



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

ХИДРОЕКОЛОГИЈА Практикум

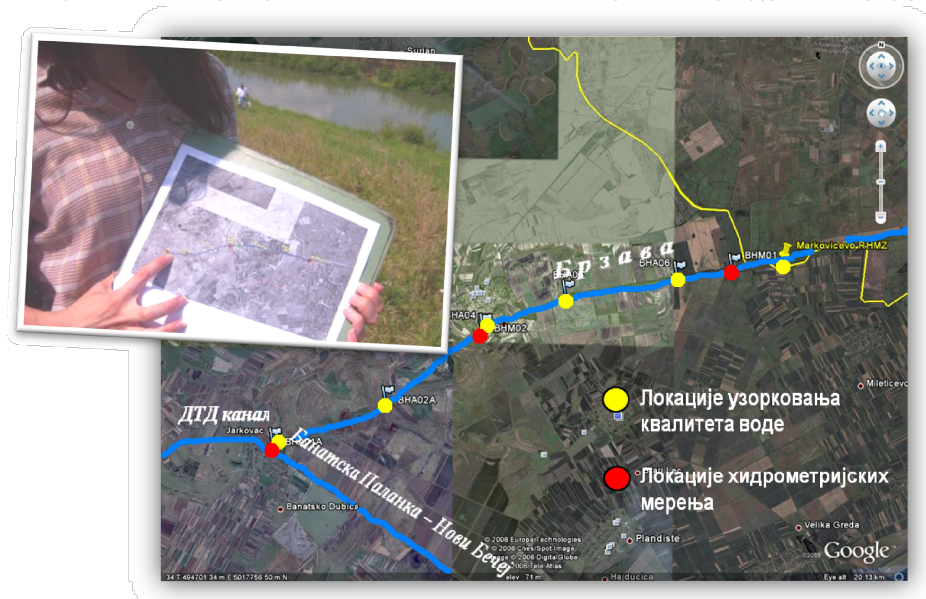
Др Јасна Грабић



Узорковање површинских вода, транспорт и чување узорака

Мониторинг квалитета површинских вода је најчешће усмерен на праћење загађења воде. Савремени мониторинг поред физичко-хемијских обухвата и биолошке показатеље квалитета вода. Он подразумева узорковање и анализе узорака на различите параметре квалитета вода. Неки параметри квалитета вода природног порекла могу бити погоршани под утицајем људских активности, као што су на пример: концентрација раствореног кисеоника, нутријенти и бактерије. Поред тога јављају се и неки параметри који нису карактеристични за природне водотоке (пестициди, детерџенти, тешки метали, нафтни деривати и др.). Утицај људских активности поред увођења нових једињења неспецифичних за природне водотоке доводи и до промена вредности неких општих показатеља квалитета воде као што су температура и рН. На пример, повишење температуре утиче на смањење концентрације раствореног кисеоника и истовремено повишења рН вредности, што утиче на повећану токсичност амонијака.

При осмишљавању мониторинга и избора локација за узорковање битно је имати у виду карактер сливног подручја, топографију и морфологију терена (Слика 1.) и водотока, распоред насеља, водопривредних објеката, као и најзначајније изворе загађења на сливу. А у зависности од циља мониторинга одређује се и број узорака.



Слика 1. Партходно сачињен план мониторинга квалитета воде реке Брзаве, на основу сателитских снимака и његово коришћење на терену

Најчећи извори загађења и параметри квалитета површинских вода које они нарушавају дати су у Табели 1.

Табела 1. Извори загађења површинских вода и нарушени параметри квалитета вода¹

Извори загађења	Најчешћи параметри квалитета вода који су нарушени
Обрадиво земљиште	турбидитет, фосфати, нитрати, температура, суспендоване материје
Сеча шума	турбидитет, температура, суспендоване материје
Пашњаци	фекалне бектерије, турбидитет, фосфати, нитрати, температура
Индустријске отпадне воде	температура, електропроводљивост, суспендоване материје, токсини, рН и други параметри у зависности од типа индустрије
Рударство	рН, алкалитет, растворене материје
Септичке јаме	фекалне бектерије (нпр. <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus sp.</i>), фосфати, нитрати, растворени кисеоник, БПК ₅ , температура, електропроводљивост
Третман комуналних отпадних вода	фекалне бектерије, растворени кисеоник, БПК ₅ , турбидитет, електропроводљивост, фосфати, нитрати, температура, суспендоване материје, рН
Грађевински радови	турбидитет, температура, суспендоване материје, растворени кисеоник, БПК ₅ , токсини
Спирање са урбаних површина	турбидитет, фосфати, нитрати, температура, електропроводљивост, растворени кисеоник, БПК ₅

Неки од разлога за спровођење мониторинга су:

- дугорочни мониторинг ради сагледавања општег стања квалитета воде;
- утврђивања да ли квалитет воде одговара предвиђеној намени;
- утврђивање стања квалитета воде уколико постоји сумња од постојања загађивача и
- контролни мониторинг који се спроводи ради утврђивања да ли су спроведене мере дале жељене резултате.

Узорковање воде предствља један од најважнијих корака при спровођењу мониторинга. Према томе, узорци би требало да буду репрезентативни, односно да одражавају стварно стање квалитета воде у водотоку. У односу на број и врсту параметара квалитета воде које мониторинг предвиђа да се анализирају потребно је захватити довољну количину воде и складиштити је у одговарајуће посуде. Уколико је у питању водоток (или испуст отпадне воде) у коме квалитет воде није хомоген за цео попречни профил узорковање треба вршити на средини, јер се ту може добити најхомогенији узорак. Уколико то није случај, а водоток или испуст је мањих димензија пожељно је изазвати мешање воде, а затим и узорковање. Захватање воде се може вршити на неколико начина у зависности од карактеристика водоног тела и циљева истраживања. Захватање узорка воде се може вршити са обале уколико је водно тело мањих димензија и вода добро измешана (Слика 2.), или из пловила ако се ради о

¹ US EPA, 2013.

великим водним телима или је онемогућен приступ са обале (Слика 3). Узорковање се може вршити директо посудама у којима ће се узорак транспортовати до лабораторије (Слике 2 и 3) или већим посудама након чега се вода пресипа у мање посуде намењене за транспорт (Слике 4).



Слика 2. Узорковање воде са обале



Слика 3. Узорковање воде из пловила



Слика 4. Захватање узорка воде из водотока (а) и преручивање у амбалажу предвиђену за транспорт (б), река Брзава

Ради транспорта и чувања узорка воде користе се чисте пластичне или стаклене боце (Слика 5). У зависности од циљева мониторинга броја и врсте анализа потребно је захватити довољну количину воде, али и извесну количину у вишку, у случају да је потребно поновити поједине анализе. Од врсте анализа које се планирају зависи и начин припреме боце. Уколико се испитују физичко-хемијски параметри квалитета воде боцу је потребно темељно опрати детерџентом и испрати чистом (пијаћом) водом, а на крају и дестилованом водом. Ако је потребно извршити микробиолошке анализе боца мора претходно бити стерилисана. Поједини параметри квалитета воде се мере на месту узорковања (нпр. температура воде – Слика 6), неки се могу фиксирати (нпр. растворени кисеоника – Слика 7) док се други одређују у

лабораторији. Свака боца се добро затвори чепом и обележи бројем, или неком другом ознаком (Слика 8).



Слика 5. Чисте боце за одлагање узорака воде



Слика 6. Мерење температуре у узорку воде





Слика 7. Фиксирање раствореног кисеоника у узорку воде



Слика 8. Обележавање боца

Ознаке на боцама као и други детаљи о месту узорковања и евентуалним напоменама и запажањима уносе се у **записник са узорковања** (Слика 9). Боце са узорцима се потом одлажу у преносиви хладњак и возило за транспорт. По завршетку узорковања потребно је узорке што пре допремити у лабораторију. У најбољем случају узорци се одмах анализирају, а уколико то није могуће одлажу се у хладњак и чувају на температури од 4°C до анализе. У зависности од тога које параметре је потребно одредити у узорцима зависи и количина воде и дужина чувања узорака. Најчешће је довољно узети око 2L воде будући да је за анализе појединачних параметара довољно утрошити од 100-500mL воде узорка.

Pojoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad

Zapisnik sa uzorkovanja

Uzorkovanje na vodotoku: **Brzava**

Datum uzorkovanja: 23. 10. 2008.

Vreme: 9:40 - 12:00 h

Podaci o mernim mestima i temperaturi:

Red. br.	Merno mesto	Oznaka	Temperatura vazduha (°C)	Temperatura vode (°C)	Napomene
1.	BH01		12.1°C	15.7°C	
2.	BH06		16.5	12.1°C	
3.	BH05		18°C	12.3°C	
4.	BH04		18.7°C	12.4°C	12.5°C
5.	BH03		19°C	12.5°C	12.4°C
6.	BH02		18.9°C	12.2°C	12.3°C
7.	BH01		19.5°C	13.3°C	12.5°C

Zapažanja: KOPA - MATKOVIĆEVO - 124 cm
 A - AKAD. FIS - LA PUNIKIĆEVO - 124 cm (12.5°C)
 - VODOSTAJ 124 ; PROTOK 7,90 m³/s (SA SADA 4412-a)
 VODOSTAJ 3,5 m³/s 14°C

Uzorkovanje izvršili:

1. J. JI
 2. A. B.

Слика 9. Пример записника са узорковања

Поједине параметре потребно је одредити најкасније 2h по узорковању, као што су мирис и мутноћа. Неки други се могу анализирати у току 24h (нпр. боја, pH вредност, суспендоване материје, ХПК, алкалитет, амонијак), док за поједине метале време од узорковања није ограничено (нпр. бакар, гвожђе, хром, магнезијум и други).

Одређивање концентрације раствореног кисеоника

Растворени кисеоник представља један од основних показатеља квалитета воде. Концентрација раствореног кисеоника зависи од температуре, заслањености и атмосферског притиска (Табела 2). При нижим температурама раствара се већа количина кисеоника, док је при вишим температурама концентрација раствореног кисеоника нижа. Исто тако и заслањивање воде утиче на смањење растворљивости кисеоника. Најчешће јединице у којима се изражава концентрација јесу mgO_2/L .

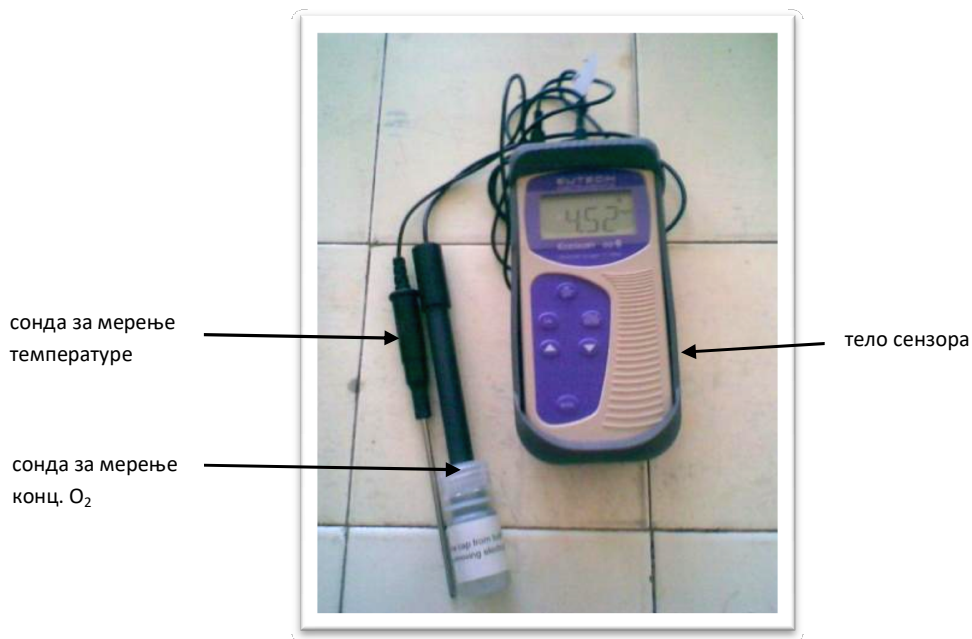
Табела 2. Растворљивост кисеоника у зависности од температуре и салинитета при нормалном атмосферском притиску²

T °C	Хлориди у води, mg/L					Растворени O ₂ у води без хлорида	
	0	5.000	10.000	15.000	20.000	°C	mg
	Растворени O ₂ у води, mg/L						
0	14.62	13.79	12.97	12.14	11.32	30	7.6
1	14.23	13.41	12.61	11.82	11.03	31	7.5
2	13.84	13.05	12.28	11.52	10.76	32	7.4
3	13.48	12.72	11.98	11.24	10.50	33	7.3
4	13.13	12.41	11.69	10.97	10.25	34	7.2
5	12.80	12.09	11.39	10.70	10.01	35	7.1
6	12.48	11.79	11.12	10.45	9.78	36	7.0
7	12.17	11.51	10.85	10.21	9.57	37	6.9
8	11.87	11.24	10.61	9.98	8.36	38	6.8
9	11.59	10.97	10.36	9.76	9.17	39	6.7
10	11.33	10.73	10.13	9.55	8.98	40	6.6
11	11.08	10.49	9.72	9.35	8.80	41	6.5
12	10.83	10.28	9.72	9.17	8.62	42	6.4
13	10.60	10.05	9.52	8.98	8.46	43	6.3
14	10.37	9.85	9.32	8.80	8.30	44	6.2
15	10.15	9.65	9.14	8.63	8.14	45	6.1
16	9.95	9.46	8.96	8.47	7.99	46	6.0
17	9.74	9.26	8.78	8.30	7.84	47	5.9
18	9.54	9.07	8.62	8.15	7.70	48	5.8
19	9.35	8.89	8.45	8.00	7.56	49	5.7
20	9.17	8.73	8.30	7.86	7.42	50	5.6
21	8.99	8.57	8.14	7.71	7.28		
22	8.83	8.42	7.99	7.57	7.14		
23	8.68	8.27	7.85	7.43	7.00		
24	8.53	8.12	7.71	7.30	6.87		
25	8.38	7.96	7.56	7.15	6.74		
26	8.22	7.81	7.42	7.02	6.61		
27	8.07	7.67	7.28	6.88	6.49		
28	7.92	7.53	7.14	6.75	6.37		
29	7.77	7.39	7.00	6.62	6.25		
30	7.63	7.25	6.86	6.49	6.13		

² Гринчевић, Пујин, 1998.

У воденим екосистемима на количину раствореног кисеоника утичу активности водених организама. Обогаћивање кисеоником врши се као производ фотосинетезе фотосинтетичких водених организама, док га остали организми троше при дисању док обављају различите физиолошке активности. Његова концентрација варира у зависности од мноштва чинилаца, међу којима су најважнији температура воде, заслањеност, осветљеност водене површине и бројност и активност фотосинтетичких организама. При ниским температурама сви водени организми своде своје активности на најмању могућу меру, а при температурама нижим од 4°C престаје фотосинтеза, а самим тим и производња кисеоника. Осим тога, у току ноћи потпуно се обуставља, а при смањеној количини светлости која допире до водене средине интензитет фотосинтезе се смањује. Најинтензивнија производња кисеоника врши се у пролеће и лети када је температура воде повољна, као и осветљеност, а има и хранљивих материја у довољним количинама. Тада долази до бујања фитопланктона. Уколико има хранљивих материја у вишку долази до пренамножавања фитопланктона и до производње веома високих концентрација кисеоника, односно до суперсатурације. Ова појава настаје када вода садржи више кисеоника него што је то уобичајено при датој температури и салинитету. У току ноћи, сви организми услед дисања троше кисеоник - и фотосинтетички и нефотосинтетички. При томе, долази до наглог пада концентрације раствореног кисеоника и појаве аноксичних услова, јер концентрација може пасти до 0 mg/L .

Потребан прибор: сензор за кисеоник (Слика 10), раствор за тарирање сензора, дестилована вода, кантица за узорковање воде, чисте флаше за чување воде, фрижидер, чаше у којима ће се вршити мерење.



Слика 10. Сензор за одређивање концентрације раствореног кисеоника

Експериментални рад

На првом месту потребно је тарирати сензор, односно подесити га тако да тачно мери концентрацију раствореног кисеоника у зависности од услова који тренутно владају у лабораторији, или на терену. Тарирање се може вршити одговарајућим раствором који обезбеђује произвођач, или дестилованом водом уколико се претпостави да је у њој засићење кисеоником 100%. Након тарирања сензора може се приступити мерењу. Концентрација раствореног кисеоника се одређује у узорцима воде:

1. у дестилованој води, на собној температури или држаној у инкубатору, уколико је тарирање вршено посебним раствором (засићење раствореним кисеоником је 100%);
2. у води из чесме (засићење раствореним кисеоником је око 100%);
3. у дунавској води захваћеној непосредно пре часа (конц. раствореног кисеоника зависи од температуре воде и активности фотосинтетичких организама);
4. у дунавској води захваћеној један дан пре часа и држаној у фрижидеру и
5. у дунавској води захваћеној један дан пре часа и држаној на собној температури

Допунски рад:

- мерење концентрације раствореног кисеоника у узорцима минералне воде која на етикети има назначену концентрацију.
- мерење концентрације раствореног кисеоника у узорцима воде са других локалитета.

Резултати:

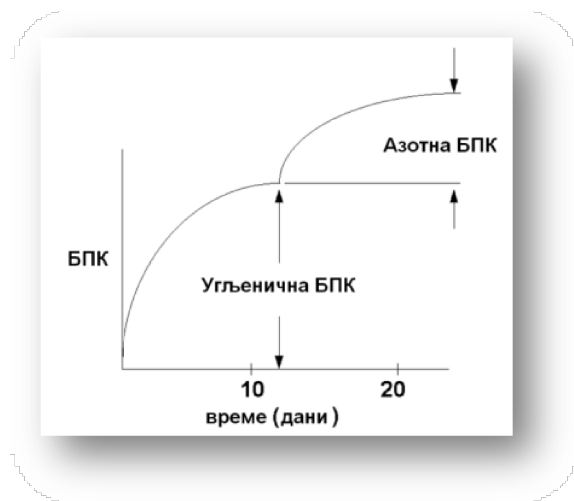
Редни број:	Узорак воде - опис	Конц. O ₂ (mg/L)	Засићеност кисеоником у %	Напомене:
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				

Образложење резултата:

Одређивање биохемијске потрошње кисеоника

Аеробне бактерије у води врше интензивно разлагање органских материја и при том троше знатне количине раствореног кисеоника. Ови процеси се одвијају како у површинским водама, тако и у отпадним водама. Недостатак кисеоника негативно утиче на све водене организме који од њега зависе, те је неопходно мерити биохемијску потрошњу кисеоника (БПК) и предузети мере ради повишења концентрација кисеоника и заштите организама. Мноштво различитих фактора утиче на интензитет разградње органских материја, а тиме и на БПК међу којима су: присуство органских материја и организама разлагача, температура, количина кисеоника и др. Поред тога, нека хемијска једињења могу утицати на заустављање процеса. Сам процес разградње траје дужи временски период, обично више дана. Договорено је да се концентрација кисеоника која се утроши при процесима биолошке разградње прати 5 дана, што се означава као БПК₅, а изражава се у mg/L раствореног кисеоника.

БПК се одређује респирометрском методом, при чему се мери количина кисеоника коју аеробни микроорганизми утроше при разлагању органске материје у води. Може се пратити активност постојећих микроорганизма, а уколико их вода не поседује (отпадне воде) могу се додати у узорак воде која се испитује. У сваком случају микроорганизми усвајају кисеоник при својим метаболичким активностима док разграђују и користе органске материје као храну, а као нуспроизвод јавља се одговарајућа запремина угљеник(IV)-оксида (CO₂). У затвореним системима уколико се ослобођена количина CO₂ апсорбује веома базном супстанцом долази до пада притиска. Пад притиска је пропорционалан апсорбованом CO₂ и региструје се сензором. Стандардна процедура мерења БПК се одвија у воденој средини, при аеробним условима у затвореном суду, траје пет дана при температури од 20°C и у одсуству светлости. Ова метода добро одсликава утрошак кисеоника при разлагању органске материје, јер се у том периоду добије вредност од око 70% од укупне БПК. За потпуно разлагање органске материје би било потребно 21-28 дана. Уколико је у узорку воде потребно одредити само количину кисеоника која се утроши при разградњи угљеничних компоненти органских једињења додаје се инхибитор нитрификације, како би се зауставила разградња азотних једињења (Слика 11). Тиме се добија угљенична БПК, док се укупна БПК добија као сума угљеничне и азотне БПК. Потребна опрема и раствори за анализу БПК су приказани на Слици 12.



Слика 11. Крива угљеничне и азотне БПК

Потребан прибор: сензор за БПК, затамњене боце, гумени чепови, постоље, инкубатор, магнетни мешачи, калијум хидроксид и нитрификациони инхибитор (слика 2), лабораторијске чаше за одмеравање узорка воде.

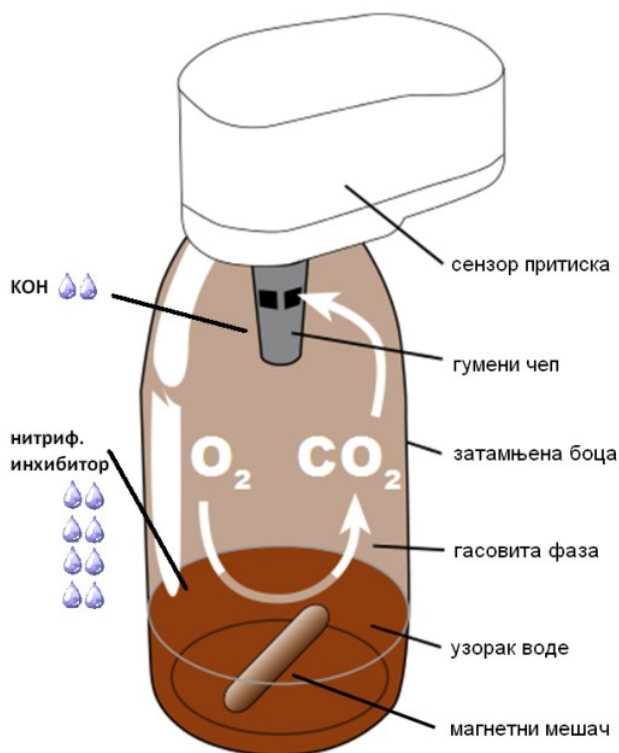


Слика 12. Опрема и раствори потребни за мерење БПК

Експериментални рад

Укључити инкубатор, као би се пре почетка мерења постигла неопходна температура од 20°C, а затим наставити са припремом узорка воде.

Одмерити 400mL узорка воде, улити у затамњену боцу, додати 8 капи нитрификационог инхибитора и убацити магнетни мешач (Слика 13). У гумени чеп додати 2 капи КОН и поставити на отвор боце, а затим ставити сензор и добро заврнути. Тастери А и В (Слика 13) служе за одабир опсега мерења БПК, приказ тренутне концентрације БПК, као и концентрација БПК по данима. Истовременим притиском на тастере А и В читава се опсег који је последњи пут коришћен. Одабир новог опсега врши се притиском на тастер А. Пошто је одабран нови опсег притиском на тастер В започиње се нови циклус мерења. Почетак мерења означава се трепћућом тачкицом у десном углу екрана сензора, која после једног трептаја нестаје.



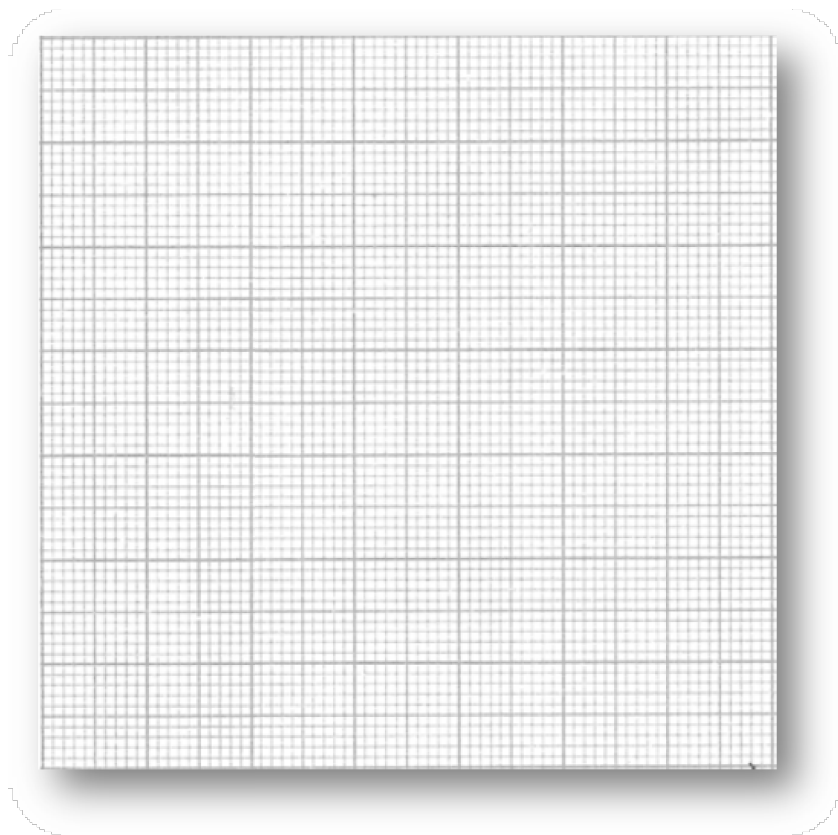
Слика 13. Затамњена боца која је припремљена за инкубацију ради мерења БПК³

Укључити прекидач на постољу и поставити боце у лежишта. Затворити врата инкубатора. Резултате очитати најраније 5 дана након постављања. **Никао не притискати заједно тастере А и В док се не очитају измерене вредности за све дане, јер се ресетује сензор и бришу све измерене концентрације.** Очитавање концентрација се врши тако што се неизменично притискају тастери В и А. Резултате очитања БПК₅ за сваки дан мерења уписати у табелу, а затим на милиметарском папиру нацртати криве БПК₅ за сваки узорак воде.

³ Tintometer, 2016.

Резултати:

Редни број:	Узорак воде - опис	БПК у mgO_2/L концентрације за дане					Напомене:
		1	2	3	4	5	
1.							
2.							
3.							
4.							

Крива БПК:

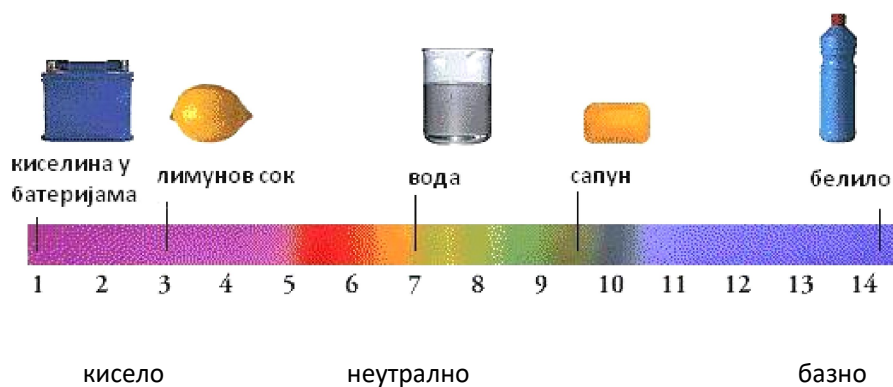
Образложење резултата:

Одређивање рН вредности

Киселост, односно базност водене средине дефинишу се преко концентрације водоникових јона. Ова вредност се означава латиничним словима рН што води порекло од француских речи „pouvoir hydrogène“, или енглеског „hydrogen power“ и представља водонични капацитет. Пошто је концентрација ових јона у води веома ниска (у распону од 10^{-1} до 10^{-14}) она се приказује као негативан логаритам од концентрације водоникових јона, односно⁴:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

концентрација водоникових јона $[\text{H}^+]$ дата је у молима по литру (mol/L). Скала рН вредности креће се од 1 до 14, при чему је неутрална средина означена са рН 7; вредности испод 7 су киселе, а изнад 7 указују на базну средину. На Слици 14 дати су примери рН вредности за поједине течности које се често срећу у свакодневној употреби.



Слика 14. Скала рН вредности

У природи изузетно висок или низак ниво рН често се доводи у везу са недостатком хранљивих материја, токсичношћу метала и другим проблемима везаним

⁴ Wesley, 1999.

за живот у води. Висока рН чини амонијак токсичнијим. Ниска рН вредност повећава растворљивост већине тешких метала као што су цинк и бакар.

Природне воде често одсликавају рН земљишта преко кога или кроз које се крећу. Индустијске, комуналне и воде са пољопривредних површина могу имати значајно вишу, или нижу рН вредност. Током цветања алги, алгална фотосинтеза утиче на повишење рН воде. Ово је посебно карактеристично за стагнантне или споро текуће воде, зато што алге апсорбују биокарбонате, из којих при фотосинтези користе CO_2 и тада излучују хидроксилни јон који повећава рН. У екстремним случајевима она може прећи рН 10, изазивајући низ хемијских реакција које се негативно одражавају на живе организме.

За одређивање рН вредности могу се користити различите методе (Слика 15): лакмус папир, сензори или индикаторске течности (нпр. фенолфталеин, метил оранж и др.).



Слика 15. Методе за одређивање вредности рН:
а) лакмус папир, б) рН метар и ц) индикаторске течности

Експериментални рад

Пре мерења рН вредности у узорцима воде потребно је тарирати сензор растворима познате концентрације (рН 4, 7 или 10). Тарирање се врши одговарајућим растворима који обезбеђује произвођач тако што се притисне тастер CAL и одабере број тачака за које ће се вршити калибрација. Након тога уронити сензор у први раствор познате концентрације и сачекати да сензор потврди калибрацију. Испрати сензор дестилованом водом, а потом уронити у следећи раствор. Уколико је одабрано три тачке, исти поступак поновити три пута. Пошто је сензор тариран извршити мерења рН у различитим узорцима воде. Након сваког мерења сензор испрати дестилованом водом. Резултате мерења уписати у табелу и укратко образложити сваки резултат.

Потребан прибор: лабораторијске чаше за узорке воде, дестилована вода за испирање сензора, раствори познатих рН вредности, сензор за рН или индикаторски папир.

Резултати:

Редни број:	Узорак воде - опис	рН вредност	Напомене:
1.			
2.			
3.			
4.			

Образложење резултата:

Одређивање електропроводљивости

Електропроводљивост представља способност воде да проводи електричну струју. Температура утиче на брзину кретања јона, а тиме и на електропроводљивост. Кретање позитивних и негативних јона у раствору ствара електричну струју. Веза између проводљивости и концентрације јона зависи од врсте и релативне количине присутних јона. На пример, при релативно ниским концентрацијама јони се крећу независно, а веза између проводљивости и концентрације је скоро линеарна. Електропроводљивост је општи индикатор концентрације мешавине јона, а не мера неке појединачне супстанце. Она зависи од квалитета воде за многе растворљиве загађиваче (на пример нутријенте). Према томе, проводљивост се може користити да би се утврдило да постоји проблем загађења, али не и да се уврди о ком загађивачу се ради. Овај параметар се мери помоћу кондуктометра који се састоји од ћелије и мерача (Слика 16). Када се две електроде уроне у раствор мерач емитује електрични сигнал и мери лакоћу са којом се електрична струја проводи кроз узорак.



Слика 16. Кондуктометар

Електропроводљивост се изражава у микро сименсима по см ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Проводљивости је обрнуто сразмерна отпорност чија јединица је ом (Ω). Многи савремени кондуктометри аутоматски мере и температуру и аутоматски врше корекцију мерене вредности проводљивости, тако да резултат који се може прочитати на екрану представља проводљивост при датој температури. Мерење електропроводљивости треба спровести на терену, пошто се она мења са стајањем узорка.

Експериментални рад

Пре мерења електропроводљивости у узорцима воде потребно је тарирати сензор растворима познате електропроводљивости (84 и 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Како би се добили што тачнији резултати увек треба тарирати раствором који је близак очекиваном опсегу мерења. На пример са раствором познате електропроводљивости од 84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ тарирати кондуктометар уколико се очекује опсег од 0-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, док је за опсег 0-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ потребно употребити раствор од 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Тарирање и мерење се врше на следећи начин:

Тарирање

- Притиснути тастер **MODE** да би одабрали режим проводности.
- Темељно испрати сонду са дејонизованом/дестилованом водом, а потом испрати са малом количином стандарда за тарирање.
- Уронити сонду у стандард за тарирање. Потопити врх изнад горњег металног прстена и лагано промешати да би се образовао хомогени узорак. Сачекати да прође довољно времена да би се прочитане вредности стабилизовале.
- Притиснути тастер **CAL** да би започели тарирање. Појавиће се трепћућа ознака **CA**. Када ознака престане да трепери притиснути тастере **▼** или **▲** и подесити вредност на коришћени стандард тарирања.
- Притиснути тастер **ENTER**. Појављивање ознаке **CO** означава да је тарирање успешно изведено и да се уређај враћа у мерни режим.

Мерење

- Пре мерења испрати сонду дејонизованом/дестилованом водом ради уклањања нечистоћа. Протрести како би истресли заостале капи воде.
- Исперите сонду малом количином узорка који се анализира.
- Притисните тастер **ON** чиме се укључује мерач.
- Уронити сонду у узорак воде.
- Сачекати да се вредност на екрану устали, а потом је прочитати.
- За сваки наредни узорак воде поновити процедуру.
- Резултате мерења уписати у табелу и укратко образложити сваки резултат.

Потребан прибор: лабораторијске чаше за узорке воде, дестилована вода за испирање сонде и кондуктометра.

Резултати:

Редни број:	Узорак воде - опис	Електропроводљивост $\mu\text{S}/\text{cm}$	Напомене:
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

Образложење резултата:

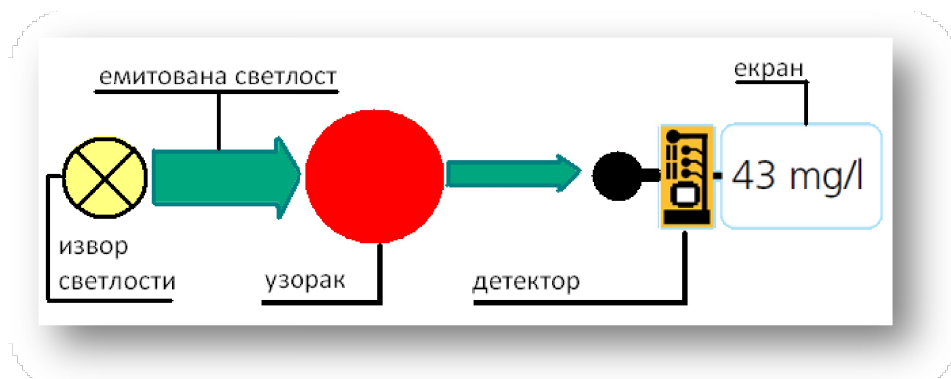
Одређивање концентрације суспендованих материја

Укупне **суспендоване материје** обухватају све честице суспендоване у води и које не могу да прођу кроз филтер папир. Суспендоване материје у водотоцима воде порекло из расутих извора загађења као што су спирање са пољопривредних и урбаних површина и градилишта, али и концентрисаних које најчешће предствалају индустријске и канализационе отпадне воде. Повишене концентрације суспендованих честица у води се негативно одражавају на организме који живе у води. Ове честице апсорбују топлоту пореклом од сунчевог зрачења што утиче и на повишење температуре водотока, а тиме и на снижење концентрације раствореног кисеоника. Поједине врсте риба карактеристичне за хладније водене средине (на пример пастрмке) посебно су осетљиве на промене концентрације кисеоника. Поред тога, и интензитет фотосинтезе је смањен пошто мање светлости продире кроз воду. Алге и водене биљке производе мање кисеоника, што представља још један узрок опадања концентрације кисеоника. Када се исталоже на дну, ове суспендоване материје могу угрозити и станишта риба и других организама. Уколико ове честице обложе јаја риба и водених инсеката приликом излегања рибље млађи и ларви инсеката може доћи до гушења. Повишене концентрације суспендованих честица могу негативно утицати и на одрасле јединке загушивањем шкрга, што доводи до смањења интензитета раста и отпорности на болести. Промене у воденој средини одражавају се кроз смањење извора хране и њеном отежаном проналажењу. Осим тога, миграције популација водених организама могу бити поремећене. С обзиром на поменуто, неопходно је предузети одговарајуће мере како би се концентрација суспендованих честица svela на прописани ниво. Концентрација суспендованих честица у узорку воде се одређује фотометријском методом, а јединице у којима се изражава концентрација јесу mg/L.

Принцип рада уређаја

Фотометар за суспендоване материје емитује светлост одређене таласне дужине⁵, која пролази кроз воду узорка. Узорак воде у зависности од чистоће апсорбује део светлости и наставља пут према детектору. Овај део уређаја одређује интензитет продирања или апсорпције светлости те таласне дужине, а микропроцесор прерачунава концентрацију и приказује на екрану (Слика 17). На Слици 18 приказан је фотометар за одређивање концентрације суспендованих материја.

⁵ У случају фотометра који се користи на вежбама из Хидроекологије таласна дужина је 605 nm.



Слика 17. Принцип рада фотометра⁶



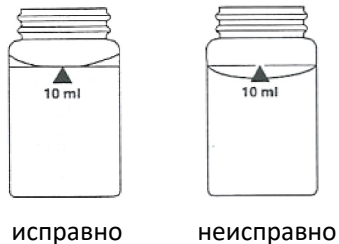
Слика 18. Фотометар за суспендоване материје

Експериментални рад

Приликом фотометријског одређивања концентрације суспендованих материја потребно је поступити на следећи начин:

- Припремити **слепу пробу** тако што је потребно у чисту бочицу улити 10mL дестиловане воде до црте и затворити чепом, као што је то приказано на Слици 19.

⁶ Tintometer, 2016.



Слика 19. Исправно и неисправно пуњене бочице

- Обрисати бочицу и лагано промућкати уколико постоје мехурићи ваздуха.
- Укључити фотометар притиском на тастер **ON/OFF**. На екрану се исписује **SuS**.
- Бочицу ставити у лежиште тако да врхови троугластих ознака на бочици и фотометру буду поравнати.
- Притиснути тастер **ZERO/TEST**, након чега око 3 секунде трепће исписано **METHOD**, а затим се појављује **0.0.0**. На овај начин је извршена нулта калибрација. Уклонити бочицу из лежишта.
- Припремити **узорак воде**. Боцу са узорком мућкати 2 минута, а затим одлити дестиловану воду из бочице за читавање и улили 10mL узорка. Водити рачуна да бочица буде сува и да нема мехурића.
- Притиснути тастер **ZERO/TEST**, након чега око 3 секунде трепће исписано **METHOD**, а затим се појављује концентрација суспендованих материја у узорку у mg/L.

Резултати:

Редни број:	Узорак воде – опис	Конц. сусп. материја (mg/L)	Напомене:
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

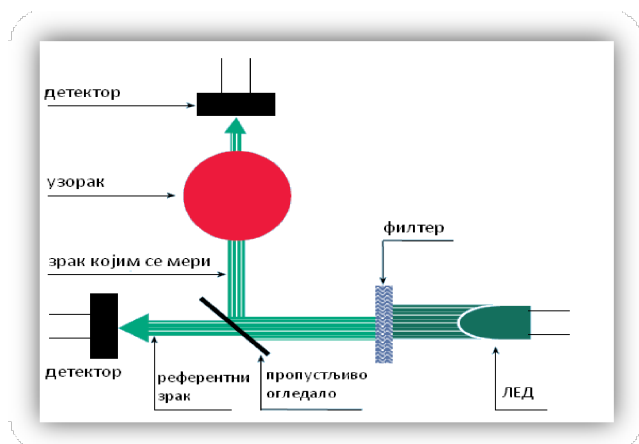
Образложење резултата:

Одређивање концентрације амонијака

У воденој средини амонијум постоји у виду јона амонијума NH_4^+ или у виду гаса амонијака NH_3 . Оба облика су биодоступне форме азота које водене биљке могу да апсорбују или уграде у протеине, аминокиселине, нуклеинске киселине или друге есенцијалне молекуле. Високе концентрације амонијума или нитрата могу убрзати раст алги и акватичних биљака. При високим концентрацијама амонијума бактерије врше конверзију NH_4^+ у NO_3^- при процесу нитрификације, при чему се троши растворени кисеоник. Трећи значајан ефекат $\text{NH}_4^+\text{-N}$ јесте директна токсичност по рибе. При високој рН, обично изнад рН 7.5 или 8.0, значајан део укупног азота у водама постоји као непромењен, или у „слободној“ форми као амонијак (NH_3), у којој се он лако транспортује кроз мембране и утиче на метаболизам ћелија, изазивајући токсичан ефекат. Токсичност амонијака се директно повећава са порастом температуре. У узорку воде одређује се концентрација укупног амонијака, а мерење се може вршити фотометријском методом. Јединице у којима се изражава концентрација амонијака јесу mgN/L .

Принцип рада уређаја

Додатком одређених реагенаса узорак воде у коме се налази једињење чија концентрација се одређује се обоји, а интензитет боје је пропорционалан концентрацији параметра који се мери. Фотометар мери интензитет боје. Док светлосни зрак пролази кроз обојени узорак, тест супстанца апсорбује енергију одређене таласне дужине. Фотометар одређује интензитет боје узорака мерећи продирање или апсорпцију светлости те таласне дужине (другим речима монохроматска светлост). Након тога микропроцесор фотометра прерачунава концентрацију и приказује резултат на екрану (Слика 20)⁷.



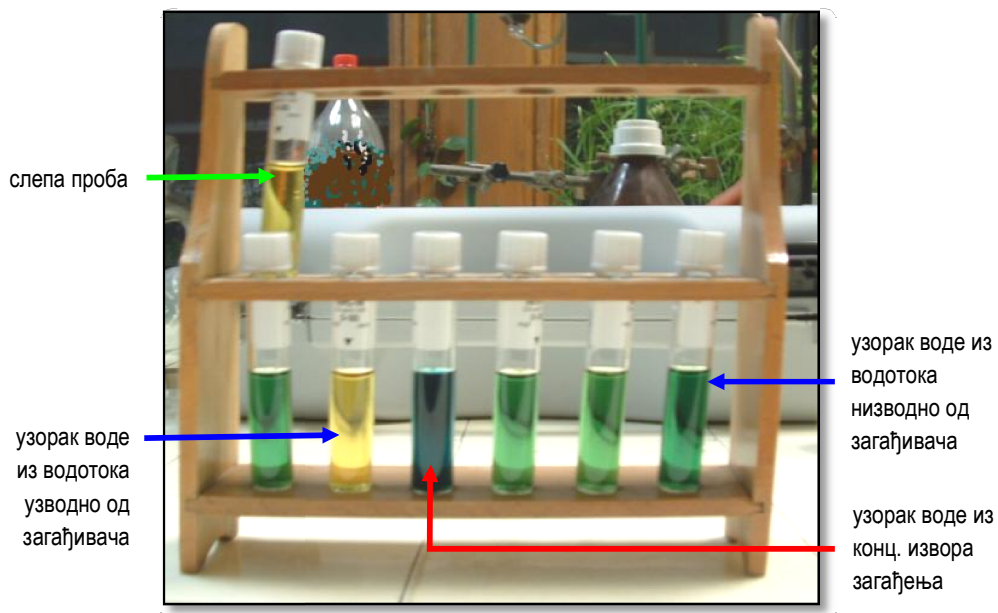
Слика 20. Принципом рада мултипараметарског фотометра

⁷ Tintometer, 2016.

На вежбама из Хидроекологије користи се мултипараметарски фотометар **MultiDirect**, који може да одређује концентрације више од 40 параметара квалитета воде (Слика 21). Узорцима воде у којима је потребно одредити одређене параметре квалитета воде, према процедури специфичној за сваки параметар, додају се реагенси, након чега долази до промене боје раствора. Интензитет боје зависи од концентрације анализираних супстанци. Што је боја интензивнија већа је концентрација. На Слици 22 могу се видети епруветке узорка и слепе пробе спремне за читавање на фотометру.



Слика 21. Фотометар за одређивање више параметара квалитета воде⁸



Слика 22. Епрувете спремне за читавање концентрације амонијака на фотометру


⁸ Tintometer, 2016.

Експериментални рад

Ради одређивања концентрације амонијума у узорцима воде фотометром **MultiDirect** потребно је укључити апарат притиском на тастер **ON/OFF**, а затим укуцати број програма у овом случају број **65**, при чему се апарат подешава за одређивање концентрације амонијума у мерном опсегу од 1-50 mgN/L.

Потребан прибор: лабораторијске чаше за узорке воде, мултипараметарски фотометар, реагенси и епрувете са готовим растворима.

Процедура одређивања концентрације амонијума:

1. Отворити бео поклопац епруветице и додати **2mL дејонизоване воде** (то је слепа проба).
2. Отворити бео поклопац друге епруветице и додати **2mL воде узорка** (то је узорак).
3. У сваку епруветицу директно додати по једно паковање **Vario AMMONIA Salicylate F5 праха**.
4. У сваку епруветицу директно додати по једно паковање **Vario AMMONIA Cyanurate F5 праха**.
5. Добро затворити епруветице белим поклопцима и промућкати лагано неколико пута да би се прах растворио.
6. Притиснути тастер  на фотометру и сачекати реакциони период од 20 минута.

Пошто протекне реакциони период наставити са процедуром:

7. Поставити епруветицу са слепом пробом у отвор на фотометру водећи рачуна да се стрелице на епруветици и уређају поклапају. Поставити поклопац преко епруветице.
8. Притиснути тастер **ZERO**.
9. Уклонити епруветицу из отвора фотометра.
10. поставити епруветицу са узорком у отвор фотометра и пазити да стрелице буду поравнате. Поставити поклопац преко епруветице.
11. Притиснути тастер **TEST**.

Резултати се приказују на екрану у mgN/L укупног амонијака.

Да би се одредила концентрација нејонизованог амонијака у измереном укупном амонијаку потребно је измерити температуру и рН. У Табели 3. пронаћи коефицијент који одговара датом температури и рН вредности и помножити са измереном концентрацијом укупног амонијака. Све добијене вредности унети у табелу са резултатима. Резултате образложити на пољима за то предвиђеним.

Табела 3. Коефицијенти⁹ које се користе за одређивање удела гасовитог амонијака (NH₃) у укупном амонијаку (NH₄⁺ + NH₃) при измереној температури и pH вредности

pH	Температура													
	6 (°C)	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	.0013	.0016	.0018	.0022	.0025	.0029	.0034	.0039	.0046	.0052	.0060	.0069	.0080	.0093
7.2	.0021	.0025	.0029	.0034	.0040	.0046	.0054	.0062	.0072	.0083	.0096	.0110	.0126	.0150
7.4	.0034	.0040	.0046	.0054	.0063	.0073	.0085	.0098	.0114	.0131	.0150	.0173	.0198	.0236
7.6	.0053	.0063	.0073	.0086	.0100	.0116	.0134	.0155	.0179	.0206	.0236	.0271	.0310	.0369
7.8	.0084	.0099	.0116	.0135	.0157	.0182	.0211	.0244	.0281	.0322	.0370	.0423	.0482	.0572
8.0	.0133	.0156	.0182	.0212	.0247	.0286	.0330	.0381	.0438	.0502	.0574	.0654	.0743	.0877
8.2	.0210	.0245	.0286	.0332	.0385	.0445	.0514	.0590	.0676	.0772	.0880	.0998	.1129	.1322
8.4	.0328	.0383	.0445	.0517	.0597	.0688	.0790	.0904	.1031	.1171	.1326	.1495	.1678	.1948
8.6	.0510	.0593	.0688	.0795	.0914	.1048	.1197	.1361	.1541	.1737	.1950	.2178	.2422	.2768
8.8	.0785	.0909	.1048	.1204	.1376	.1566	.1773	.1998	.2241	.2500	.2774	.3062	.3362	.3776
9.0	.1190	.1368	.1565	.1782	.2018	.2273	.2546	.2836	.3140	.3456	.3783	.4116	.4453	.4902
9.2	.1763	.2008	.2273	.2558	.2861	.3180	.3512	.3855	.4204	.4557	.4909	.5258	.5599	.6038
9.4	.2533	.2847	.3180	.3526	.3884	.4249	.4618	.4985	.5348	.5702	.6045	.6373	.6685	.7072
9.6	.3496	.3868	.4249	.4633	.5016	.5394	.5762	.6117	.6456	.6777	.7078	.7358	.7617	.7929
9.8	.4600	.5000	.5394	.5778	.6147	.6499	.6831	.7140	.7428	.7692	.7933	.8153	.8351	.8585
10.0	.5745	.6131	.6498	.6844	.7166	.7463	.7735	.7983	.8207	.8408	.8588	.8749	.8892	.9058
10.2	.6815	.7152	.7463	.7746	.8003	.8234	.8441	.8625	.8788	.8933	.9060	.9173	.9271	.9389

⁹ Francis-Floyd et al., 2012.

Резултати:

Редни број:	Узорак воде - опис	Концентрација NH_4^+ (mgN/L)	Температура ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Концентрација NH_3 (mgN/L)	Напомене:
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Образложење резултата:

Одређивање концентрације нитрата

Нитрати представљају један од облика азота и основно су биљно храниво. Користе се као минерално ђубриво и уколико су додати у вишку спирају се са обрадивих површина, доспевају у подземне воде, а затим и у површинске воде. Уколико су присутни други облици азота амонијак и нитрити, процесом нитрификације уз присуство одређених бактерија долази до формирања нитрата. У текућим и стајаћим површинским водама нитрати представљају хранљиве материје за водене фотосинтетичке организме. Међутим, уколико су присутни у вишку долази до претераног раста и бујања, било фитопланктона или водених алги и биљака и до појаве еутрофних процеса. При овим процесима не долази само до бујања водене вегетације, већ и до промене структуре биоценозе (веће заступљености појединих биљних и животињских врста). Мења се и биохемијски састав воде (нпр. изразитије дневне промене концентрације кисеоника и рН вредности). Повишена концентрација нитрата може довести до хипоксије и изазвати токсичне ефекте за топлокрвне животиње при концентрацијама вишим од 10 mg/L под одређеним условима. У природи ниво амонијака и нитрата обично не прелази 1 mg/L, док у отпадним водама може достићи и 30 mg/L.

Најзначајнији антропогени извори нитрата воде порекло од индустријских и комуналних отпадних вода, спирања са обрадивог земљишта, пропуштања септичких јама, од гајених животиња (испирањем из стајњака, процеђивањем из лагуна са осоком, рибњаци и др.).


Принцип рада уређаја је објашњен у вежби број 6.

Експериментални рад

Ради одређивања концентрације нитрата у узорцима воде фотометром **MultiDirect** потребно је укључити апарат притиском на тастер **ON/OFF**, а затим укуцати број програма. За нитрате број програма је **265**, при чему се апарат подешава за одређивање концентрације нитрата у мерном опсегу од 1- 30 mgN/L.

Потребан прибор: лабораторијске чаше за узорке воде, мултипараметарски фотометар, реагенси и епрувете са готовим растворима.

Процедура одређивања концентрације нитрата:

1. Отворити бео поклопац једне реакционе епруветице (Реагенс А) и додати **1mL дејонизоване воде** (то је слепа проба).
2. Отворити бео поклопац друге епруветице (Реагенс А) и додати **1 mL воде узорка** (то је узорак).
3. У сваку епруветицу директно додати по једно паковање **праха Vario Nitrate Cromatrophic**.
4. Добро затворити епруветице белим поклопцима и промућкати лагано их обрћући десетак пута да би се прах растворио.
5. Притиснути тастер  на фотометру и **сачекати реакциони период од 5 минута**.

Пошто протекне реакциони период наставити са процедуром:

6. Поставити епруветицу са слепом пробом у отвор на фотометру водећи рачуна да се стрелице на епруветици и уређају поклапају. Поставити поклопац преко епруветице.
7. Притиснути тастер **ZERO**.
8. Уклонити епруветицу са слепом пробом из отвора фотометра.
9. Поставити епруветицу са узорком у отвор фотометра и пазити да стрелице буду поравнате. Поставити поклопац преко епруветице.
10. Притиснути тастер **TEST**.

Резултати се приказују на екрану у mgN/L нитрата.

Све добијене вредности унети у табелу са резултатима. Резултате образложити на пољима за то предвиђеним.

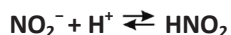
Резултати:

Редни број:	Узорак воде - опис	Концентрација NO ₃ ⁻ (mgN/L)	Напомене:
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

Образложење резултата:

Одређивање концентрације нитрита

Нитритни јон (NO_2^-) и нејонизована нитритна/азотаста киселина (HNO_2) су у међузависности кроз хемијску равнотежу:



Релативна концентрација нитритних јона и азотасте киселине зависе од рН вредности воде, тако да кад се вредност рН повиси концентрација нитритних јона порасте, док концентрација азотасте киселине опада. Концентрација азотасте киселине је 4-5 пута нижа у односу на нитритне јоне у опсегу рН вредности 7,5 - 8,5. Оба облика могу допринети токсичности нитрита на животиње у воденој средини. Поред тога, азотаста киселина може бити токсична за бактерије из родова *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*, што доводи до заустављања процеса нитрификације и резултира у накупљању оба облика нитрита и појачане токсичности за бактерије, али и за водене животиње. Ипак, пошто је концентрација јона нитрита много нижа од азотасте киселине они се сматрају основним изазивачима токсичних ефеката на водене животиње.

Најважнији механизам на коме се заснива токсични ефекат код риба и ракова је захваљујући конверзији пигмента који везује и преноси кисеоник у облик који онемогућује транспорт кисеоника, што доводи до хипоксије, а коначно и до угинућа организама. Код риба везивање нитрита за јоне гвожђа доводи до оксидације гвожђа ($\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$), односно превођење пигмента хемоглобина у метхемоглобин. На сличан начин код ракова нитрити доводе до оксидације бакра ($\text{Cu}^{1+} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$), при чему долази до превођења пигмента хемоцијанина у метхемоцијанин. Повишене концентрације хлоридних јона (Cl^-) и калцијум (Ca^{2+}) смањују токсичност нитрита.

У слатководним срединама нитрити пореклом из антропогених извора могу бити изазивачи помора риба, док су морски организми толерантнији на повишене концентрације нитрита.

Принцип рада уређаја је објашњен у вежби број 6.

Експериментални рад

Ради одређивања концентрације нитрита у узорцима воде фотометром **MultiDirect** потребно је укључити апарат притиском на тастер **ON/OFF**, а затим укуцати број

програма. За нитрите број програма је **270**, при чему се апарат подешава за одређивање концентрације нитрита у мерном опсегу од 0,01- 0,5mgN/L.

Потребан прибор: лабораторијске чаше за узорке воде, мултипараметарски фотометар, реагенс и бочица.

Процедура одређивања концентрације нитрита:

1. Напунити чисту бочицу са 10 **mL воде узорка**. Чврсто затворити бочицу поклопцем.
2. Поставити бочицу у отвор на фотометру водећи рачуна да се стрелице на бочици и уређају поклапају.
3. Притиснути тастер **ZERO**.
4. Уклонити бочицу из отвора фотометра.
5. Отворити поклопац бочице и додати једну таблету **NITRITE LR** право из фолије у узорак воде и смрвити таблету пластичним штапићем и промешати.
6. Чврсто заклопити бочицу и промућкати окретањем доле-горе неколико пута док се таблета не раствори.
7. Поставити бочицу у отвор на фотометру водећи рачуна да се стрелице на бочици и уређају поклапају.
8. Притиснути тастер **TEST** и **сачекати реакциони период од 10 минута**.

Пошто је протекло реакционо време на дисплеју се аутоматски испуисује резултат.

Резултати се приказују на екрану у mgN/L нитрита.

Све добијене вредности унети у табелу са резултатима. Резултате образложити на пољима за то предвиђеним.

Резултати:

Редни број:	Узорак воде - опис	концентрација NO_2^- (mgN/L)	Напомене:
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

Образложење резултата:

Одређивање концентрације ортофосфата

У воденој средини фосфор се јавља у три облика: неоргански фосфор, честични органски и растворени органски фосфор.

Органски честични фосфор укључује живе и неживе честице као што су планктон и детритус. Органски нечестични фосфор подразумева растворени органски фосфор пореклом од екскремената организама и колоидни фосфор.

Неоргански фосфор чине следећи раствориви облици ортофосфорне киселине (H_3PO_4): H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} и PO_4^{3-} . Сви они су познати као **растворени реактивни фосфор** и одмах су доступни биљкама. Неоргански фосфор се јавља као неоргански талог, фосфор адсорбован за честице и аморфни фосфор.

Водене биљке захтевају неоргански фосфор за исхрану обично у виду јона ортофосфата, односно раствореног реактивног фосфора. Неке кондензоване форме фосфата као оне у детерџентима су неорганске, али су недоступне биљкама. Све остале форме фосфора могу постати доступне једино након разградње коју врше микроорганизми.

Сви облици органског и неорганског фосфора у воденој средини чине **укупни фосфор (total P - TP)**. Параметар укупног фосфора не прави разлику између облика фосфора који су доступни биљкама (реактивни фосфор) и оних који нису (органски и честични). У водотоцима са релативно кратким временом задржавања воде мањи су изгледи да ће и бионедоступне форме бити разграђене до оних које су доступне. Насупрот водотоцима, у језерима је време задржавања воде дужи, тако да долази до потпуне разградње свих облика недоступног фосфора. У том случају укупни фосфор представља добро мерило за процену биодоступног фосфора¹⁰.

Након усвајања од стране аутотрофних организама фосфор се уграђује у органске молекуле и надаље у ланцу исхране се јавља као органски фосфор. У складу са тим највећи део фосфора (и до 95%) се јавља у виду органских фосфата, који чине градивни део ћелија живих организама. Поред тога, органски фосфор може бити адсорбовани за неорганске честице, или може бити у склопу органских честица пореклом од одумрлих организама.

¹⁰ US EPA, 1986.

Принцип рада уређаја је објашњен у вежби број 6.

Експериментални рад

Ради одређивања концентрације ортофосфата у узорцима воде фотометром **MultiDirect** потребно је укључити апарат притиском на тастер **ON/OFF**, а затим укуцати број програма. За ортофосфате број програма је **320**, при чему се апарат подешава за одређивање концентрације ортофосфата у мерном опсегу од 0,05-4 mgPO₄/L.

Потребан прибор: лабораторијске чаше за узорке воде, мултипараметарски фотометар, реагенси и бочица.

Процедура одређивања концентрације ортофосфата:

1. Напунити чисту бочицу са 10 mL воде узорка. Чврсто затворити бочицу поклопцем.
2. Поставити бочицу у отвор на фотометру водећи рачуна да се стрелице на бочици и уређају поклапају.
3. Притиснути тастер **ZERO**.
4. Уклонити бочицу из отвора фотометра.
5. Отворити поклопац бочице и додати једну таблету **PHOSPHATE No. 1 LR** право из фолије у узорак воде и смрвити таблету пластичним штапићем и промешати.
6. Додати једну таблету **PHOSPHATE No. 2 LR** право из фолије у узорак воде и смрвити таблету пластичним штапићем и промешати.
7. Чврсто заклопити бочицу и промућкати окретањем доле-горе неколико пута док се таблете не растворе.
8. Поставити бочицу у отвор на фотометру водећи рачуна да се стрелице на бочици и уређају поклапају.
9. Притиснути тастер **TEST** и сачекати реакциони период од 10 минута.

Пошто је протекло реакционо време на екрану се аутоматски испишује резултат.

Резултати се приказују на екрану у mgPO₄/L ортофосфата.

Све добијене вредности унети у табелу са резултатима. Резултате образложити на пољима за то предвиђеним.

Резултати:

Редни број:	Узорак воде - опис	Концентрација ортофосфата (mgPO ₄ /L)	Напомене:
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

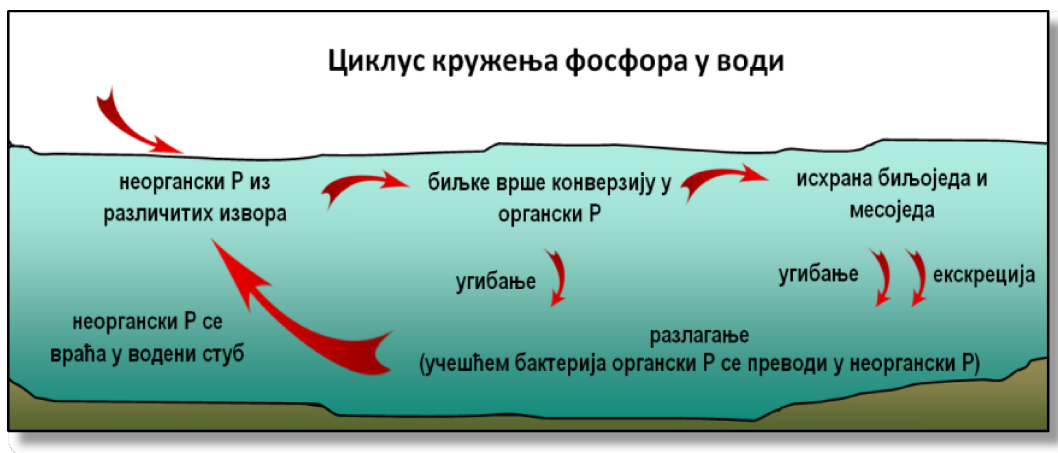
Образложење резултата:

Одређивање концентрације укупног фосфора

Фосфор представља есенцијални елемент за живе организме пошто улази у састав информационог материјала (ДНК, РНК), АТФ (супстанце одговорне за пренос енергије на ћелијском нивоу) али гради и друге молекуле у живим организмима.

Извори фосфора могу бити природног или антропогеног порекла. За разлику од азота фосфор нема гасну фазу, тако да нема атмосферског обогаћивања фосфатима. Основни природни извори фосфата јесу минерали и стене који се растварају. Антропогени извори су бројни и углавном представљају загађиваче у које убрајамо: индустријске и комуналне отпадне воде, септичке јаме које цуре, спирање фосфатних ђубрива додатих у вишку са обрадивих површина и пашњака, процењивањем са места где се оглаже осока, са места где се врши уклањања површинског слоја земљишта и пореклом од различитих агенаса за чишћење (детерџената).

Елементарни фосфор се ретко среће у природи. Најчешће се јавља у облику ортофосфата (PO_4^{3-}). У воденим срединама се среће неоргански или органски фосфор. Кружење фосфора у воденој средини приказано је на Слици 23.



Слика 23. Циклус кружења фосфора у воденој средини¹¹

Уколико се фосфати заједно са нитратима нађу у вишку у водотоцима долази до еутрофикације. Пошто се у водотоцима налазе у малим концентрацијама обично су фосфати ти који представљају ограничавајући фактор настанку еутрофикације. Тако да, уколико дође и до малог повишења концентрације долази до појаве нежељених

¹¹ US EPA, 2013.

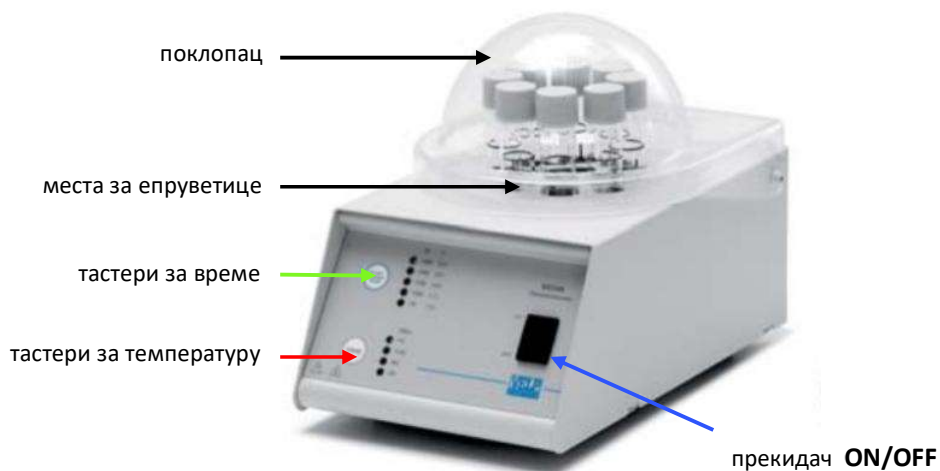
ефеката у виду убрзаног развоја водене вегетације и/или фитоплнктона, смањења концентрације кисеоника и на крају угибања бескичмењака, риба и других водених организама.

Принцип рада уређаја је објашњен у вежби број 6.

Експериментални рад

Ради одређивања концентрације укупног Р у узорцима воде фотометром **MultiDirect**, након загревања у терморектору и хлађења епруветица, потребно је укључити апарат притиском на тастер **ON/OFF**, а затим укуцати број програма. За укупни Р број програма је **326**, при чему се апарат подешава за одређивање концентрације укупног Р у мерном опсегу од 0,02 - 1,1 mgP/L.

Потребан прибор: лабораторијске чаше за узорке воде, мултипараметарски фотометар, реагенси, епруветице са готовим растворима, терморектор (Слика 24) и хватаљке за епрувете (Слика 25).



Слика 24. Терморектор са 8 места за епруветице



Слика 25. Хватаљке за епрувете

Процедура одређивања концентрације ортофосфата:

1. Отворити бео поклопац једне епруветице са ратвором киселине (**PO4-P-Acid reagent**) и додати **5 mL воде узорка**.
2. Додати једно паковање праха калијум персулфата (**Vario Potassium Persulfate F10**) директно из фолије у епруветицу.
3. Добро затворити чеп на епруветици и промућкати окретањем неколико пута да би се садржај промешао.
4. Епруветице поставити у терморектор. Уколико нису попуњена сва лежишта за епруветице поставити их тако да, колико је то могуће, буду неизменична пуна и упражњена места. Укључити терморектор притиском на прекидач **ON/OFF**. Затворити поклопац. Тастерима за температуру (а) и време трајања (б) одабрати трајање од **30 минута и температуру од 100°C**.
5. После 30 минута терморектор звучним сигналом оглашава да је истекло време. Извадити епруветице користећи хваталке и ставити их у држач за епрувете. Оставити да се охладе до температуре просторије.
6. Отворити поклопац једне охлађене епруветице и додати **2 mL раствора натријум хидроксида 1.54N**.
7. Добро затворити чеп на епруветици и промућкати окретањем неколико пута да би се садржај промешао.
8. Укључити фотометар **MultiDirect** и одабрати **програм број 326**. Поставити епруветицу у отвор на фотометру водећи рачуна да се стрелице поклапају.
9. Притиснути тастер **ZERO**.
10. Уклонити бочицу из отвора фотометра.
11. Отворити поклопац епруветице и додати једно паковање праха реагенса **Vario Phosphate F10** директно из фолије. При сипању праха у епруветицу користити мали пластични левак.
12. Добро затворити чеп на епруветици и промућкати окретањем неколико пута да би се садржај промешао (око 10-15 секунди). Реагенс се не раствара у потпуности.
13. Поставити епруветицу у отвор на фотометру водећи рачуна да се стрелице поклапају.
14. Притиснути тастер **TEST** и **сачекати реакциони период од 2 минута**.

Пошто је протекло реакционо време на екрану се аутоматски испуисује резултат.

Резултати се приказују на екрану у mgP/L укупног P.

Све добијене вредности унети у табелу са резултатима. Резултате образложити на пољима за то предвиђеним.

Резултати:

Редни број:	Узорак воде - опис	Концентрација укупног Р (mgP/L)	Напомене:
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

Образложење резултата:

Еколошки мониторинг копнених вода

Квалитета воде у животној средини може се оценити на основу анализе абиотичких параметара, на пример температуре, рН вредности, електропроводљивости, садржаја анјона и катјона и др., али и биотичких параметара. Познато је да свака врста водених организама има одређене преференције према квалитету воде, односно може да толерише већи, или мањи степен загађења. **Еколошки мониторинг** се управо заснива на преференцији појединих врста према одређеном квалитету воде. При томе, неке врсте имају широки опсег толеранције абиотичких фактора, док друге подносе само промене у оквиру уског опсега. За еколошки мониторинг су посебно занимљиве ове друге врсте, које толеришу мали опсег промена, тако се на основу те њихове особине узимају као **индикаторске врсте**. Поменуте врсте могу припадати бактеријама, алгама и гљивама, биљкама, бескичмењацима и кичмењацима (нпр. неке врсте риба и водоземаца). Индикаторске врсте се користе ради праћења промена у животној средини, при процени ефикасности управљачке праксе, а смањивање бројности посебно осетљивих врста може послужити и као упозорење наступајућим еколошким променама.

Биолошки индекси представљају нумеричко квантифиновање квалитета воде и заснивају на коришћењу индикаторских врста. Најчешће се ови индекси деле на: **индексе сапробности** и **индексе диверзитета**, а комбинацијом ова два приступа настају **интегрални индекси диверзитета**.

Сапробни систем и сапробни индекси

Еколошке методе за оцењивање квалитета воде у својој основи садрже **сапробни систем** који су увели биолози Kolkwitz & Marson још 1907. године. Ови научници су сачинили списак индикаторских врста које се срећу у одређеним условима, указујући на квалитет воде. Тако поједини организми живе у изузетно чистим водама, док су други адаптирани на воде мањег, или већег загађења и у њима се срећу у великом броју. Овај систем је унапредио Liebmann (1958), заменивши врсте заједницама. Сапробни систем садржи **4 степена** и при просторном приказивању квалитета воде деонице водотока се у зависности од квалитета воде боје одговарајућим бојама:

I степен - олигосапробна зона (плава боја)

II степен - β мезосапробна зона (зелена боја)

III степен - α мезосапробна зона (жута боја)

IV степен - полисапробна зона (црвена боја)

Ова 4 степена сапробности су индентична са 4 класе квалитета воде (I, II, III и IV класа), а карактеришу их индекси сапробности од 1 до 4, где: 1 указује на одличан квалитет воде, 2 - добар, 3 - умерен и 4 - лош квалитет воде. Liebmann-ов систем се може примењивати само за оцену квалитета вода које су оптерећене органским материјама и не може се примењивати код загађења неорганског порекла. У наставку је дат детаљнији опис карактеристика вода за сваки од сапробних степена.

Олигосапробне воде су незагађени или минимално загађени водени системи у оквиру којих се налазе и **катаробне воде** - извори и планински потоци изван насеља и индустрије. Ове воде су бистре, пријатног мириса, а муљ је сив или смеђ. Садрже пуно раствореног кисеоника, тако да се минерализација изводи до краја. Карактерише их велики диверзитет животне заједнице уз истовремену малу бројност јединки појединих врста. Ова зона се још означава и као регион **пастрмке** (салмонидни регион).

β мезосапробне воде припадају типу умерено загађених вода. Вода има „нормалан“ мирис (на земљу), а сатурација кисеоником је око 100%, што омогућује потпуну минерализацију органских материја. Богато је развијена **алгална флора**, што даје води зеленкасту боју, а на дну се срећу **модрозелене, зелене** и **кончасте алге**. Развијена је и **макрофитска вегетација**, као и **зоопланктон**. Од мекушаца присутне су разне врсте **шкољки** и **пужева**. Све то доприноси богатој органској продукцији. Дунав и већина наших равничарских река имају овакав квалитет воде.

α мезосапробне воде су нешто загађеније. Карактерише их непријатан мирис који потиче услед разлагања беланчевина и угљених хидрата. Присутне су и одређене количине гасова амонијака (NH_3), а понекада и водоник-сулфида (H_2S). Вода је мутна са богатим наслагама муља. Кисеонички режим показује варијабулност у току 24 часа. Током обданице га има довољно, а преко ноћи често пада испод биолошког минимума. Услед разлагања органске материје јавља се повећана концентрација угљеник(IV)оксида. Животну заједницу карактерише значајно присуство **хетеротрофних бактерија** и Protozoa (Ciliata) које заједно чине 1/3 од укупног броја животињских врста. Од **алги** овде живе Euglenophyta и Cyanobacteria. **Макрофитска вегетација** је развијена. Само се повремено јављају Cladocera и Soperoda и то са малим бројем врста. Поред тога, срећу се Oligochaeta, ларве Chironomidae и **барски пуж**. Повећана разградња органске материје у муљу изазива дефицит раствореног кисеоника, па су макроорганизми ретки. Од **риба** може се срести бабушка (*Carassius gibelio*, Bloch, 1782). Уколико нема струјања и мешања воде може доћи до помора рибе.

Полисапробне воде су карактеристичне по веома великом органском оптерећењу (загађењу) које води порекло од индустријских и комуналних отпадних вода. Имају неугодан мирис на фекалије и трулеж, а боја је прљаво-сива и мутна. На површини пливају масне мрље и јављају се гомилице **нитастих бактерија**. Слој муља је дебео услед интензивног процеса распадања органских материја, али је разлагање само делимично. Тако се беланчевине редукују само до водоник-сулфида и метана (CH_4). Уз

обалу се налазе **модрозелене алге** и нема много **макровегетације**. Целокупна акватична биоценоза је највећим делом сведена на **бактерије** и Protozoa (Ciliata). Осталих група организама има веома мало. Фауна дна је такође сиромашна и јављају се само црви Tubifex и ларве Chironomidae.

Поред Liebmann-овог система постоји и Knörr-ов сапробни систем који се базира на присуству и дистрибуцији **микроорганизама**, а скала се протеже у дијапазону 1-7.

За израчунавање **индекса сапробности (SI)** најчешће се користи **индекс по Pantle - Buck**-у, из 1955. године, а класе сапробности се одређују у односу на следеће опсеге:

1,0 - 1,5 - олигосапробни тип воде

1,6 - 2,5 - β мезосапробни тип воде

2,6 - 3,5 - α мезосапробни тип воде

3,6 - 4,0 - полисапробни тип воде

Индекс сапробности се израчунава на основу релативне бројности индикаторских организама (Табела 4) и формуле:

$$SI = \frac{\sum s_i \cdot a_i}{\sum a_i} \quad (1)$$

где су:

SI – индекс сапробности,

s_i – индикаторска вредност i -те врсте и

a_i – релативна абунданца/учесталост i -те врсте.

Табела 4. Одређивање релативне бројности (a)

% učešće vrsta	broj individua/0,1 m ²	a
> 1	1 - 3	1
1 – 3	4 – 10	2
4 – 10	11 – 50	3
11 – 20	51 – 100	5
21 – 40	101 – 500	7
41 - 100	> 500	9

На пример, у узорку су пронађене две врсте (I и II), а индекс сапробности (*SI*) по Pantle-Buck-у се рачуна на следећи начин:

Врсте:	I	II
<i>a</i>	5	5
<i>s</i>	3	4
<i>s x a</i>	15	20
$\Sigma s x a$	35	
Σa	10	
<i>SI</i>	3,5 (α - мезосапробни тип воде)	

Поред индекса по Pantle – Buck-у релативно често се употребљава и индекс сапробности који су дали **Zelinka & Marvan**, 1961. године.

Сапробна валенца (*S*) се одређује коришћењем формуле **Zelinka & Marvan** (2):

$$S = \frac{\sum a_i \cdot G_i \cdot s_i}{\sum a_i \cdot G_i} \quad (2)$$

Где су:

G_i – индикаторска тежина врсте *i*. Показује колико је врста *i* добар или лош индикатор. Вредности су у опсегу од 1 (лош индикатор) до 5 (одличан индикатор), а читавају се из листа сапробних индикатора, којима је обухваћено преко 2500 таксона.

s_i – сапробна вредност врсте *i*, емпиријски изведене осетљивости врсте на загађење и

a_i – релативна или апсолутна бројност врсте *i* се одређује на основу Табеле 4 .

Недостатак еколошких метода које укључују примену сапробног система је у томе што захтевају велики тим стручњака који веома добро познају све групе водених организама. Ипак, и поред недостатака последњих деценија у европском и домаћем законодавству све већа пажња се поклања биолошким индикаторима, тако да су неки од њих уврштени у списак обавезних метода при карактеризацији квалитета воде. Важећи Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода (Сл. гласник РС, бр. 74/11) за сваки тип површинског водног тела, ради оцене еколошког статуса, предвиђа праћење 9 параметара из групе хемијских и физичко-хемијских параметара. Поред њих, захтева се и праћење 18 биолошких параметара оцене еколошког статуса: 9 – водени макробескичмењаци; 2 – фитобентос; 4 – фитопланктон; 2 – макрофите и 5 микробиолошких параметара за оцену еколошког статуса (Табела 5).

Табела 5. Границе класа еколошког статуса и границе класа еколошког потенцијала за типове површинских вода, река типа 1, у које улазе велике низијске реке са доминацијом финог наноса¹²

Параметар	Јединице	Границе између класа еколошког статуса			
		I-II	II-III	III-IV	IV-V
ХЕМИЈКИ И ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКИ ПАРАМЕТРИ ОЦЕНЕ ЕКОЛОШКОГ СТАТУСА¹					
рН вредност		6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	<6,5 ; >8,5
Растворени кисеоник	mg l ⁻¹	8,5 ²	7,0	5,0	4,0
БПК ₅	mg l ⁻¹	2,0	5,0	8,0	20,0
Укупни органски угљеник (ТОС)	mg l ⁻¹	2,0	5,0	9,0	23,0
Амонијум јон (NH ₄ -N)	mg l ⁻¹	0,1	0,3	0,8	1,0
Нитрати (NO ₃ -N)	mg l ⁻¹	1,00	3,00	6,00	15,00
Ортофосфати (PO ₄ -P)	mg l ⁻¹	0,02	0,1	0,2	0,5
Укупни растворени фосфор (P)	mg l ⁻¹	0,05	0,2	0,4	1,0
Хлориди	mg l ⁻¹	50	100		
БИОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ ОЦЕНЕ ЕКОЛОШКОГ СТАТУСА					
водени макробескичмењаци					
сапробни индекс (метода Zelinka & Marvan)		2,10	2,65	2,90	3,20
BMWP скор		50,00	40,00	30,00	10,00
ASPT скор		5,00	4,00	3,00	2,00
индекс диверзитета (метода Shannon-Weaver)		2,20	1,50	1,20	0,50
укупан број таксона		17,00	10,00	9,00	5,00
BNBI индекс		3,50	2,80	2,10	1,40
учешће Oligochaeta-Tubificidae	%	10,00	25,00	40,00	70,00
број врста шкољки			3,00		
број врста Gastropoda			4,00		
број осетљивих таксона			3,00		
фитобентос					
IPS индекс		14	10	8	6
CEE индекс		12	9	7	5
фитопланктон					
CYA	%	2,50	5,00	10,00	20,00
EUG	%	2,50	5,00	10,00	15,00
абунданца	ћелија/ml	2000	5000	15000	25000
биомаса фитопланктона, хлорофил а	µg/l	25,0	50,0	100,0	250,0
макрофите					
индекс диверзитета (метода Shannon-Weaver)		2,4	1,6	0,8	0,5
укупан број таксона		15	10,0	7,0	2,0
МИКРОБИОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ ОЦЕНЕ ЕКОЛОШКОГ СТАТУСА					
укупни колиформи	број / 100 ml	500	10000	100000	1000000
фекални колиформи	број / 100 ml	100	1000	10000	100000
фекалне ентерококе	број / 100 ml	40	400	4000	40000
однос олиготрофних и хетеротрофних бактерија – ОБ/ХБ		10	1		
број аеробних хетеротрофа (метода Kohl)	број / 1 ml	500	10000	100000	750000

¹² Сл. гл. РС, бр. 74/11.

У табели 5 се види да се велики број параметара односи на биолошке индексе оцене еколошког статуса вода, те ће у наставку бити дата појашњења појединих скраћеница и термина који су коришћени, а до сада у тексту нису поменути (Табела 6)¹³.

Табела 6. Листа биотичких индикатора и индекса коришћених у нашем законодавству

Скраћеница	Пун назив индекса	Опис индикатора/индекса
BMWP	Biological Monitoring Working Party-score	Индекс се заснива на идентификацији бескичмењака. При одређивању нумеричке вредности овог индекса сваки организам се детерминише до нивоа фамилије, а свакој фамилији је додељена вредност од 1-10. Коначна вредности вредност индекса BMWP добија се сабирањем вредности за све идентификоване фамилије.
ASPT	Average Score Per Taxon	Индекс просечне осетљивости фамилија присутних организама одређује се дељењем BMWP скором са бројем идентификованих таксона.
Shannon-Weaver индекс диверзитета	индекс диверзитета одређен методом Shannon-Weaver	Индекс узима у обзор разноврсност врстама и удео сваке врсте у локалној акватичној животној заједници.
BNBI	BalkaN Biotic Index	Овај биотички индекс је конципиран тако да одсликава зоогеографско подручје Балкана кроз специфичности макро фауне и дна река Балкана.
EPT	Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera	Утврђивање броја таксона Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera у нашој земљи је предвиђено за све реке, осим великих река са доминацијом финог наноса.
IPS	Specific Polluosensitivity Index	Дијатомни индекс, где се вредности индекса крећу од 1-5.
CEE	Index of European Economic Community	Дијатомни индекс по Coste-y, где се вредности индекса се крећу од 0-10.
CYA	Cyanobacteria	Процентуално учешће Cyanobacteria.
EUG	Euglenophyta	Процентуално учешће Euglenophyta.

¹³ Литература за Поглавље 11: DEQ, 2015; Zelinka, Marvan, 1961; Јахић, 1990; Höll, 1972; Кнежевић-Вукчевић и сар., 2014; Сл. гл. РС, бр. 37/2011; Hawkes, 1998; Chapman, 1996; WHO, 2011.

Задатак:

На основу листе индикатора и њихових индикаторских вредности одредити:

Индекс сапробности (S) по Pante-Buck-у и

Индекс сапробности (SI) по формули Zelinka & Marvan.

Посматрање микроорганизама значајних за хидроекосистеме

Важну компоненту водених екосистема чине микроорганизми, у које се убрајају бактерије, фито и зоопланктон и микроскопске гљиве. Ови организми су активно укључени у токове кружења материје и протицања енергије. Под термином **фитопланктон** се подразумевају микроорганизми који врше фотосинтезу. Они везују сунчеву енергију за неорганска једињења и тако производе органске молекуле, односно храну. Називају се још и аутотрофним организмима и чине прву карику у ланцу исхране у воденим срединама. Са друге стране **зооплантон** чине микроорганизми који се хране фитопланктоном или бактеријама и представљају другу карику у ланцу исхране. Такав начин исхране се назива хетеротрофним. **Бактерије и гљивице** у воденим срединама чине разлагаче, будући да се хране одумрлим организмима. Уколико пак, бактерије или гљивице живе на рачун живих организама онда представљају паразите.

Природна наука која се бави проучавањем микроскопски ситних организама - микроорганизама зове се **микробиологија**. Термин **микроорганизми** се односи на велику и разноводну групу организама, који свој животни циклус проводе као појединачне ћелије или групе ћелија. Ту се убрајају: прокариоти (*bacteria* и *archaea*), еукариоти (алге, гљиве и протозоа) и ацелуларни облици (вируси). Све ове организме карактерише брз раст и репродукција, променљивост и брза адаптација, као и космополитска распрострањеност. С обзиром да су микроорганизми несродни организми поставља се питање зашто се они изучавају у оквиру исте науке. Ипак заједничко за све је јединствена методологија изучавања, као и чињеница да су сви они једноћелијски.¹⁴ Најчећи поступак који се примењује при проучавању микроорганизама јесте посматрање под микроскопом.

Микроскоп

Оптички микроскоп (грчки: *μικρός*, *mikrós*, = мали и *σκοπεῖν*, *skopeîn* = видети) је инструмент који користи део електромагнетног спектра - видљиву светлост, за

¹⁴ Кнежевић-Вукчевић и сар., 2014.

повећање слика малих, голим оком невидљивих блиских објеката, као и за раздвајање блиских тачака на њима. Он је састављен из механичких и оптичких делова (Слика 38)¹⁵.

Механичке делове микроскопа чине:

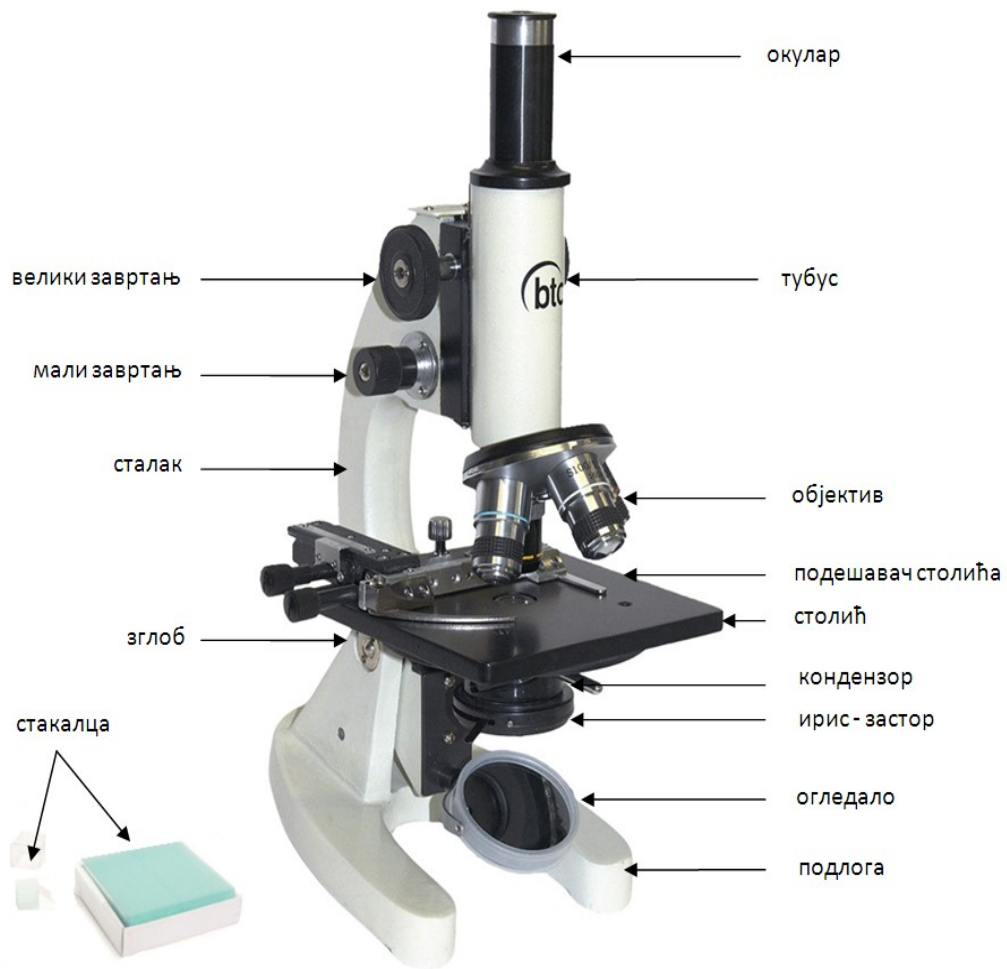
- **Подлога** је доњи део микроскопа који носи све остале делове.
- **Сталак** се надовезује на подлогу. Он носи у горњем делу тубус са окуларом и објективом, у средњем столић, а доњим делом је везан за подлогу.
- **Тубус** је метална цев који у свом доњем делу носи објектив, а у горњем окулар.
- **Столић** служи да се на њега постави објекат-предмет који се микроскопира. Ради придржавања и финог подешавања положаја предмета он се причвршћује **подешивачем столића**.
- **Завртњима** се регулише висина тубуса у односу на посматрани предмет. Постоје два завртња. Велики макрометарски и мали микрометарски. Великим се грубо поставља тубус у близини самог предмета, а онда се малим завртњем примиче на потребну удаљеност од предмета.

Оптичке делове микроскопа чине:

- **Објектив** је сачињен од цилиндричног оквира са системом од једног или више сочива у себи. Има навоје и причвршћује се завртањем на доњи део тубуса који је усмерен ка објекту - предмету посматрања. Ствара реалну, увећану и обрнуту слику предмета. Постоје и такви микроскопи код којих тубус има наставак који се зове револвер, а који на себи има већ постављена три објектива различите оптичке моћи.
- **Окулар** је такође цилиндрични оквир, у кога су уграђена сочива. Смештен је у горњем делу тубуса и то до ока посматрача. Добијену слику објектива, по принципу лупе, поново увећава. Настала слика је коначна слика добијена микроскопом и она је увећана, виртуелна, и даље обрнута.
- **Извор светлости** може бити природни или вештачки. Део за осветљавање постоји код свих микроскопа. Чине је, одоздо ка столићу са предметом, овим редом постављени делови: огледало (комбинација равног и конкавног) или електрични извор светлости, носачи за филтере, дијафрагма или ирис застор и кондензор.
 - **Кондензор** омогућава довољно јако и равномерно осветљавање предмета. Грађен је од система сочива и има своју жижу даљину. Завртњима се може помицати вертикално по оптичкој оси микроскопа, са којом је компатибилан, чиме се врши његово фокусирање. За већину потреба у микроскопирању предњу жижу кондензора треба довести у раван посматраног препарата.

¹⁵ Hager, 1920.

- **Ирис – застор, дијафрагма**, својим променљивим отвором пропушта одговарајућу, максималну количину светла одбијеног од микроскопског огледала или електричног извора осветљења.



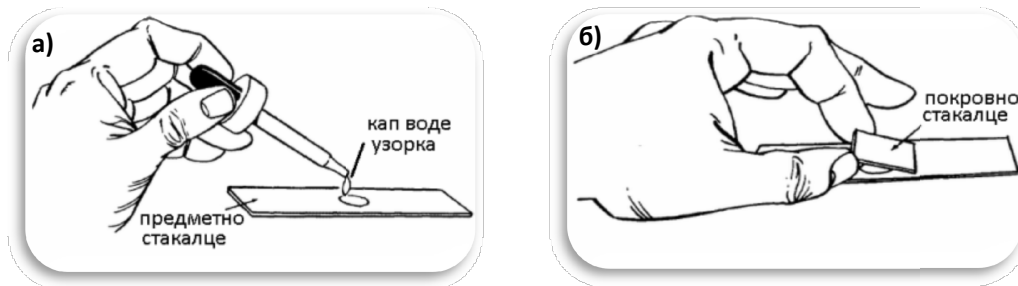
Слика 38. Делови микроскопа и прибор

Експериментални рад

Потребан прибор: лабораторијске чаше за узорке воде, микроскоп, предметна и покривна стакалца, дестилована вода и капаљка.

Припрема микроскопског препарата

При припреми микроскопског препарата користе се предметно и покривно стакалце. Предметно стакалце је правоугаона плочице на чију средину се поставља предмет за микроскопирање. Преко предмета се нанесе кап дестиловане воде (Слика 39а). У случају да се предмет посматрања већ налази у воденој средини на предметно стакалце се само нанесе кап воде узорка. Преко предметног стакалца се поставља тање покривно стакалце и то тако што се оно једном ивицом урони у кап воде и лагано спусти преко предметног стакалца (Слика 39б).



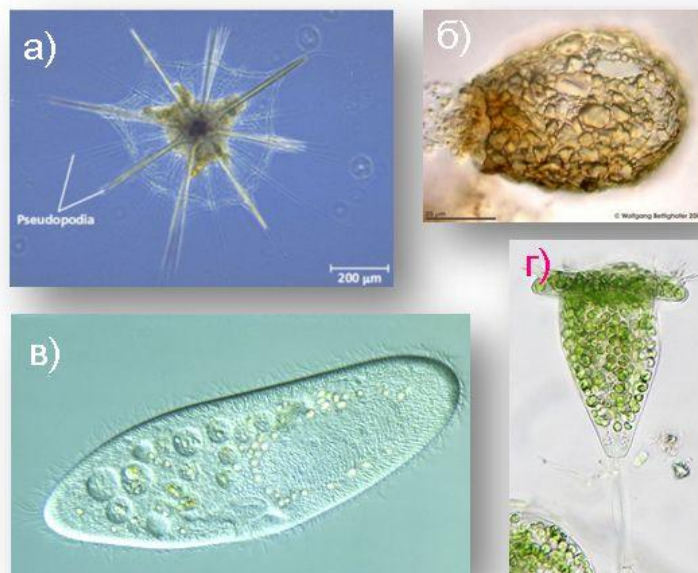
Слика 39. Припрема микроскопског препарата

Посматрање микроскопских препарата

Микроскопски препарат се постави на столић и причврсти подешавачем столића. Изабере се објектив са најмањим увећањем окретањем револвера (носача објектива). Затим се лаганим окретањем великог завртња врши грубо подешавање да објекат посматрања уђе у видно поље, а потом се малим завртњем изврши изоштравање како би слика предмета постала јасна.

1) Посматрање зоопланктона

Зоопланктон представљају ситни хетеротрофни организми који лебде у води или се ограничено крећу ношени воденим струјама и другим покретима воде. Зоопланктонске организме релативно је лако уочити у инфузоријуму, будући да се ту налазе у већем броју. Термин **инфузорија** се користи за различите врсте једноћелијских праживотиња најчешће цилијата, чији представници су приказани на Слици 40.



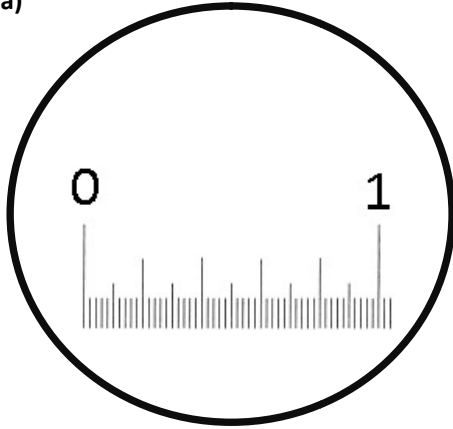
Слика 40. Протозоа: а) *Rhizopoda sp.*, б) *Diffugia sp.*, в) *Paramecium caudatum* и г) *Vorticella sp.*

Инфузорија се прави тако што се захвати извесна количина барске воде са детритусом и мало муља и дода неколико капи млека. Кроз неколико дана долази до замућења воде пошто се умножавају бактерије и алге. Потом, кроз још неколико дана вода почиње да се бистри што представља знак да је дошло и до увећања броја праживотиња које се хране бактеријама. Ако посуду осветлимо одозго доћи ће до груписања праживотиња на површини, што олакшава њихово сакупљање. Пошто се сакупе праживотиње се пренесу у посуду са водом чија је температура 26°C , а $\text{pH} = 7$. На дно посуде стави се 15-20g ливадског сена. У таквој средини праживотиње се врло брзо размножавају. Култура може да траје око три недеље, а онда се прави нова.

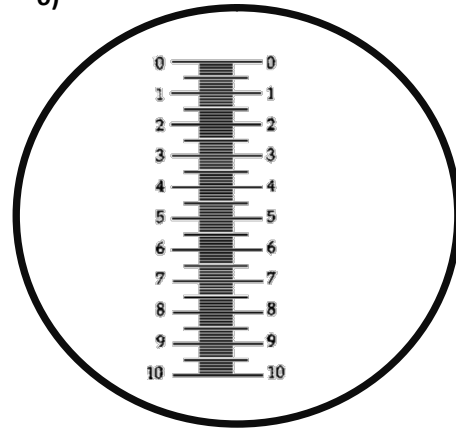
Задатак:

У предвиђено поља нацртати праживотиње опажене током микроскопирања капи воде инфузоријума и измерити њихову дужину у mm (а) и μm (б).

а)



б)



2) Посматрање фитоопланктона

Фитопланктон сачињавају алге, које могу бити једноћелијске или колонијалне. У зависности од врсте фотосинтетичких пигмената, грађе и других особина алге се деле на класе. У састав фитоопланктона најчешће улазе представници из раздела модрозелених алги, зелених алги, еуглена, силикатних алги, жуто-зелених и других алги.

Задатак:

У наставку нацртати представнике алги виђене под микроскопом, а испод цртежа написати њихове називе.

3) Посматрање гљива

Гљиве представљају еукариотске организме, који имају оформљено једро, али се по својим карактеристикама разликују од биљака и животиња, тако да су сврстани у посебно царство. Ипак, и са једном и са другом групом оне имају сличности. Сличност са биљним организмима огледа се у неограниченом растењу, сесилном начину живота, ћелијском зиду и апсорпцији материја преко увећане ћелијске површине. Сличност са животињама огледа се у постојању хитина у ћелијском зиду, исте материје која се налази у егзоскелету инсеката, поседовању пигмента меланина и гликогена као резервне материје.

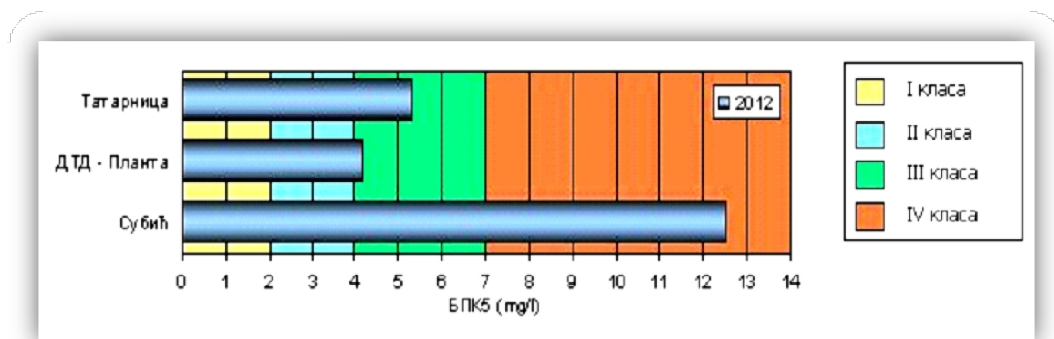
Задатак:

У наставку нацртати представнике гљива виђене под микроскопом, а испод цртежа написати њихове називе.

Анализа и приказивање резултата мониторинга квалитета вода

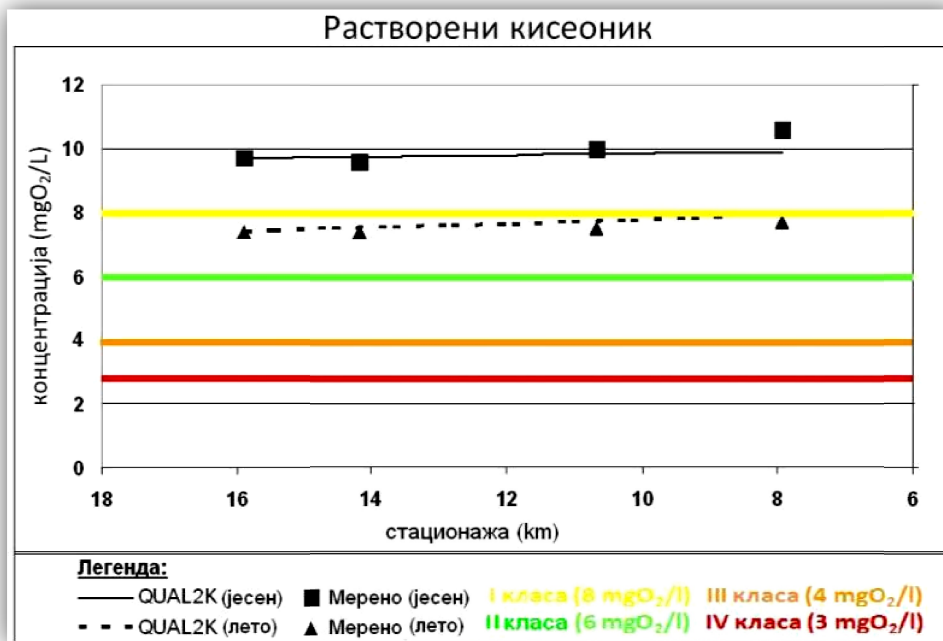
На почетку курса било је речи о осмишљавању плана мониторинга у складу са постављеним циљевима. Међутим, поред доброг планирања, спровођења (узорковања и анализе узорака) веома је битно и адекватно протумачити резултате. Извештаји о резултатима анализа квалитета воде обично се добијају у виду бројчаних вредности, односно концентрација појединих параметара у одређеној запремини узорка воде. Надаље, такве резултате потребно је образложити у складу са постојећим прописима којима су одређене граничне вредности за поједине параметре квалитета воде. На основу граничних вредности водна тела се сврставају у класе квалитета воде. У Републици Србији тренутно је важећи *Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода* (Сл. гласник РС, број 74/11) и *Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање*, (Сл. гласник РС, бр. 50/2012).

Поред нумеричког изражавања резултата, приказивање се може вршити и графички у виду различитих дијаграма и графикона. На тај начин се лако могу визуелно уочити одсупања у односу на задату граничну вредност, промене вредности параметара у времену или у односу на неку другу величину. Овакво приказивање резултата посебно је погодно уколико се ради о нивовима истородних података. На Сликама 41 - 45 дати су различити начини графичког приказивања података.

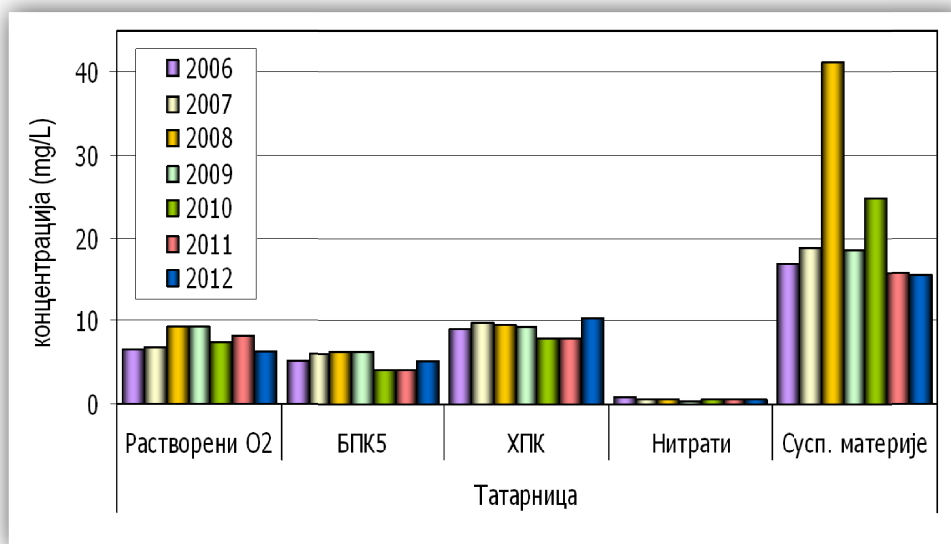


Слика 41. Класификација воде анализираних водотока на основу просечних вредности БПК₅, 2012. год¹⁶

¹⁶ Подаци из студије Савић и сар., 2012.

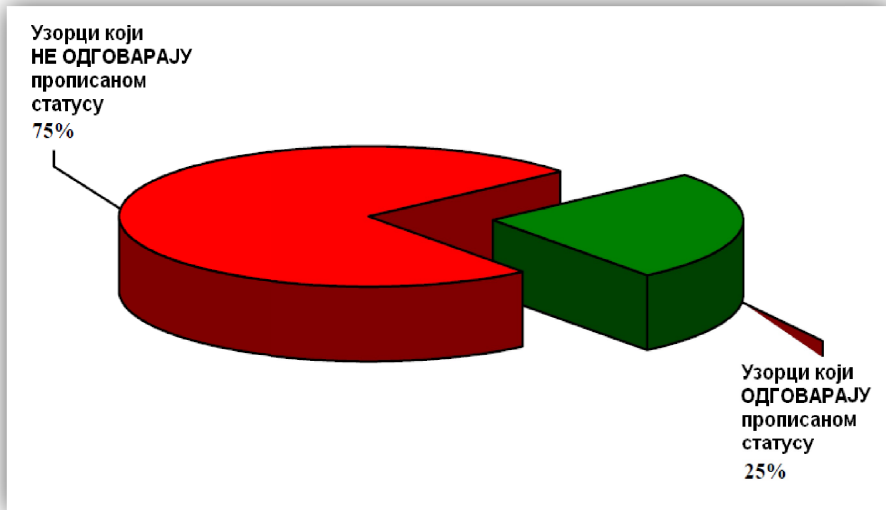


Слика 42. Приказ резултата мерења и моделовања концентрације раствореног кисеоника у односу на класе квалитета вода

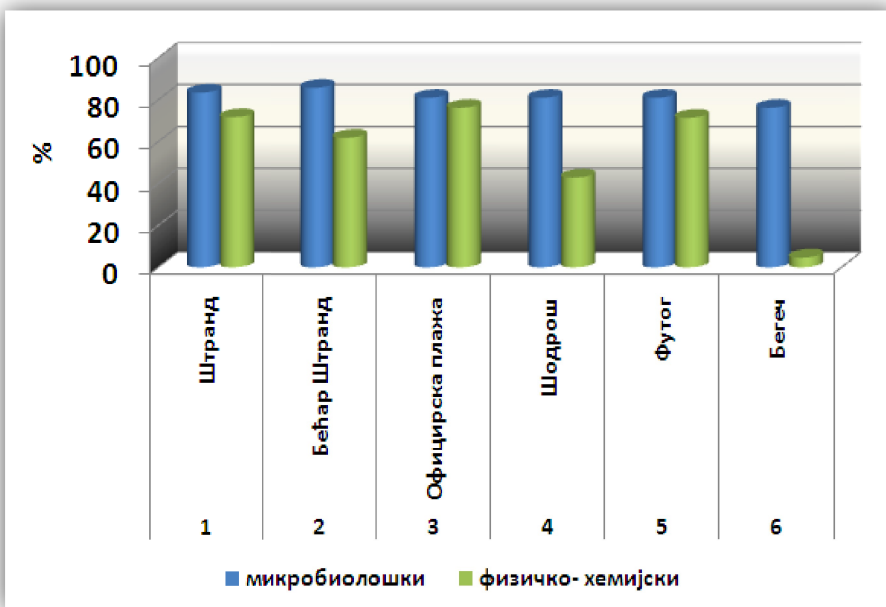


Слика 43. Сумарни приказ резултата праћења квалитета воде за водоток Татарницу, 2006-2012. године¹⁷

¹⁷ Подаци из студије Савић и сар., 2012.



Слика 44. Квалитет воде Дунава на купалиштима за микробиолошке и физичко-хемијске параметре квалитета вода, купалишна сезона 2012. године¹⁸



Слика 45. Резултати анализе узорака воде Дунава на јавним купалиштима (август 2012. године) у односу на прописан еколошки и хемијски статус III класе¹⁹

¹⁸ Институт за јавно здравље Војводине, 2012.

Задатак

1. Све досадашње резултате анализа квалитета воде Дунава унети у Табелу 7. У предвиђена поља унети граничне вредности мерених параметара за класе вода према поменутом Правилнику (Сл. гласник РС, бр. 74/11).
2. У Microsoft Excel прогарму направити графиконе за поједине параметре квалитета воде тако да X оса представља временску скалу, а Y оса концентрације параметра. Нанети и граничне вредности за класе квалитета вода.
3. Одредити минималне, максималне и средње вредности за сваки параметар, а затим образложити резултате упоређујући добијене вредности са граничним вредностима датим према Правилнику (Сл. гласник РС, бр. 74/11).

Табела 7. Резултати анализа квалитета воде Дунава на мерном месту Бећар-шtrand

Ред. број параметра:	Параметри квалитета воде	Јединице	Број узорка / датум								Граничне вредности за класе статуса водног тела							
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	I	II	III	IV				
1.	Температура ваздуха																	
2.	Температура воде																	
3.	Растворени кисеоник																	
4.	pH																	
5.	Електропроводљивост																	
6.	Суспендоване материје																	
7.	БПК ₅																	
8.	Амонијум јон																	
9.	Нитрити (као N)																	
10.	Нитрати (као N)																	
11.	Ортофосфати (као P)																	
12.	Укупан фосфор																	

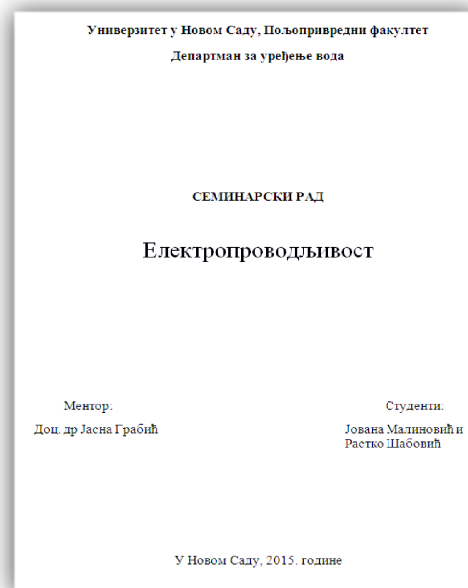
Израда семинарског рад

Током протеклих вежби вршено је узорковање и анализирање квалитета воде Дунава за поједине параметре. На претходној вежби су сви ти подаци сумирани табеларно, а наредни задатак биће израда **семинарског рада** за одабране параметре квалитета воде. Израда семинарског рада вршиће се у мањим групама од по 2-3 студента. Свака група је потребно да одабере једну од понуђених тема:

- Растворени кисеоник у води
- Биолошка потрошње кисеоника (БПК₅)
- Амонијак и амонијум јон у води
- Нитрати и нитрити у води
- Суспендоване материје
- Укупни фосфор у води
- Ортофосфати у води
- Електропроводљивост у води

Семинарски рад треба да одликује усвојено знање са предавања и вежби из предмета Хидрокологија, али и да студенте уведе у нова правила и вештине које се користе при писању стручних и научних текстова. У ту сврху потребно је семинарски рад конципирати на основу смерница које следе.

Прва страна семинарског рада је уједно и насловна страна и треба да садржи заглавље са називом универзитета, факултета, смера и места. На средини стране треба да буде назив семинарског рада, а ниже имена ментора и студената који су аутори рада. На дну стране треба ставити место и годину израде као на Слици 46.



Слика 46. Насловна страна семинарског рада

Текст семинарског рада мора да садржи поглавља: **УВОД, МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ, РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА, ЗАКЉУЧАК** и **Литература**.

УВОД - Укратко написати о значају датог параметра за живи свет у воденој средини на до пола стране куцаног текста. Текст може бити праћен и сликама/шемама уколико аутори сматрају да ће на тај начин боље дочарати текстуални садржај.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ - Текст писати безлично, као на пример: узорковано је, мерено је,... У овом поглављу описати метод узорковања, локацију узорковања, временске прилике, као и метод којим се одређује концентрација датог параметра. Приложити и слике мерног места, опреме којом је вршено мерење и др. Навести и јединице у којима се изражава дати параметар, могуће грешке при мерењу, као и опис промена које се догађају при неким анализама (нпр. по додавању реагенса раствор се загреје; мења се боја раствора – која боја се добија итд.).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА - Резултате представити у виду графикана или табела и образложити у складу са важећим подзаконским актима о квалитету вода, али навести и сопствена размишљања. На пример, како толика количина датог параметра утиче на живи свет у воденој средини.

ЗАКЉУЧАК – На почетку, потребно је једном реченицом поменути значај датог параметра за живи свет у води. Поред тога, треба истаћи најбитније резултате, и укратко их образложити (поновити делове који се односе на дискусију). Коначно, треба дати суд о томе на који начин концентрације датог параметра квалитета воде утичу на живи свет у води, при томе се позвати на важеће законске норме, али изнети и сопствена размишљања.

Литература - Као литературни извори могу се користити књиге, практикум, скрипта, научни и стручни радови, интернет извори и др. У тексту је неопходно позвати се на најмање неколико литературних извора. Све оно што се појављује у тексту рада мора бити цитирано и поглављу Литература (видети детаљније о цитирању литературе).

Пожељно је у семинарском раду унети слике, али и графиконе и табеле и то у зависности од садржаја текста. Уз сваку **слику и табелу** мора постојати назив. Називи слика пишу се **испод** слика, а називи табела **изнад** табела. Сliku или табелу треба позиционирати, у близини, а најбоље испод текста где се говори о садржају који је поткрепљен сликом или табелом и обавезно се у тексту позвати на илустрацију. То се може урадити на више начина:

- Узорковање воде је вршено захватањем воде са обале, што се може видети на Слици 1.
- Оксиметар је уређај којим се мери концентрација раствореног кисеоника (Слика 1).
- Резултати извршених истраживања приказани су у Табели 1.
- Средња вредност добијена за вишегодишњи низ података праћења које је извршила Агенција за заштиту животне средине (Табела 2) јеmg/L.

Име наставника са генералијама пише се нпр. Доц. др Јасна Грабић, при чему се титула пише без тачке.

ЛИТЕРАТУРА

У научним текстовима се тежи изношењу што тачнијих чињеница и података, те је ради тога уобичајена пракса навођења/цитирања извора литературе из којих су поједине информације преузете. Навођење литературе **у тексту** се врши тако што се само помене презиме аутора и година публикавања. Цитирање литературе се може вршити на један од следећих начина:

- Речна хидрологија и хидраулика представљају незаобилазне елементе при проучавању процеса на нивоу слива (Јовановић, 1997).
- Према Пиперској и сар. (2009) квалитет воде реке Криваје ...
- На основу спроведених истраживања квалитета воде на појединим водотоцима (Grabić et al. 2011; Пиперски, Бездан, 2009) може се констатовати да...

Све литературне јединице које су цитиране у тексту је неопходно да се нађу и **у списку литературе**¹⁹. Списак литературе се сачињава по абecedном/азбучном редоследу. Уколико је коришћена литература на старном језику и у прегледу литературе остаје у оригиналу. То се односи на све литературне јединице. Приликом цитирања књиге се наводе следећи подаци: презиме аутора и прво слово имена, година издања, наслов књиге (усправним словима, подвучен), број ISBN, име и седиште издавача, на пример:

1. Јовановић, М. (2008): Регулација река: речна хидраулика и морфологија, друго измењено и допуњено издање, страна 472, ISBN 978-86-7518- 084-5, Грађевински факултет, Београд.

Радови објављени у часопису наводе се уношењем следећих података: презиме аутора и прво слово имена, година издања, наслов рада, наслов часописа, број, име и седиште издавача. нпр:

2. Grabić J., Bezdan A., Benka P. & Salvai A. (2011): *Spreading and transformation of nutrients in the reach of the Bečej-Bogojevo canal, Serbia*. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 6 (1): pp. 277-284.

Цитирање радова са научних скупова врши се навођењем: презимена аутора и првог слова имена, године издања, наслова рада, назива скупа, датума одржавања и места нпр.:

3. Пиперски Ј., Бездан А. (2009): Квалитет воде реке Криваје не деоници Мали Иђош - Фекетић, Водовод и канализација 09, Савез инжењера и техничара Србије, стр. 113-118, 07-10.октобар 2009., Дрвенград.

Уколико су подаци преузети са интернета у зависности од случаја цитирање се може обавити на два начина. У првом случају где се ради о књизи, часопису или другом виду

¹⁹ Овакав вид цитирања литературе користи се при писању научних и стручних радова, а при писању уџбеника и практикума примењују се другачија правила.

публикације где је су познати аутори и издавач цитирање извршити на један од горе описаних начина. У супротном, у случају да је потребно цитирати само интернет страницу треба навести назив или скраћеницу вебсајта, назив текста, организацију/институцију која одржава вебсајт, датум када је страна прегледана и веб адресу:

Агенција ЗЖС (2015): Одрживо управљање водним ресурсима у Србији, Република Србија, Министарство пољопривреде и заштите животне средине, Агенција за заштиту животне средине, Београд. Прегледано: 29.09.2015.

<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=201&id=205&akcija=showXlinked>

Презентовање семинарског рада

Одбрана семинарских радова подразумева претходно припремљену презентацију на компјутеру, која се пројектује на платно, а пропраћена је усменим излагањем садржаја.

Распрострањена употреба персоналних рачунара довела је до тога да су и израда и презентовање различитих садржаја путем компјутерских презентација незаобилазна појава у свим сферама професионалног (али и приватног) живота. Приказ садржаја кроз компјутерске презентације чини саставни део промотивних и рекламних кампања, процеса преговарања и уговарања, представљања пројеката као и презентације научних и стручних резултата било у виду дипломских и мастер радова, или докторских дисертација.

Приликом израде презентација није неопходна велика компјутерска писменост, али је за израду добрих презентација потребно руководити се неким основним принципима. Пре свега, треба писати јасно, кратким реченицама и без сувишних информација, излагање треба ускладити са знањем и интересовањем аудиторијума. Нека основна правила применљива за све презентације се могу свести на следеће:

1. Пожељно би било да **дизајн и боја позадине** указује на тему презентације. Поред осталих елемената презентације, одабир боје и дизајна позадине указује на креативност излагача и може значајно да допринесе целокупном изгледу презентације. Данас постоје многи готови темплејти, али постоји и могућност самосталног дизајнирања било одабиром са палете боја или уметањем различитих текстура и слика као позадине. У сваком случају, позадина треба да буде неупадљива и да не ремети прегледност осталих садржаја – текста, слика, графикона и тебела.
2. **Боја позадине и слова** треба да буде у контрасту, нпр. тамна слова и светла позадина или обрнуто. Већина готових темплејта за презентације испуњава овај захтев, али није на одмет то и истаћи.
3. **Величина слова** у презентацији је веома битна! Ради добре видљивости величина слова не би требало да буде мања од 18-20pt, али то зависи и од одабраног фонта слова. Што се фонтова тиче пожељнији су они који личе на техничко писмо (нпр. Arial, Calibri, Tahoma, Verdana). Китњасте фонтови (нпр. Times New Roman, Cambria, Bookman Old Style) се могу користити за писање теза, али је у том случају је пожељно повећати фонт на 20-22 pt. Китњасте фонтови се сматрају декоративнијим, те се могу користити за наслове где су слова и по правилу већа. Подебљавање слова (**bold**) врши се у наслову, али и код неких кључних речи које се желе истаћи. Истицање се може урадити и подвлачењем (underline) или закошеним словима (*italic*). Закошеним словима се обавезно пишу латински називи врста (нпр. *Salmo trutta*, *Cyprinus carpio*, *Nymphaea alba*).

4. **Прва страна - НАСЛОВНА** треба да садржи наслов који се централно позиционира; имена аутора и ментора могу се поставити испод наслова, док се назив институције, из које аутор потиче, и њен лого/грб поставља у заглавље. Датум и место на коме се презентација обавља, (није обавезно навести, али је пожељно), може да стоји на дну или на самом врху стране (Слика 47).



Слика 47. Примери насловних страна презентација

5. Након насловне стране може да следи слајд **САДРЖАЈА** уколико је презентација дуга (дипломски и мастер радови, докторске дисертације), али у кратим презентацијама од у трајању од 10-15 минута обично није неопходан.
6. Неписано је правило да за **приказ једног слајда** треба одвојити **1 минут**. У складу са тим треба планирати текстуални садржај, али и коментаре других садржаја (објашњавање слика, резултата приказаних у табелама и графиконима). У зависности од материје која се излаже и самог изгледа слајда приказ може трајати и дуже и краће време, али уколико се испоштује да у просеку то време буде око 1 минут онда ће биће испуњен један од предуслова за успешну презентацију.
7. Надаље се слајдови формирају тако да прате и представљају поједине делове рада који се приказује. Поједина поглавља у раду - УВОД, МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ, ДИСКУСИЈА И РЕЗУЛТАТИ и ЗАКЉУЧАК треба да сачињавају мање целине и у презентацијама. Свако поглавље треба да започиње на новом

слајду, при чему се наслов позиционира у горњи део слајда, а у наставку се у тезама или кратким реченицама износи суштина датог поглавља. Слајдови пренатрпани текстом могу изазвати досаду код аудиторијума, те их треба избегавати. Поштовање препорука о величини слова и комбиновање текстуалног садржаја са сликама на слајду јесу начини да се избегне наведени проблем.

8. **Слике, табеле и графикони** се могу комбиновати са текстом или могу да стоје на засебним слајдовима. У сваком случају они морају да буду довољно уочљиви нпр. битни детаљи на сликама да буду довољно јасно видљиви, графички прикази треба да буду прегледни, а величина слова и бројева у табелама најмање 14-16пт.
9. **Истицање битних момената у презентацији** се може вршити на више начина. Уколико се ради о појединим речима/реченицама истицање се може урадити једноставним бојењем текста упадљивијом бојом. Детаљи који желе да се нагласе на сликама и графиконима се могу нпр. заокружити црвеном елипсом, обојити, осенчити, или истаћи на неки други начин. Увођење анимација за поједине објекте и транзиција слајдова такође су добродошли и могу допринети динамичности презентације. Међутим, треба водити рачуна да њихова примена буде умерена и сврсисходна. Пренатрпаност презентације разним ефектима може да одведе у другу крајност и да визуелни ефекти засене садржај рада који се представља.
10. На крају презентације може се **захвалити** аудиторијуму једноставним „хвала на пажњи“. Уколико су презентациони резултати рада на неком пројекту онда се обавезно захвали инвеститору (уколико то у уводу већ није речено). Они инвентивнији презентацију могу завршити и неком мудрој поруком, лепом мисли неке знамените историјске личности која је у складу са тематиком презентације.

На крају презентације дипломских, мастер и докторских дисертација обичај је да се само усмено захвали свим особама које су пружиле подршку при изради рада (почевши од ментора и чланова комисије, до чланова породице и сл.).

Усмено излагање треба да пропрати визуелне садржаје презентације. При томе, говорник треба да остави утисак особе која влада материјом, да аргументовано износи ставове и поткрепљују их слајдовима²⁰. У већини случајева је прописано колико презентација треба да траје временски, тако да у предвиђеном времену треба изложити најбитније елементе рада. Само излагање треба да буде течно. Говорник треба да буде окренут аудиторијуму и повремено се окреће ка пројекцији презентације уколико је потребно нешто да покаже – показивачем, ласером и сл. Сам говорник не треба да буде ни превише усиљен, нити превише лежеран приликом излагања. Он треба да остави утисак озбиљности, као и да влада материјом, али истовремено и да то чини са лакоћом.

Неке особе су по својој природи склоне ка јавним наступањима и то раде сасвим спонтано, ипак за већину то изискује напор и доводи до треме. У сваком случају, презентацију је потребно припремити унапред и то не само на компјутеру, већ је потребно припремити и излагање. Приликом припреме усменог излагања потребно је „проћи“ кроз све слајдове и испланирати шта рећи при пројекцији појединачног слајда. Треба избегавати читање са слајдова, али се то може изузетно приуштити

²⁰ Јовановић, 2010.

уколико је потребно указати на неке бројчане вредности у резултатима, или се жели дословце цитирати нека туђа мисао. Пожељно је при уПоглављевању презентације то радити на глас, као би се уПоглављела гласност, дикција, брзина говора и став. Појава самог говорника такође представља битан детаљ. Стил облачења би требало да одаје утисак уредне личности. Што се тиче гестикулације, умерена гестикулација рукама је прихватљива, јер утиче на диманику предавања. Уопштено, треба свести на најмању могућу меру све покрете који могу одвлачити пажњу аудиторијума (махање рукама, папирима, показивачем, увртање косе и др.), пошто то одаје утисак несигурности, или хаотичности при презентовању. За препоруку је спровести генералну пробу у присуству колега или чланова породице и уважити њихове сугестије ради побољшања укупног утиска презентације.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гринчевић М., Пујин В., (1998): Хидробиологија - Приручник за студенте и последипломце, 3. издање, Еколошки покрет града Новог Сада, Нови Сад. 212 стр.
2. DEQ Department of Environmental Quality, Michigan, Last visited: 20th of October 2015, http://michigan.gov/deq/0%2C1607%2C7-135-3313_3682_3713-10416--%2C00.html
3. Zelinka, M. & Marvan, P. (1961). Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. – Arch. Hydrobiol., Stuttgart, 57: 389-407.
4. Институт за јавно здравље Војводине (2012): Квалитет / Еколошки и хемијски статус површинске воде јавних купалишта на реци Дунав у Новом Саду, Футогу и Бегечу у току 2012. године, извештај за потребе Граске управе за заштиту животне средине, бр. VI-501-2/2012-39.
5. Јахић М. (1990): Пречишћавање загађених вода, Научно образовни институт за уређење вода, Пољопривредни факултет, Нови Сад. 127 стр.
6. Јовановић М. (2010): Упутство за писање и презентирање научних и стручних радова, Прегледано: 20.10.2015., <http://www.grf.bg.ac.rs/~mjovanovic/gallery/texts/PRvodic.pdf>
7. Höll, K. (1972): Water: Examination, Assessment, Conditioning, Chemistry, Bacteriology, Biology. Walter de Gruyter, Berlin. 389 pp.
8. Кнежевић-Вукчевић Ј., Вуковић-Гачић Б., Станковић С., Берић Т., Николић Б., (2014): Микробиологија и микроорганизми за 1. предавање 2014. Универзитет у Београду, Биолошки факултет, Институт за ботанику и Ботаничка башта „Јевремовац“, Катедра за микробиологију.
9. Правилник о националној листи индикатора заштите животне средине, Сл. гласник РС, бр. 37/2011
10. Правилник о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода, Службени гласник Републике Србије, бр. 74/2011.
11. Савић Р., Белић А., Јосимов-Дунђерски Ј., Здравих М. (2012): Анализа стања квалитета вода на подручју Града Новог Сада, Пољопривредни факултет, Департман за уређење вода, Нови Сад, студија рађена за потребе Градског секретаријата за заштиту животне средине, Нови Сад.
12. Tintometer GmbH, Lovibond® Water Testing, Last visited: 15th of September, 2016. <http://www.lovibond.com/en/environment>
13. Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање, Службени гласник Републике Србије, бр. 50/2012.
14. U.S. Environmental Protection Agency – US EPA (1986): Quality Criteria for Water, [The Gold Book], Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C., EPA 440/5-86-001.
15. U.S. Environmental Protection Agency – US EPA, Water Quality Conditions, Chapter 5, Last visited: 25th of December 2013, <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms50.cfm>

16. Hager H. (1920): *Das Mikroskop und seine Anwendung*. Springer, Berlin.
17. Francis-Floyd R., Watson C., Petty D., Pouderet D. (2012): *Ammonia in Aquatic Systems*, Last visited: September 16th, 2016. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FA/FA03100.pdf>
18. Hawkes A. H. (1998): Origin and development of the Biological Monitoring Working Party (BMWP) score system. *Water Research* 32(3):964-968. DOI: 10.1016/S0043-1354(97)00275-3
19. Chapman, D. (ed.) (1996): *Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. 2nd Edition. Published on behalf of UNESCO, WHO, and UNEP. Chapman and Hall, London
20. Wesley J. (1999): *Getting Started with TMDL's*, Chapter: TMDL Parameters. Last visited: 15th of September, 2015. <http://www2.ctic.purdue.edu/KYW/tmdl/tmdlprimer/TMDLparameters.htm>
21. WHO (2011): *Guidelines for Drinking-water Quality*, 4th edition. World Health Organization Editor. Geneva, Switzerland, 541 pp.