **Yang T**, (2004), Economic and Policy Implications of Urban Air Pollution in the United States: 1970 to 2000, Master thesis, Massachusetts Institute of Technology
- [9] **Lu Y, Fang BT**, (2015), Examining Personal Air Pollution Exposure, Intake, and Health Danger Zone Using Time Geography and 3D Geovisualization, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 4, 32-46

- [10] **Logue M. J, Price N. P, Sherman H. M, Singer C. B,** (2012), A Method to Estimate the Chronic Health Impact of Air Pollutants in U.S. Residences, *Environmental Health Perspectives*, volume 120, number 2, pp. 216-222
- [11] **Touma S. J, Isakov V, and Ching J, Seigneur C.,** 2006, Air Quality Modeling of Hazardous Pollutants: Current Status and Future Directions, *Journal of the Air & Waste Management Association*, Volume 56, pp. 547-558
- [12] Група аутора, (2010), Годишњи извештај по пројекту "Праћење стања и прогноза полена у Новом Саду за 2009. годину, Универзитет у Новом Саду, Природно Математички факултет, Департман за биологију и екологију, Лабораторија за палинологију, Нови Сад
- [13] **EPA,** (2014), *Air Quality Index- A Guide to Air Quality and Your Health*, U.S. Environmental Protection Agency, United States of America
- [14] **EPA,** (2006), *Guideline for Reporting of Daily Air Quality - Air Quality Index (AQI)*, EPA-454/B-06-001, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, North Carolina
- [15] **Слеччевић В., Тошовић С., Матић Бесарабић С., Ађански Љ., Ристановић И.,** (2013), *Индекс квалитета ваздуха*, Градски завод за јавно здравље, Београд
- [16] **Поповић Т., Јовић Б., Марић Танасковић Л., Кнежевић Ј., Митровић Јосиповић М., Димић Б.,** (2012), *Годишњи извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији 2011. године*, Агенција за заштиту животне средине, Београд, <http://www.sepa.gov.rs/download/VAZDUH2011.pdf>
- [17] **Сарић Танасковић М.,** (-), *Оцена утицаја квалитета ваздуха на здравље*, http://www.zjzpa.org.rs/joomla/Dokumenti/KvalitetVazduha_06062011.pdf
- [18] **Stach A.,** (2003), *The use of Hirst volumetric trap, preparation of drums and slides, Postscrp Dermatologii i Alergologii XX; 2003/4*, pp. 246-249
- [19] **Mandrioli P,** (2000), *Method for sampling and counting of airborne pollen and fungal spores*, Institute of Atmospheric and Oceanic Sciences, National Research Council, Bologna
- [20] **Carvalho E., Sindt C., Verdier A., Galan C., O'Donoghue L., Parks S., Thibaudon M.,** 2008, *Performance of the Coriolis air sampler, a high-volume aerosol - collection system for quantification of airborne spores and pollen grains*, *Aerobiologia* 24:191-201

10. РЕВИЗИЈА СТАЊА У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ - АУДИТ

Шта можете сазнати и научити читајући ово поглавље:

- шта је аудит,
- карактеристике аудита,
- место аудита у заштити животне средине,
- врсте аудита,
- процедуре спровођења аудита

10.1. Дефиниција аудита

Постоји више подједнако компликованих и свеобухватних дефиниција аудита или аудитинга (међународна привредна комора, међународна организација за стандардизацију итд.). Једна од прихватљивијих је дефиниција по којој **је аудит систематска, документована, периодична и објективна процена организације и деловања неког предузећа** у погледу:

- спровођења договора са релевантним факторима,
- праксе у заштити животне средине,
- промоције доброг управљања животном средином,
- одржавања кредибилитета са јавношћу,
- подизање информисаности особља и извршавања обавеза према правилима заштите,
- унапређења система, и
- успостављања основних правила за развој система управљања животном средином [Environmental Audit, -].

Систематичност, документованост, периодичност и објективност су карактеристике које се налазе у свим дефиницијама аудита.

Систематичност подразумева да се ради о дугорочном, пажљиво планираном, структурираном и организованом послу вредновања и провере стања у животnoj средини. Систематичност подразумева да су добијени резултати проверљиви и поновљиви, односно да се дефинисани квантитативно и квалитативно.

Документованост значи да су сви извештаји и закључци базирани на документованим и верификованим информацијама.

Периодичност значи да се обавља у унапред дефинисаним временским интервалима како би се свако унапређење и промена могли приказати. Аудит се најчешће спроводи једном годишње или једном у три године. Понекад, када дође до значајније промене (чешће унапређења) обавља се и "ванредна" контрола.

Без обзира што се аудит базира на законима, правилницима, процедурама, документима, резултатима испитивањима и анализама он увек носи и извесну дозу субјективности па није ретко да различити аудитори различито вреднују исте податке. Познајући ово, процес аудита стално тежи професионализацији и ангажовању специјалиста и стручњака који ће субјективност свести на најмању меру, а **објективношћу** допринети бољој, тачнијој и професионалнијој процени стања.

10.2. Почечи аудита

Почечи аудита животне средине су из раних тридесетих 20. века, али те спорадичне контроле стања нису наишле на ширу примену нити су добијени резултати јавно публиковани па се почечи вежу за 1969.г. када је америчка Национална агенција за заштиту животне средине (тада је користила скраћеницу NEPA) ангажовала независне стручњаке (које је назвала "аудиторима") са задатком да посете одабрана индустријска постројења, прикупе узорке, изврше анализу и за Владу САД припреме извештај о стању животне средине. Ови први аудитори су свој посао на терену и лабораторијама обавили и припремили нацрт извештаја који никада није верификован и обрађен као извештај, али је изазвао оштру дебату између Владе и приватних индустријалаца [DEAT, 2004]. Прави почечи се ипак везују за половину осамдесетих прошлог века када су формиране консалтинг фирме које су саветовале својим клијентима да организују аудит као верификацију резултата које су достигле у заштити животне средине. Из тог периода потичу и први писани аудиторски извештаји.

На нашим просторима аудит стања у животној средини је тек на почетку. Чак не постоји ни српски израз мада се, по аналогiji са финансијским, користи израз ревизија и ревизори уз енглески аудит, аудитинг и одитинг.

10.3. Веза аудита, мониторинга и анализа утицаја на животну средину

У пракси се често бркају појмови, предмет рада и задаци анализе утицаја на животну средину, мониторинга животне средине и аудита животне средине. Но, разлика се најлакше уочава у односу на време:

- **анализа утицаја на животну средину** се бави предвиђањима шта ће бити и проценама утицаја постројења и система, дакле односи се на **будуће време**,
- **мониторинг животне средине** се врши у реалном времена пратећи утицај реалног система на окружење, дакле ради се о **садашњем времену**,

- **аудит животне средине** користи податке предвиђања из студије утицаја и резултате мониторинга да констатује стање које је забележено у протеклом периоду, дакле ради се о **прошлом времену**.

Из наведене везе је очигледно да је аудит наставак мониторинга те да се користи да би се констатовало и верификовало стање животне средине уз сталну компарацију предвиђања и процене из анализе утицаја са резултатима добијеним током мониторинга. Дакле, аудит користи податке добијене током мониторинга и представља логичан наставак активности на праћењу стања. У случајевима када нема аудита подаци добијени мониторингом немају практичну вредност, па постају архивски подаци који нису вредновани.

10.4. Врсте аудита у заштити животне средине

Има више врста аудита у животnoj средини у зависности од потреба крајњег корисника и начина извођења.

Од десетак врста које су пракси срећу најчешће се ради о програму/систему **аудиту за управљање животном средином**. Овај аудит практично представља спољашњу (стручну, професионалну) оцену и верификацију успешности управљања животном средином. Ова врста је са аспекта шире друштвене заједнице најважнији.

Среће се и **аудит ради усаглашавања** организације, процеса или објеката неке компаније са законском регулативом, лиценцама, одобрењима, дозволама и осталом документацијом којом компанија располаже. Ова врста је директно наслоњена на законску регулативу и услове које корисник треба да испуни за несметан рад па кориснику (и организатору) служи као потврда да је услове из дозвола и лиценци испунио, односно да је производњу, у смислу заштите окружења, усагласио са условима и захтевима релевантних органа.

Технички или процесни аудит се предузима да би се утврдио утицај техничког решења или процеса на животну средину. Ова врста је често интерног карактера јер представља верификацију да је технолошки процес еколошки прихватљив.

Аудит ради спајања, преузимања или одвајања дела компаније. Овај вид аудита најчешће предузимају банке и друге финансијске институције да би сагледале ефекте и оправданост спајања, раздвајања или преузимања неке компаније. Овај аудит се ради по наруџби и резултате користи наручилац тако да шира заједница нема увид у добијене резултате.

Аудит ради утврђивања одговорности за загађење најчешће предузимају осигуравајућа друштва или релевантни органи. Ради се о "циљаном" аудиту како би се констатовало стање и утврдио узрок загађења из чега произилази и конкретна одговорност за загађење.

Маркетиншки аудит је посебна врста аудита који се предузима да се купцима/тржишту стави до знања да је нека роба произведена на еколошки прихватљив начин.

Аудит утицаја на окружење је специфична врста преко које треба да се утврди стање загађења и утицаја на окружење. За ужу друштвену заједницу (физички лоцирану непосредно уз потенцијалног загађивача) ово је важан аудит јер се утврђују утицај на становништво, флору, фауну, воде, земљиште итд. Резултати овога аудита су, по правилу, доступни јавности у окружењу и могу се користити за "притисак" на загађивача да се стање унапреди, за санацију оштећења, наплату штете итд.

Аудит карактеристика покрива процену карактеристика (особина, својстава) процеса или организације које могу условити утицај на окружење.

Аудит прве фазе је специфичан облик аудита углавном примењен у САД и Великој Британије, а базира се на процени одговорности према окружењу. Задатак ове врсте аудита је да прегледом документације, обиласком, узимањем и анализом узорака, те разговорима са одговорним утврди да ли је дошло до контаминације неког дела.

10.5. Законска регулатива

Једино је аудит за управљање животном средином (EMS)¹ покривен законском регулативом. Овај аудит је покривен ISO стандардима серије 14000. Неке развијене земље (САД, Велика Британија, Европска унија) су ову врсту аудита покриле и националним законодавством.

Међународни стандарди серије 14000 су усвојени средином 1996. и аудит је обухваћен следећим деловима:

- ISO 14004 – општи водич
- ISO 14010 – аудит животне средине: општи принципи
- ISO 14011 – аудит животне средине: аудит EMS
- ISO 14012 – аудит животне средине: квалификације аудитора

10.6. Обављање аудита

Постоје три нивоа EMS аудита. Први ниво (или део) је интерни аудит који компанија врши сама за себе. Други ниво је када једна компанија врши аудит друге. Најчешће купац или корисник процењује добављача (снабдевача). Трећи ниво је аудит независне и лиценциране компаније који се обавља сходно ISO 14000 стандардима.

Сам процес ревизије стања животне средине има три фазе и више активности, а упрошћена шема извођења аудита приказана је у табели 10.1.

1) У литератури се често среће енглески назив под скраћеницом: EMS (*Environmental Management System*), систем управљања животном средином

Табела 10.1. Фазе и активности аудита

Фаза	Подфаза	Активност/ напомена
Активности пре започињања аудита	Рашчишћавање предмета и задатка аудита	Зависи од врсте аудита
	Претходни састанак код клијента	Разматрање плана рада, прибављање расположиве документације, извештаја, фотографија и сл.
	Други састанак код клијента ради додатних разјашњења и организовања логистичке подршке	Ово се организује ако је потребно, а опште теме су исте као и на првом састанку
	Састанак тима за аудит	Није обавезно, али се практикује због различите специјалности аудитора и најчешће њихове дислоцираности, како би се унапред договорила "правила" рада и како би се сви упознали и сагласили са термин планом
Аудит активности на лицу места	Аудит	Почетни састанак са клијентом, упознавање са радним тимом клијента
		Обилазак постројења, технолошког система, депоније исл., провера документације, мониторинг података, упутстава исл.
		Постављање питања после обиласка и прегледа документације, дефинисање закључака о нађеном стању као основе за завршни састанак и нацрт извештаја
		Завршни састанак са клијентом и прелиминарно, усмено, упознавање са нађеним стањем
Активности после прикупљања свих података	Израда нацрта ревизорског извештаја	Упознавање са текстом нацрта свих чланова тима, контрола тачности и усклађености података
		Упознавање руководства клијента са нацртом извештаја
		Разматрање нацрта извештаја са клијентом
	Израда завршног ревизорског извештаја	
Израда акционог плана		
Предлог за обављање наредног аудита		

Питања за понављање:

1. Шта је аудит?
2. Наведите карактеристике аудита!
3. Објасните везу између аудита, мониторинга и процене утицаја на животну средину!
4. Наведите врсте аудита!
5. Опишите процес аудита!

Литература

- [1] Environmental Audit: A Simple Guide, <http://www.oshc.org.hk/others/bookshelf/PB268E.pdf>
- [2] DEAT Environmental Auditing, (2004), Integrated Environmental Management, Information Series 14, Department of Environmental Affairs and Tourism (DEAT), Pretoria

ЛИТЕРАТУРА

- [1] **Allen D.E., Pal Singh B., Dalal R.C.**, (2011), Soil Health Indicators Under Climate Change: A Review of Current Knowledge, Chapter 2 in Soil Health and Climate Change (eds. Singh B.P., Cowie A.L., Chan K.Y.), Springer
- [2] Anon, (-), Lead in air: www.epa.gov/airquality/lead
- [3] Anon, (2000), Text Book for Sampling for Environmental Monitoring, FY1999 Project for the Advisement of Sustainable Development Support Commissioned by Environment Agency, Government of Japan, Overseas Environmental Cooperation Center
- [4] Anon, (2001) IMPEL Best practice in compliance monitoring, European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law, Falun, Sweden
- [5] Anon, (2004), Hand-operated bailer boring auger set, operating instructions, Eijkelkamp
- [6] Anon, (2005), Soil Acidity Monitoring Tools, Victorian Government Department of Primary Industries, www.dpi.vic.gov.au/
- [7] Anon, (2007), Measuring non-ionizing electromagnetic radiation (9 kHz – 300 GHz), (2007), Electronic Communications Committee (ECC), Helsinki
- [8] Anon, (2011), Report of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development, Chapter 5 A Study of Environmental Monitoring, Office of the Auditor General of Canada, Ottawa, Ontario
- [9] Anon, (2014), The little green data book, The World Bank, Washington
- [10] Anon, Chapter 2. The Nature and Use of Indicators, <http://www.who.int/mediacentre/events/IndicatorsChapter2.pdf>
- [11] Anon., (-), Ozone: <http://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.ozone>
- [12] Anon., (2015), Standard Guidelines for the Environmental Monitoring of Chemicals, Ministry of the Environment, Government of Japan, Japan
- [13] **Arnold, F.**, (1892), Zur Lichenenflora von Miinchen, Berichte Bayerischen Botanischen Gesellschaft sur Erforschung der Heimischen Flora, 2, pp. 2-76
- [14] **Artiola J., Pepper I. L., Brusseau M. L.**, (2004), Environmental Monitoring and Characterization. Tucson, Elsevier Science & Technology Books, Arizona
- [15] **Bhawan P., Nagar E. A.**, (2003), Guidelines for Ambient Air Quality Monitoring, Central Pollution Control Board, Delhi
- [16] **Brasseur G. P., Mueller J. F., Granier D.**, (1996), Atmospheric impact of NO_x emission by subsonic aircraft: A three-dimensional model study, Journal of Geophysical Research 101, pp. 1423-1428
- [17] **Brydges T.**, (2004), Basic concepts and applications of environmental monitoring, poglavlje u knjizi: Wiersma G. Bruce, Environmental monitoring, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida

- [18] **Burden F.R., McKelvie I., Foerstner U., Guenther A.**, (2002), Environmental monitoring handbook, The McGraw-Hill Companies, Inc
- [19] **Carnigan, V., Villard, M.**, (2002), Selecting Indicator Species to Monitor Ecological Integrity: a review, *Environmental Monitoring and Assessment* 78, pp.45-61
- [20] **Carvalho E., Sindt C., Verdier A., Galan C., O'Donoghue L., Parks S., Thibaudon M.**, 2008, Performance of the Coriolis air sampler, a high-volume aerosol - collection system for quantification of airborne spores and pollen grains, *Aerobiologia* 24:191-201
- [21] **Chameides W.L. Fehsenfeld F., Rodgers M.O., Cardelino C., Martinez J., Parrish D., Lonneman W., Lawson D.R., Rasmussen R.A., Zimmerman P., Greenberg J., Middleton P., Wang T.**, (1992), Ozone Precursor Relationships in the Ambient Atmosphere, *Journal of Geophysical Research* 97, America, pp. 6037-6055
- [22] **Colls J.**, (2002), *Air Pollution*, Spon Press, New York
- [23] **Conti, M., Cecchetti, G.**, (2001), Biological Monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment - a review, *Environmental Pollution*, 114, pp.471-492
- [24] **Davidson H.**, (2011), Soil sample preparation, AWE International, No.26, 10. june 2011.
- [25] **Deatrick J.**, (2013), SESDPROC-111-R3, In Situ Water Quality Monitoring, EPA, Science and Ecosystem Support Division, Athens
- [26] Directive 2000/60/EC, (2000), Establishing a framework for community action in the field of water policy, *Official Journal of European Communities* L327
- [27] Directive 2000/60/EC, (2000), WFD, Establishing a framework for community action in the field of water policy, *Official Journal of European Communities* L327
- [28] Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe, (2008), *Official Journal of the European Union* L 152/3111.6
- [29] Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption, (1998), *Official Journal L* 330/32
- [30] **Doran, J. W. and Parkin, T. B.** (1994). Defining and Assessing Soil Quality. Doran, J. W., Coleman, D. C., Bezdicek, D. F, and Stewart, B. A.(eds.). In: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication Number 35. Soil Science Society of America, Inc and American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp. 3-22
- [31] **Dragičević S.K.**, (2006), Priručnik za trajno motrenje tala Hrvatske, Agencija za zaštitu okoliša (AZO), Zagreb
- [32] **Eggelston S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K.**, (2006), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change, Japan
- [33] **Elen B., Peters J., Poppel M.V., Bleux N., Theunis J., Reggente M., Standaert A.**, (2012), The Aeroflex: A Bicycle for Mobile Air Quality Measurements, *Sensors*, 13, pp.221-240
- [34] **Ellenberg, H.**, (1974), *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*, *Scripta geobotanica*, Göttingen
- [35] **Encyclopaedia Britannica**, (-), <http://www.britannica.com/>
- [36] **EPA 841-B-96-003**, (1996), The Volunteer Monitor's Guide To Quality Assurance Project Plans, United States Environmental Protection Agency, Office of Wetlands, Oceans and Watersheds
- [37] **EPA**, (-), Ionization and Non-Ionization Radiation, U.S. Environmental Protection Agency, http://www.epa.gov/radiation/understand/ionize_nonionize.html
- [38] **EPA**, (1995), Environmental Monitoring and Performance, Best practice environmental management in mining, Australian Environmental Protection Agency, Canberra
- [39] **EPA**, (2006), Guideline for Reporting of Daily Air Quality - Air Quality Index (AQI), EPA-454/B-06-001, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, North Carolina

-
- [40] **EPA**, (2009), Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I: Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment. Office of Superfund Remediation & Tech. Innovation. Washington D.C. EPA-540-R-070-002
- [41] **EPA**, (2009), Soil Sampling, Environmental Protection Authority, Victoria, <http://www.epa.vic.gov.au/~media/publications/iwrg702.pdf>
- [42] **EPA**, (2011), Air Emission Sources, Particulate Matter, http://www.epa.gov/cgi-bin/broker?_service=data&_debug=0&_program=dataprog.national_1.sas&polchoice=PM
- [43] **EPA**, (2014), Air Quality Index- A Guide to Air Quality and Your Health, U.S. Environmental Protection Agency, United States of America
- [44] **EPA-823-B-01-002**, (2001), Methods for Collection, Storage, and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses, Technical Manual, US Environmental Protection Agency
- [45] **European directive** EC/519/1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), (1999), Official Journal of the European Communities
- [46] **Finney, D.J.**, (1978), Statistical Method in Biological Assay, 3. ed. Charles Griffin & Co., London, pp. 508.
- [47] **Frontasyeva, M., Galinskaya, T., Krmar, M., Matavuly, M., Pavlov, S., Povtoreyko, E., Radnovic, D., E. Steinnes, E.**, (2004), Atmospheric deposition of heavy metals in northern Serbia and Bosnia– Herzegovina studied by the moss biomonitoring, neutron activation analysis and GIS technology, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 259, pp. 141–144
- [48] **Gerhardt, A.**, (1999), Biomonitoring of Polluted Water. Reviews on Actual Topics. Trans Tech Publ, Zьrich, Switzerland; pp. 301
- [49] **Gilbert R.**, (1987), Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring, Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York
- [50] **Gotisis A., Papanikolaou N., Komnakos D., Yalofas A., Constantinou P.**, (2008), Non-ionizing electromagnetic radiation monitoring in Greece, Springer Verlag, France
- [51] **Griffin D. R.**, (2007), Principles of Air Quality Management, CRC Press, Taylor and Francis, Boca Raton
- [52] **Gruver J.B.**, (2013), Prediction, prevention, and remediation of soil degradation by water erosion, Nature education knowledge, 4(12):2
- [53] **Harter T.**, (2003), Groundwater sampling and monitoring, Publication 8085, University of California, Division of agriculture and natural resource, Davis
- [54] **Hellawell, J.**, (1986), Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management, Elsevier, London
- [55] <https://www.env.go.jp/en/chemi/pops/Appendix/04-GuideLine/guidelines.pdf>
- [56] **Hudson N. W.**, (1993), Field measurement of soil erosion and runoff, Silsoe Associates, Ampthill, Bedford, United Kingdom
- [57] Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC, (2003), Reference document on the general principles of monitoring, European Commission
- [58] **ISO 11464**, (1994), Soil quality - Pretreatment of samples for physic-chemical analyses, International Organization for Standardization
- [59] **ISO 9835**: Ambient Air- Determination of a black smoke index, (1993), Geneva
- [60] **Jadhav H.V., Purohit S.H.**, (2008), Global Pollution and Environmental Monitoring, Global Media, Mumbai
- [61] **Japan**, (-), Standard Guidelines for the Environmental Monitoring of Chemicals, Ministry of the Environment- Government of Japan, Japan,
-

- [62] **Jorgensen, S., Fath, B.**, (2008), *Encyclopedia of Ecology*, Volume 1, Newnes, pp. 4122
- [63] **Karlen D.L., Ditzler C.A., Andrews S.S.**, (2003), *Soil quality: why and how?*, *Geoderma* 114, 145– 156
- [64] **Katulski R. J., Namiesnik J., Sadowski J., Stefanski J., Wardencki W.**, (2011), *Monitoring of Gaseous Air Pollution, The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources*, Poland
- [65] **Kirby M., McKenzie N., Bormans M.**, (2003) *Development of a strategy for monitoring Australia's natural resources: a discussion paper*, CSIRO Land and Water, Canberra
- [66] **Kolkwitz, R. Marsson, M.**, (1902), *Grundsdtze fьr die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna*. Kl. Mitt. d. Kgl. Prьfungsanstalt f. Wasserversorgung und Abwдsserbeseitigung 1
- [67] **Koning de A.**, (2003), *Индустријски селф-мониторинг, презентација по пројекту Европске агенције за реконструкцију (ЕАР) ЕСВР 2003 - Програм јачања капацитета у заштити животне средине*, Београд
- [68] **LaGrega M. D., Buckingham P. L., Evans J. C.**, (2001), *Hazardous Waste Management*, Waveland Press, Inc., Illinois
- [69] **Lakowicz J. R.**, (2009), *Principles of Fluorescence Spectroscopy*, Springer Science & Business Media, New York
- [70] **Liedekerke M. Van, Prokop G, Rabl-Berger S, Kibblewhite M, Louwagie G.**, (2014), *Progress in the Management of Contaminated Sites in Europe*, European Environment Agency, Luxembourg: Publications Office of the European Union
- [71] **Lindenmayer D. B., Likens G. E.**, (2009), *Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring*, *Trends in Ecology and Evolution* Vol.24 No.9
- [72] **Logue M. J, Price N. P, Sherman H. M, Singer C. B.**, (2012), *A Method to Estimate the Chronic Health Impact of Air Pollutants in U.S. Residences*, *Environmental Health Perspectives*, volume 120, number 2, pp. 216-222
- [73] **Loppi, S., Riccobono, F., Zhang, Z.H., Savic, S., Ivanov, D., Pirinsos, S.A.**, (2003), *Lichens as biomonitors of uranium in the Balkan Area*. *Environmental Pollution*, 125, pp. 277-280
- [74] **Lu Y, Fang BT.**, (2015), *Examining Personal Air Pollution Exposure, Intake, and Health Danger Zone Using Time Geography and 3D Geovisualization*, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 4, 32-46
- [75] **Mackay, D., Boethling, R.**, (2000), *Handbook of Property Estimation Methods for Chemicals: Environmental Health Sciences*, CRC Press, pp. 504
- [76] **Mandrioli P.**, (2000), *Method for sampling and counting of airborne pollen and fungal spores*, Institute of Atmospheric and Oceanic Sciences, National Research Council, Bologna
- [77] **Marcus J. J.**, (1997), *Mining Environmental Handbook*, Imperial College Press, London
- [78] **Marvan, P.**, (1969), *Notes to the application of statistical methods in evaluation of saprobiology*, *Symposium CMEA on Questions of Saprobity*, pp. 19-43
- [79] **McKenzie N., Henderson B., McDonald W.**, (2002), *Monitoring Soil Change, Principles and practices for Australian conditions*, CSIRO Land and Water, Technical Report 18/02, Canberra
- [80] **Mitchell P.**, (2006), *Guidelines for Quality Assurance and Quality Control in Surface Water Quality Programs in Alberta*, W0603, Environmental Monitoring and Evaluation Branch, Environmental Assurance Division, Alberta Environment, Edmonton, Alberta
- [81] **Mode N. A., Conquest L. L., Marker, D. A.**, (-), *Ranked Set Sampling for Ecological Research: Accounting for the Total Costs of Sampling*, The National Research Center for Statistics and the Environment, Washington

- [82] **Moebius B.N., van Es H.M., Schindelbeck R.R., Idowu O.J., Clune D.J., Thies J.E.**, (2007), Evaluation of laboratory-measured soil properties as indicators of soil physical quality, *Soil Science* Vol. 172, No. 11, pp. 895-912
- [83] **NAAQS** (National Ambient Air Quality Standards), (2011), U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, <http://www.epa.gov/air/criteria.html>
- [84] **Narda-1, (-)**, Brochure for isotropic measurement of magnetic and electric fields - Field Analyzers EFA-300, Narda Safety Test Solutions
- [85] **Narda-2, (-)**, Brochure for measuring magnetic and electric fields - Narda broadband field meter NBM-520, Narda Safety Test Solutions
- [86] **Narda-3, (-)**, Brochure for Continuous, remote monitoring and logging of electromagnetic fields - Narda EMF monitors AMB-8059, Narda Safety Test Solutions
- [87] **Nielsen M.D., Nielsen L. G.**, (2007), *The Essential handbook of ground-water sampling*, CRC Press, Taylor & Francis group, Boca Raton
- [88] *Noise in Europe*, (2014), European Environment Agency
- [89] **NSW**, (1995), *Sampling Design Guidelines*, NSW Environment Protection Authority, Sidney
- [90] **Nylander, W.**, (1866), *Les lichens du Jardin du Luxembourg*, *Bulletin Societe Botanique de France* 13, pp. 364-372.
- [91] **OECD**, (1996), *OECD Guidelines for Testing of Chemicals*, Test Guidelines 305
- [92] **Parth M.**, Reference document on the General Principles of Monitoring, (2008), Tallinn
- [93] **Pearson, L., Rodgers, G.**, (1982), Air pollution damage to cell membranes in lichens, III. Field experiments, *Phyton (Austria)* 22, pp. 329-337
- [94] **Polidori A., Boddeker, Fine P.**, (2012), Development of two mobile measurement stations for ambient air toxic monitoring in local communities, *South Coast Air Quality Management District (AQMD)*.
- [95] **Raskin, I., Smith, R., Salt, D.**, (1997), Phytoremediation of metals, Using plants to remove pollutants from the environment. *Current Opinions in Biotechnology*, 8, pp. 221-126
- [96] **Ringold L.P., Alegria J., Czaplewski R. L., Mulder B. S., Tolle T., Burnett K.**, (1996), Adaptive monitoring design for ecosystem management, *Ecological Application*, 6(3), Ecological society of America, Washington, pp. 745-747,
- [97] **Ritchey J.**, (2002), Low Flow Purging and Sampling Ground Water, *Evolution of Technology and Standards*, ASTM Standardization news, pp. 18-23
- [98] **Ritzema H. P.** (ed.), (1994), *Drainage Principles and Applications*, ILRI Publication 16, Second Edition, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Ageningen
- [99] **Ruzer S.L., Harley H.N.**, (2005), *Aerosols handbook, Measurement, dosimetry and health effects*, CRC Press, Boca Raton
- [100] **Sava R.**, (1994), *Guide to Sampling Air, Water, Soil and Vegetation for Chemical Analysis*, Environmental Protection Agency (EPA), Sacramento
- [101] **SEPA**, (-), Water quality index, <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked&#tabela2>
- [102] **Simpson S.L., Batley G.E., Chariton A.A., Stauber J.L., King C.K., Chapman J.C., Hyne R.V., Gale S.A., Roach A.C., Mather W.A.**, (2005), *Handbook for sediment quality assessment*, CSIRO, Bangor, NSW
- [103] **SRPS ISO 1996-1:** Акустика – Описивање, мерење и оцењивање буке у животној средини – Део 1: Основне величине и процедуре оцењивања
- [104] **SRPS ISO 1996-2:** Акустика – Описивање, мерење и оцењивање буке у животној средини – Део 2: Одређивање нивоа буке у животној средини

- [105] **Stach A.**, (2003), The use of Hirst volumetric trap, preparation of drums and slides, *Postskry Dermatologii i Alergologii XX*; 2003/4, pp. 246-249
- [106] **Stamenković, S., Cvijan, M.**, (2003), Bioindication of air pollution in Niš by using epiphytic lichens, *Archive of Biological Sciences*, 55 (3-4), pp. 133-140.
- [107] **Stolbovoy V, Montanarella L, Filippi N, Jones A, Gallego J, Grassi G**, (2007), Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soil of the European Union, Version 2, Institute for Environment and Sustainability, European Communities, EUR 21576 EN/2
- [108] **Sukopp H.**, (1998), *Urban Ecology - Scientific and Practical Aspects*, poglavlje u knjizi Breuste J, Feldmann H, Uhlmann O. (Eds.) *Urban Ecology*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH, pp. 3-16
- [109] **SWA**, (2004), *Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool)*, European Commission, Austria
- [110] **Tasić V., Milivojević D., Živković N., Đorđević A.**, (2007), Implementation of air quality monitoring system, *Facta Universitatis Series: Working and Living Environmental Protection Vol. 4, No 1*, pp. 55 – 64
- [111] **Touma S. J, Isakov V, and Ching J, Seigneur C.**, 2006, Air Quality Modeling of Hazardous Pollutants: Current Status and Future Directions, *Journal of the Air & Waste Management Association*, Volume 56, pp. 547-558
- [112] **U.S. EPA**, (1982), *Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater*, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio
- [113] **U.S. EPA**, (1991), *Compendium of ERT ground water sampling procedures*, EPA/540/P-91/007
- [114] **U.S. EPA**, (2002), *Guidance on choosing a sampling design for environmental data collection*, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington
- [115] **Van Wyk M.**, (2011), Application of the IEC 62232 standard to EMF measurements around cellular base stations, *ITU Workshop on Practical measurement of EMF exposure*, Gaborone, Botswana
- [116] **Van-Camp L, Bujarrabal B, Gentile A R, Jones R J A, Montanarella L, Olazabal C, Selvaradjou SK (Eds)**, (2004), Reports of the Technical Working Groups, Established under the thematic strategy for soil protection, Volume - V, *Monitoring*, EUR 21319 EN/5. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- [117] **Vuković, G., Aničić-Urošević, M., Tomašević, M., Samsonb, R., Popović, A.**, (2015), Biomagnetic monitoring of urban air pollution using moss bags (*Sphagnum girgensohnii*), *Ecological Indicators*, 52, pp. 40–47
- [118] **Wagner G., Desaulles A., Muntau H., Theocharopoulos S. P., Quevauviller P.**, (2001), Harmonisation and quality assurance in pre-analytical steps of soil contamination studies - conclusions and recommendations of the CEEM Soil project, *Sci Total Environ.* 2001 Jan 8;264(1-2):103-17.
- [119] **Walker C.H., Sibly R.M., Hopkin S.P., Peakall D.B.**, (2012), *Principles of ecotoxicology*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton
- [120] **Westerman D.**, (1989), *Географски атлас света*, Diercke, Младинска књига, Љубљана
- [121] **Wiersma, G.B.**, (2004), *Environmental monitoring*, CRC Press, Boca Raton
- [122] Wikipedia, (-), <http://sh.wikipedia.org/wiki/Grad>
- [123] **Winder J**, (2003), *Soil Quality Monitoring Programs: A Literature Review*, Soil Quality Program Agronomist Prepared for: Alberta Environmentally Sustainable Agriculture (AES) Soil Quality Monitoring Program Alberta Agriculture, Food and Rural Development Conservation and Development Branch, Edmonton, Alberta

- [124] **Wolterbeek, H.T.**, (2002), Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives, *Environmental Pollution*, 120, pp.11-21
- [125] **Woodiwiss, F.**, (1964), The biological system of stream classification used by the Trent River Board, *Chemistry and Industry*, 11, pp.443-447
- [126] www.rshydro.co.uk, Low flow sampling equipment for ground water monitoring
- [127] xxx, Handbook Continuous Emission Monitoring Systems for Non-criteria Pollutants, EPA/625/R-97/001, April 1997, Center for Environmental Research Information National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH
- [128] **Yang T.**, (2004), Economic and Policy Implications of Urban Air Pollution in the United States: 1970 to 2000, Master thesis, Massachusetts Institute of Technology
- [129] **Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., Ma, L.** (2006), Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site, *Science of the Total Environment*, 368: 456–464
- [130] **Zelinka, M., Marvan, P.**, (1961), Zur Prdzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit flieЯender Gewdsser, *Archiv fьr Hydrobiologie*, 57, pp. 389–407
- [131] Анон, (-), Које предности лабораторије стичу када се акредитују?, Акредитационо тело Србије, http://www.ats.rs/sites/default/files/download/brosura_ATS_02.pdf
- [132] Анон, (2014), Извештај о извршеном мерењу нивоа нејонизујућих зрачења у нискофреквентном подручју на територији АП Војводина за 2014. годину, Институт ватрогас доо, Нови Сад
- [133] **Бајин Д.**, (1996), Саобраћај у градској улици - еколошки аспект, Задужбина Андрејевић, Београд
- [134] **Башић Ф.**, (1994), Класификација оштећења тла у Хрватској, *Агрономски гласник*, 3-4, стр. 291-310, Загреб
- [135] **Белић Д.С.**, (1994), Физика и екологија, Физички факултет Универзитета у Београду, Студио плус, Београд
- [136] **Биби А., Бренан Е.М.**, (2008), Основи екологије, Еколошки принципи и проблеми заштите животне средине, Слио, Београд
- [137] **Величковић Д.**, (1998), Електромагнетна зрачења 2- Оптичко зрачење, Факултет заштите на раду Универзитета у Нишу, Ниш
- [138] **Врвић М. М., Радуловић М. Д., Кукић М. И., Бешкоски В. П., Пуцаревић М., Поткоњак Б., Дабовић М. М.**, (2007), Да ли земљиште може да буде отпад?, Зборник радова Прве регионалне научно-стручне конференције о управљању индустријским отпадом, Копаоник (CD)
- [139] **Вујић Б.**, (2015), Материјал са предавања: Мониторинг животне средине, Технички факултет Михајло Пупин, Зрењанин
- [140] **Вулевић Б., Белић Ч.**, (-), Електромагнетска поља у животној средини, ЈР Нуклеарни објекти Србије, Београд
- [141] **Гајић Б, Средојевић З, Дугалић Г.**, (2006), Земљишни индикатори у одрживој пољопривредној производњи Економика пољопривреде, вол. 53,2, стр. 441-450
- [142] **Гледовић И.М.**, (-), Детаљна анализа утицаја ТС 110/10 кВ Ниш 8 на животну средину,
- [143] **Гржетић И.**, (-) Аналитичке грешке и статистичка анализа грешака, Хемија животне средине 2, Београд, стр. 1-40.
- [144] **Гржетић И.**, (-), Основи хемије атмосфере и загађивачи ваздуха, материјал са предавања, Хемијски факултет, Београд
- [145] **Гржетић И.**, (2001), Обезбеђење квалитета и управљање квалитетом на пројектима и задацима са аналитичком праксом, Техника - Квалитет, стандардизација и метрологија 2, Но. 2, стр. 1- 14

- [146] Група аутора, (2009), Студија нултог стања утицаја подземних рударских радова и радова на отвореном копу у вријеме раније производње до 2000-те године на животну средину концесијског поља Шупља Стијена (архива Рудника), ЈУ центар за екотоксиколошка испитивања Црне Горе, Подгорица
- [147] Група аутора, (2010), Годишњи извештај по пројекту Праћење стања и прогноза полена у Новом Саду за 2009. годину, Универзитет у Новом Саду, Природно Математички факултет, Департман за биологију и екологију, Лабораторија за палинологију, Нови Сад
- [148] **Гулан Б.**, (2005), Земљиште ресурс будућности, <http://www.agropropress.org.rs/tekstovi/10867.html>
- [149] **Далмација Б.**, (2013), Граничне вредности имисије за воде, Промоција Новог приступа заштите вода у Републици СрбијиПКБ, Београд
- [150] **Денић Љ, Стојановић З, Допуђа-Глишић Т, Чађо С, Ђурковић А, Новаковић Б.**, (2014), Резултати испитивања квалитета површинских и подземних вода за 2013. годину, Министарство пољопривреде и заштите животне средине, Агенција за заштиту животне средине, Београд
- [151] Директива о заштити животне средине, а посебно земљишта при коришћењу канализационог муља у пољопривреди, (Council Directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture (86/278/ЕЕС, Official Journal OJ L 181, 1986) са допунама преко Директиве 91/692/ЕЕС (OJ L 377 48 1991), и Правилника (ЕС) No 807/2003 (OJ L 122 36, 2003), (ЕС) No 219/2009 (OJ L 87 109, 2009).
- [152] **Ђорђевић А, Кнежевић М, Томић З, Голубовић С, Оњија А, Животић Љ, Николић Н.**, (2011), Методологија за систематско праћење квалитета и стања земљишта у Републици Србији, Пољопривредни факултет, Земун
- [153] **Жижич М, Ловрић М, Павличич Д.**, (2007), Методи статистичке анализе, Економски факултет Универзитета у Београду, Београд
- [154] Закон о акредитацији, Сл. гласник РС 73/2010
- [155] Закон о заштити ваздуха, Сл. гласник РС 36/09 и 10/13
- [156] Закон о заштити животне средине, Сл. гласник РС 135/04, 36/2009, 36/2009, 72/2009 и 43/2011
- [157] Закон о заштити од буке у животној средини, Сл. гласник РС 36/2009 и 88/2010
- [158] Закон о заштити од јонизујућих зрачења и о нуклеарној сигурности, Сл. гласник РС 36/2009 и 93/2012
- [159] Закон о заштити од нејонизујућих зрачења, Сл. гласник РС 36/2009
- [160] Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине, Сл. гласник РС 135/2004
- [161] Закон о процени утицаја на животну средину, Сл. гласник РС 135/2004
- [162] **Иветић М.**, 2001, Рачунска хидраулика, Струјање воде у порозним срединама, белешке, Грађевински факултет, Београд
- [163] **Ивковић З.**, (1980), Математичка статистика, Научна књига, Београд
- [164] **Јездимировић И.** (ур.), (2011), Вода - извор одрживог развоја, приручник, Инжењери заштите животне средине, Нови Сад
- [165] **Јововић А, Рађеновић В, Гржетић И, Јовановић Ђ.**, (2007), Инвентар ненамерно емитованих ПОПС хемикалија из индустријских и термоенергетских постројења, Зборник радова Прве регионалне научно-стручне конференције о управљању индустријским отпадом, Копаоник

- [166] **Јухас А., Милутинов М., Пекарић Нађ Н.**, (2011), Искуства у примени правилника о нејонизујућим зрачењима, Телекомуникације Но. 7, Београд
- [167] **Кањевац Миловановић К., Миливојевић Ј.**, (2010), Утицај електромагнетног зрачења на здравље и квалитет живота људи, Биоген
- [168] **Карловић Е.**, (2010), Муљеве од пречишћавања комуналних отпадних вода - легислатива, коришћење и третман, www.cecra.dh.pmf.uns.ac.rs/pdfww2010/ELVIRA%202010%20MULJEVI%20D.pdf
- [169] **Кастори Р., Секулић П., Петровић Н., Арсенијевић-Младеновић И.**, (2003), Осврт на граничне вредности садржаја тешких метала у земљишту у нас и у свету, Зборник радова, свеска 38, Научни институт за ратарство и повртарство, Нови Сад
- [170] **Кирић С.**, (-), Увод у статистичке методе истраживања, http://www.bg.ac.rs/files/sr/studije/studije-uni/Uvod_statisticke_metode_istrazivanja.pdf
- [171] **Клајн И., Шипка М.**, (2007), Велики речник страних речи и израза, Прометеј, Нови Сад
- [172] **Којић М., Поповић Р., Караџић Б.**, (1997), Васкуларне биљке Србије као индикатори станишта, Институт за истраживања у пољопривреди Србија, Институт за биолошка истраживања Сеница Станковић, Београд
- [173] **Костић А.**, (2007), Инжењеринг заштите животне средине, Хемијски факултет Универзитета у Београду, Београд
- [174] **Костић А.**, (2007), Инжењеринг заштите животне средине, Хемијски факултет Универзитета у Београду, Београд
- [175] **Лиљич Н., Цвјетић А.**, (2005), Бука и вибрације у рударству, Рударско-геолошки факултет, Београд
- [176] **Лиљич Н., Цвјетић А.**, (2005), Загађење и заштита ваздуха, материјал са предавања, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Београд
- [177] **Лиљич С., Дреновак М.**, (2010), Еколошко право, Правни факултет Универзитета у Београду, Београд
- [178] **Матић-Бесарабић С. и сарадници**, (2014), План квалитета ваздуха за територију града Београда, Градски завод за јавно здравље, Београд
- [179] **Мацановић А.**, (2009), Пословна статистика, Висока школа за примјенене и правне науке Прометеј, Бања Лука
- [180] **Мијовић С., Палмар Б.**, (2009), Континуирани мониторинг квалитета воде реке Колубаре, саопштење на саветовању Водовод и канализација, Дрвенград – Међавник
- [181] **Нађ И.**, (2010), Урбана екологија као интердисциплинарна и примењена научна дисциплина о животној средини, Зборник радова Департамента за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад, 39/2010, стр. 66-81
- [182] **Наумовић Вуковић Д., Павловић А., Шкундрић С., Костић В.**, (2009), Еталонирање мерила за мерење густине наизменичног магнетског поља, Електропривреда, Vol. LXI, No. 3, стр. 97-102, Београд
- [183] **Никчевић М., Ањелић Т.**, (2011), Упутство за детекцију и поступање са изворима зрачења и за провјеру функционисања дозиметријске опреме, Подгорица
- [184] **Новитовић О., Трумбуловић-Бујић Љ., Марјановић В., & Аксентијевић С.**, (2013), Мониторинг загађивача и узорковање, Графичко инжењерство и дизајн, Нови Сад
- [185] Одлука о условима које морају испуњавати правна лица за вршење мерења ради процене степена изложености јонизујућим зрачењима лица која раде са изворима зрачења, пацијената и становништва, Сл. лист СРЈ 45/97

- [186] **Остојић А., Турчић С.**, (2005), Квалитет воде у акумулационом језеру Гужа, Природно-математички факултет, Крагујевац, стр. 217-229
- [187] **Петковић Д., Голетић Ш.**, (2004), Комунална бука као значајан фактор код пројектовања и градње саобраћајне инфраструктуре, Семинар Управљање околишем – околишни менаџмент, Фојница
- [188] **Понтинг К.**, (2009), Еколошка историја света, превео Д. Симић, Одисеја, Београд
- [189] **Поповић П.**, (2010), Акредитација и оцењивање усаглашености, Универзитет Сингидунум, Београд
- [190] **Поповић Т., Јовић Б., Марић Танасковић Л., Кнежевић Ј., Митровић Јосиповић М., Димић Б.**, (2012), Годишњи извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији 2011. године, Агенција за заштиту животне средине, Београд, <http://www.sepa.gov.rs/download/VAZDUH2011.pdf>
- [191] **Поповић Т., Јовић Б., Марић-Танасковић Л., Кнежевић Ј., Митровић-Јосиповић М., Димић Б.** (2014), Квалитет ваздуха у Републици Србији 2013. године. Агенција за заштиту животне средине, Београд.
- [192] Правилник о границама излагања јонизујућим зрачењима и мерењима ради процене нивоа излагања јонизујућим зрачењима, Сл. гласник РС 86/11
- [193] Правилник о границама излагања нејонизујућим зрачењем, Сл. гласник РС 104/2009
- [194] Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и методама њиховог испитивања, Сл. гласник РС 23/94
- [195] Правилник о дозвољеном нивоу буке у животној средини, Сл. гласник РС 54/92
- [196] Правилник о изворима нејонизујућих зрачења од посебног интереса, врстама извора, начину и периоду њиховог испитивања, Сл. гласник РС 104/2009
- [197] Правилник о категоријама, испитивању и класификацији отпада, Сл. гласник РС 56/10
- [198] Правилник о методама мерења буке, садржини и обиму извештаја о мерењу буке, Сл. гласник РС 72/2010
- [199] Правилник о мониторингу радиоактивности, Сл. гласник РС 97/11
- [200] Правилник о Националној листи индикатора заштите животне средине, Сл. гласник РС 37/11
- [201] Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода, Сл. гласник РС 74/2011
- [202] Правилник о референтним условима за типове површинских вода, Сл. гласник РС 67/2011
- [203] Правилник о садржају Студије о процени утицаја на животну средину, Сл. гласник РС 69/2005
- [204] Правилник о садржини и изгледу обрасца извештаја о систематском испитивању нивоа нејонизујућих зрачења у животној средини, Сл. гласник РС 104/2009
- [205] Правилник о утврђивању водних тела површинских и подземних вода, Сл. гласник РС 96/10
- [206] Правилник о утврђивању програма систематског испитивања радиоактивности у животној средини, Сл. гласник РС 100/10
- [207] Правилник о референтним условима за типове површинских вода, Сл. гласник РС 67/2011

- [208] **Прашчевић М., Цветковић Д.**, (2005), Бука у животној средини, Факултет заштите на раду, Ниш
- [209] Програм заштите животне средине града Београда – Стање животне средине 2000-2011. година, (2015), Секретеријат за заштиту животне средине, Београд
- [210] **Рекалић В.**, (1989), Анализа загађивача ваздуха и воде, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, Београд
- [211] **Сарић Танасковић М.**, (-), Оцена утицаја квалитета ваздуха на здравље, http://www.zjzpa.org.rs/joomla/Dokumenti/KvalitetVazduha_06062011.pdf
- [212] **Секулић П., Васин Ј.**, (2003), Узорковање и анализа земљишта, Пољопривреда инфо, интернет магазин
- [213] **Секулић П., Хаџић В.**, (2005), Савремене методе у испитивању, Зборник радова Научног института за ратарство и повртарство, свеска 41, стр. 533-540, Нови Сад
- [214] **Слепчевић В., Тошовић С., Матић Бесарабић С., Ађански Љ., Ристановић И.**, (2013), Индекс квалитета ваздуха, Градски завод за јавно здравље, Београд
- [215] СРПС ISO 5667-1, (1997), Квалитет воде-Узимање узорака- Део 1: Упутство за израду програма узимања узорака, Институт за стандардизацију Србије
- [216] СРПС ISO 6107-2, (2001), Квалитет воде- Речник- Део 2, Институт за стандардизацију Србије
- [217] СРПС ISO 6557-12, (2005), Квалитет воде- Узимање узорака- Део 12: Смернице за узимање узорака талога са дна, Институт за стандардизацију Србије
- [218] СРПС, (2009), СРПС: СЕН/TR 15310, Карактеризација отпада-Узимање узорака отпада-Део 1: Смернице за избор и примену критеријума за узимање узорака под различитим условима, Део 2: Смернице за технике узимања отпада Институт за стандардизацију Србије, Београд
- [219] **Стаменковић, С.**, (2006), Биоиндикација степена загађености ваздуха урбаних средина коришћењем лишаја као биоиндикатора, Семинар Загађење воде и ваздуха; биоиндикација и биомониторинг- практични аспекти, Биолошки факултет Универзитета у Београду, Институт за ботанику и Ботаничка башта Јевремовац
- [220] **Стефановић П.Љ., Марковић З.Ј., Бакић В.В., Цветиноввић Д.Б., Живковић Н.В., Спасојевић В.Д.**, (2011), Емисиони фактор лигнита колубарског басена, Термотехника, XXXVII, 2, стр. 241-251
- [221] **Тодоровић Д., Поповић Д., Ајтић Ј.**, (2007), Маховине као индикатори загађења ваздуха у урбаним срединама, XXIV симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе, Зборник радова, Златибор, стр. 73-76
- [222] **Трипковић Д., Игњатовић Ј., Цвијан М., Надеждић М., Маљевић Е., Пауновић М.**, (2003), Стратегија мониторинга квалитета површинских вода, Регионални центар за животну средину за Централну и Источну Европу Канцеларија у Србији и Црној Гори, Београд
- [223] **Трумбуловић Бујић Љ., Аћимовић Павловић З.**, (2008), Утицај аерозагађивача на квалитет ваздуха у индустријској средини, Journal of Metallurgy (14), Београд, стр. 229-240
- [224] **Ћирић В., Белић М., Нешић Љ., Савин Л., Симикић М., Глигорић Р., Шеремешкић С.**, (2013), Стабилност структуре чернозема при различитим начинима производње, Савремена пољопривредна техника, Vol. 39, no. 3, 17-186
- [225] Уредба о класификацији вода, Сл. гласник РС 5/68
- [226] Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха, Сл. гласник РС 11/10, 75/20 и 63/13

- [227] Уредба о ГВЕ загађујућих материја у води и роковима за њихово достизање, Сл. гласник РС 67/11, 48/12
- [228] Уредба о граничним вредностима емисија загађујућих материја у ваздух, Сл. гласник РС 71/10 и 6/11
- [229] Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање, Сл. гласник РС 67/2011
- [230] Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање, Сл. гласник РС 50/2012
- [231] Уредба о граничним вредностима приоритетних и приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање, Сл. гласник РС 35/2011
- [232] Уредба о индикаторима буке, граничним вредностима, методама за оцењивање индикатора буке, узнемиравања и штетних ефеката буке у животној средини, Сл. гласник РС 75/2010
- [233] Уредба о програму системског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену, ризика од деградације земљишта и методологија за израду ремедијационих програма, Сл. гласник РС 88/2010
- [234] Уредба о садржини и начину вођења информационог система заштите животне средине, методологији, структури, заједничким основама, категоријама и нивоима сакупљања података, као и садржини информација о којима се редовно и обавезно обавештава јавност, Сл. гласник РС 112/09
- [235] Уредба о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха, Сл. гласник РС 11/2010, 75/2010 и 63/2013
- [236] Уредба о утврђивању зона и агломерација, Сл. гласник РС 58/11 и 98/12
- [237] Уредба о утврђивању Листе категорија квалитета ваздуха по зонама и агломерацијама на територији Републике Србије за 2012. годину, Сл. гласник РС 17/2014
- [238] Уредба о утврђивању програма контроле квалитета ваздуха у државној мрежи, Сл. гласник РС 58/11
- [239] Уредбу о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање, Сл. гласник РС 67/2011 и 48/2012
- [240] Уредбу о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање, Сл. гласник РС 50/2012

АУТОРИ И ИЗВОРИ ФОТОГРАФИЈА

Слика 1.1. IMPEL, 2001; **Слика 1.2.** <http://www.wattsupwiththat.com>; **Слика 1.3.** IPPC, 2003; **Слика 1.4.** Стефановић и др., 2011; **Слика 1.5.** <http://www.who.int/>; **Слика 1.6.** <http://www.avaz.ba/>

Слика 2.1. Нишић Д.; **Слика 2.2.** Нишић Д.; **Слика 2.3.** Нишић Д.; **Слика 2.4.** Костић А.; **Слика 2.5.** ?; **Слика 2.6.** U.S. EPA, 1982; **Слика 2.7.** Нишић Д.; **Слика 2.8.** Нишић Д.; **Слика 2.9.** Нишић Д.; **Слика 2.10.** модификовано према U.S. EPA, 2002; **Слика 2.11.** Нишић Д.; **Слика 2.12.** Нишић Д.; **Слика 2.13.** модификовано према Gilbert, 1987; **Слика 2.14.** Нишић Д.; **Слика 2.15.** Нишић Д.; **Слика 2.16.** модификовано према U.S. EPA, 2002; **Слика 2.17.** Нишић Д.; **Слика 2.18.** Нишић Д.; **Слика 2.19.** Кнежевић Д., www.boston.com, <http://www.wri.org/>, <http://www.ok.gov/>, <http://nuclearsafety.gc.ca/>; **Слика 2.20.** Поповић и др., 2012; **Слика 2.21.** <http://www.greenpeace.org/>; **Слика 2.22.** модификовано према: <https://www.env.go.jp/>

Слика 3.1. <http://friendsofgulfstvincent.org.au/>; **Слика 3.2.** Directive 2000/60/EC; **Слика 3.3.** ?; **Слика 3.4.** <http://dir.indiamart.com/>; **Слика 3.5.** <http://www.aboutcivil.org/>, <http://www.brighthubengineering.com/>; **Слика 3.6.** <http://www.openchannelflow.com/>; **Слика 3.7.** <http://www.rtv.rs/>, <http://www.windspeed.co.uk/>, www.pce-instruments.com; **Слика 3.8.** <http://serc.carleton.edu/>, Hudson, 1993; **Слика 3.9.** Hudson 1993; **Слика 3.10.** Кнежевић Д.; **Слика 3.11.** <http://www.geneq.com/>, <http://www.ecoenvironmental.com.au/> <http://www.forestry-suppliers.com/>, <https://cn.eijkelkamp.com/>; **Слика 3.12.** Мијовић С., Палмар Б., 2009; **Слика 3.13.** <http://earthsci.org/>; **Слика 3.14.** Ritzema H. P. (ed.), 1994; **Слика 3.15.** Иветић, 2001; **Слика 3.16.** <http://www.i-astm.com/>; **Слика 3.17.** Кнежевић Д.; **Слика 3.18.** ?; **Слика 3.19.** www.envirologek.com; **Слика 3.20.** Ritzema H. P. (ed.), 1994; **Слика 3.21.** www.solinst.com; **Слика 3.22.** www.solinst.com; **Слика 3.23.** <http://www.solinst.com/>, <http://www.en.eijkelkamp.com/>; **Слика 3.24.** www.megra.rs; **Слика 3.25.** <http://www.enoscientific.com/>; **Слика 3.26.** Ritchey J., (2002); **Слика 3.27.** www.in-situ-europe.com, <http://www.erraus.com.au/>; **Слика 3.28.** <http://www.geneq.com/>; **Слика 3.29.** <http://www.aquatechnologygroup.com/>, <http://www.vanwalt.com/>; **Слика 3.30.** <http://www.geneq.com/>; **Слика 3.31.** <http://www.geneq.com/>; **Слика 3.32.** www.pinterest.com; **Слика 3.33.** www.solinst.com; **Слика 3.34.** www.solinst.com; **Слика 3.35.** <http://www.geneq.com/>; **Слика 3.36.** Нишић Д.; **Слика 3.37.** ?; **Слика 3.38.** <http://www.hoskin.ca/>, <http://www.visionenvironment.com.au/>; **Слика 3.39.** www.rickly.com, <http://shop.sciencefirst.com/>; **Слика 3.40.** <https://cn.eijkelkamp.com/>; **Слика 3.41.** <http://woodshole.er.usgs.gov/>; **Слика 3.42.** www.pvltech.com, <http://www.ig.utexas.edu/>; **Слика 3.43.** <http://www.ig.utexas.edu/>, <http://woodshole.er.usgs.gov/>; **Слика 3.44.** <https://geographymanchester.wordpress.com/>, <http://www.hydro-research.com/>, <http://www.youevergreen.com/>; **Слика 3.45.** Денић Љ. и др., 2014

Слика 4.1. Нишић Д.; **Слика 4.2.** Tasić et al., 2007; **Слика 4.3.** модификовано према Пфендт П.; **Слика 4.4.** модификовано према <http://www.umich.edu/>; **Слика 4.5.** ?; **Слика 4.6.** модификовано према: <https://www.env.go.jp/>; **Слика 4.7.** модификовано према: <https://www.env.go.jp/>, модификовано према Katulski, et al., 2011; **Слика 4.8.** ?; **Слика 4.9.** модификовано према: <https://www.env.go.jp/>; **Слика 4.10.** модификовано према:

<https://www.env.go.jp/>; **Слика 4.11.** модификовано према: <https://www.env.go.jp/>; **Слика 4.12.** Tasić et al., 2007; **Слика 4.13.** <http://www.abc.net.au/>, Tasić et al., 2007; **Слика 4.14.** www.bcairquality.ca/; **Слика 4.15.** <http://maricopa.gov/>; **Слика 4.16.** модификовано према Katulski, et al., 2011; **Слика 4.17.** Polidori et al., 2012; **Слика 4.18.** Polidori et al., 2012; **Слика 4.19.** Поповић и др., 2014; **Слика 4.20.** Поповић и др., 2014; **Слика 4.21.** Поповић и др., 2014; **Слика 4.22.** Поповић и др., 2014; **Слика 4.23.** Поповић и др., 2014; **Слика 4.24.** <http://en.wikipedia.org/>

Слика 5.1. <http://www.bksv.com/>; **Слика 5.2.** Прашчевић М., Цветковић Д., 2005; **Слика 5.3.** Прашчевић М., Цветковић Д., 2005; **Слика 5.4.** <http://www.bksv.com/>; **Слика 5.5.** Прашчевић М., Цветковић Д., 2005; **Слика 5.6.** <http://www.bksv.com/>; **Слика 5.7.** <http://www.mfkv.kg.ac.rs/>; **Слика 5.8.** Прашчевић М., Цветковић Д., 2005; **Слика 5.9.** Прашчевић М., Цветковић Д., 2005; **Слика 5.10.** <http://www.cirrusresearch.co.uk/>; **Слика 5.11.** <http://www.bksv.com/>; **Слика 5.12.** <http://www.ymec.com/>, www.larsondavis.com/; **Слика 5.13.** <http://www.bksv.com/>, <http://www.cirrus-environmental.com/>; **Слика 5.14.** <http://www.epd.gov.hk/>

Слика 6.1. ЕРА, 2013; **Слика 6.2.** Цветковић,-; **Слика 6.3.** Извештај Војводина, 2014; **Слика 6.4.** Van Wyk M., 2011; **Слика 6.5.** www.microwave-eetimes.com/, Извештај Војводина, 2014, www.osedirectory.com/; **Слика 6.6.** прилагођено према Gotsis et al., 2008; **Слика 6.7.** Вулевић, Белић, -; **Слика 6.8.** Ходолич и др., 2009; **Слика 6.9.** Никчевић, Анђелић, 2011; **Слика 6.10.** Ходолич и др., 2009; **Слика 6.11.** <http://www.airmet.com.au/>; **Слика 6.12.** <http://www.airmet.com.au/>; **Слика 6.13.** <http://www.airmet.com.au/>; **Слика 6.14.** <http://www.airmet.com.au/>; **Слика 6.15.** <http://www.airmet.com.au/>

Слика 7.1. www.zelenavizija.com/; **Слика 7.2.** <http://www.unep.org/>; **Слика 7.3.** <http://www.dgt.uns.ac.rs/>; **Слика 7.4.** www.depi.vic.gov.au/; **Слика 7.5.** <http://www.unep.org/>; **Слика 7.6.** <http://www.dgt.uns.ac.rs/>; **Слика 7.7.** ?; **Слика 7.8.** www.ccmakno.wledgebase.vic.gov.au/; **Слика 7.9.** en.eijkelkamp.com/; **Слика 7.10.** en.eijkelkamp.com/; **Слика 7.11.** Секулић, Васин, 2003; **Слика 7.12.** ?; **Слика 7.13.** <http://www.sepa.gov.rs/>; **Слика 7.14.** ?; **Слика 7.15.** ?; **Слика 7.16.** Кнежевић Д.; **Слика 7.17.** Liedekerke et al., 2014; **Слика 7.18.** Liedekerke et al., 2014; **Слика 7.19.** <http://www.sepa.gov.rs/>, Ђорђевић и др., 2011; **Слика П.1.** www.zelenavizija.com/

Слика 8.1. <http://www.jardinflorilege.com/>, <https://commons.wikimedia.org/>, <http://www.guiamarina.com/>, <http://www.canyons.edu/>, <http://www.theseashore.org.uk/>, <http://www.plingfactory.de/>, <http://www.thefishguide.com/>, <http://www.dec.ny.gov/>, <http://1.bp.blogspot.com/>, <http://www.lednacekryb.estranky.cz/>, <http://pv-tv.tv/>, <http://www.ribolov.co.rs/>; **Слика 8.2.** Модификовано према: <http://www.cecra.dh.pmf.uns.ac.rs/>; **Слика 8.3.** <http://www.hlasek.com/>; **Слика 8.4.** <https://commons.wikimedia.org/>; **Слика 8.5.** Модификовано према: <http://science.halleyhosting.com/>; **Слика 8.6.** <http://supa.pharmacy.bg.ac.rs/>; **Слика 8.7.** <http://uqu.edu.sa/>; **Слика 8.8.** <http://web.mit.edu/>; **Слика 8.9.** Woodiwiss, 1964; **Слика 8.10.** www.model-educa.hr/, <http://www.bio.bg.ac.rs/>, <http://www.hoskin.ca/>; **Слика 8.11.** <http://www.brodexuk.com/>; **Слика 8.12.** <http://svet-biologije.com/>; **Слика 8.13.** <http://pinkka.helsinki.fi/>, <http://www.nature-dairy.co.uk/>, <http://www.nahuby.sk/>; <https://commons.wikimedia.org/>, <http://www.lichens.lastdragon.org/>, www.discoverlife.org/; **Слика 8.14.** Стаменковић, Цвијан, 2003; **Слика 8.15.** Frontasyeva et al., 2004; **Слика 8.16.** Вуковић и др., 2015; **Слика 8.17.** <http://erena71.deviantart.com/>; **Слика 8.18.** <http://www.wildlifeinsight.com/>; **Слика 8.19.** <http://linnaeus.nrm.se/>; **Слика 8.20.** <http://flora.nhm-wien.ac.at/>;

Слика 9.1. Sukopp, 1973; **Слика 9.2.** Извештај Нови Сад, 2010; **Слика 9.3.** <https://www.polleninfo.org/>, www.uco.es

ИНДЕКС

А

агенција за заштиту животне
 средине

аеросоли

азот

акредитација

алкалитет

амонијак

атмосфера

аудит

ацидитет

Б

бајлер

базичност

базична ограничења

бентосне заједнице

биланс маса

биљке

биоаккумуляција

биоаккумуляциони фактор

биоиндикација загађења

 органска

 неорганска

 комбинована

биоцентрација

биолошка разноврсност

биолошка активност

биомагнификација

биотестови

биотички индекси

боја

бука

 непроменљива

 променљива

 испрекидана

 импулсивна

 широкопојасна

 ускопојасна

 тонална

механичка

аеродинамичка

саобраћајна

укупна

специфична

резидуална

бургије

В

васкуларне биљке

влажност

вредност лимита

верификациони ниво

врућа тачка

Г

Гајгер-Милеров бројач

граница толеранције

гранична вредност

гранична минимална вредност

грешка

 апсолутна

 релативна

 мерења

 узорковања

 систематска

 случајна

 статистичка

 физичка

Д

дајвер

деривати нафте

детерценти

Ђ

ђубрење

Е

e.coli (колиформни)

еколошка валенца

еколошки фактори
екстракција
 хладна
 топла
 систем са разблажењем
електрична проводљивост
емисиони фактори
емисија
еутрофикације

Ж

животиње

З

загађења
 извори
 тачкасти
 дифузни
 биогени
 геогени
 антропогени
 стационарни
 покретни
 примарна
 секундарна
закон
запреминска густина
зообентос
зоопланктон
зрачење
 јонизујуће
 нејонизујуће
 космичко
 природно
 нискофреквентно
 високофреквентно

И

индекс диверзитета
индикатори
 физички
 хемијски
 биолошки (биоиндикатори)
 микробиолошки
интегрисано спречавања и контроле
 загађења - иррс
инфилтрација
имисија
извештавање

К

квалитет
 обезбеђење
 контрола

киселост
кисеоник
 растворени

 биолошка потрошња
 хемијска потрошња
класа
класификација земљишта
концентрација
 максималнод озвољена
 просечна годишња
критеријумски загађивачи
 угљен-моноксид
 олово
 азотни оксиди
 озон
 честице PM2.5 и PM10
 сумпор-диоксид
контаминација
крупноћа

Л

лишајеви

М

макрозообентос
маховина
мерања
 директна
 континуирана
 дисконтинуирана
 посредна
 динамичка
 површинска
 мерни преливи
 сужења
 проточна
 проток воде
 ниво подземних вода
 покретним (мобилним)
 станицама
 краткорочна
 дугорочна
 појединачна
метали
металофите
метеоролошка осматрања
мирис
мониторинг
 глобални,
 национални
 локални
 екстерни

- интерни
- самомониторинг
- усаглашени
- адаптивни
- нултог стања
- вода
- земљишта
- биолошки
- ваздуха
- буке
- технолошких процеса
- отпада
- становништва и заједнице
- једноставни
- истраживачки
- сурогатни
- интегрисани
- надзорни
- оперативни
- истраживачки
- емисије
- утицаја
- програм
- континуирани
- пасивни
- активни
- полена
- мрежа
- планктонска
- сурберова
- бентосна
- стајаћица
- повлачна
- мутноћа
- Н**
- нулти ниво
- нутријенти
- О**
- оксиди азота
- организми
- стеновалентни
- еуривалентни
- микроорганизми
- органске материје
- П**
- пестициди
- пијезометар
- пишталка и пантљика
- планктон
- површинске воде
- подземне воде
- полупроводнички детектори
- порозност
- правилник
- праг
- чујности
- бола
- природни ниво
- прорачун изложености
- пумпа
- перисталтичка
- инерциона
- центрифугална
- мембранска
- рН
- Р**
- реактивност
- редокс потенцијал
- ремедијациона вредност
- референтни гранични ниво
- рибе
- С**
- салинитет
- сапробност
- индекс
- степен
- катаробни
- олигосапробни
- полисапробни
- ксеносапробне
- мезосапробне
- транссапробне
- седименти
- serbian water quality index
- содицитет
- сонде
- клипне
- ручне
- вибро
- гравитационе
- кутијасте
- руске
- Србија
- статус вода
- степен сапробности
- структура
- суспендоване честице
- сумпороводоник
- сцинтилациона комора
- Т**
- тврдоћа воде
- тежинске криве

температура
токсичност
толерантна вредност
транслокациони фактор
транспарентност (провидност)

У

узорак
прикупљање
узимање
припрема
обрада
инкременат
појединачни
компонитни
са терена
лабораторијски
мешовити
репрезентативни
минималан број
минимална количина
залеђивање
хлађење
закисељавање
екстракција
додавање реагенаса
филтрирање
трансфер
чување
непоремећени
сушење
хомогенизовање
уситњавање
просејавање
узорковање
методе
план
интервал
циљ
исплативост
расподела полутаната

пробабилитичко
непробабилитичко
експертско
једноставно случајно
стратиграфско случајно
систематско/мрежно
скуп ранжираних јединица
кластер
из језера
из река
из потока
из канала
из равничарских река
из планинских река
из бара
зона
тачка
опрема (уређаји)
учесталост
подземне воде
редослед
угљоводоници
ароматични
бензен
полициклични ароматични
укус
урбана средина
уредба

Ф

физичка стабилност
фитобентос
фитопланктон
фиторемедијација
фосфор

Х

хватачи (багери)
Хирстов узоркивач

Ц

циљна вредност

