



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

БОЈАНА ТУБИЋ

**ТЕСТИРАЊЕ РАЗЛИЧИТИХ МЕТОДА УЗОРКОВАЊА
МАКРОБЕСКИЧМЕЊАКА У ВОДЕНИМ ЕКОСИСТЕМИМА И
МОГУЋНОСТИ СТАНДАРДИЗАЦИЈЕ**

Докторска дисертација

др Момир Пауновић, ментор

Крагујевац, 2016.

<i>I Аутор</i>
Име и презиме: Бојана Тубић
Датум и место рођења: 22.01.1976. године, Смедеревска Паланка
Садашње запослење: истраживач сарадник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитет у Београду
<i>II Докторска дисертација</i>
Наслов: Тестирање различитих метода узорковања макробескичмењака у воденим екосистемима и могућности стандардизације
Број страница: 131
Број слика: 42 слике, 11 табела, 3 прилога
Број библиографских података: 146
Установа и место где је рад израђен: Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет
Научна област (УДК): Општа екологија, Биоценологија, Хидробиологија, Биогеографија (574). Природа. Изучавање и чување природе. Заштита природе и живог света (502/504)
Ментор: др Момир Пауновић , научни саветник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитет у Београду
<i>III Оцена и одбрана</i>
Датум пријаве теме: 30.06.2016
Број одлуке и датум прихватања теме докторске дисертације: IV-01-698/8, 13.07.2016. године
Комисија за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата:
<ol style="list-style-type: none"> 1. др Владица Симић, редовни професор Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Екологија, биогеографија и заштита животне средине, 2. др Ана Петровић, доцент Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Екологија, биогеографија и заштита животне средине, 3. др Наташа Поповић, научни сарадник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитета у Београду, ужа научна област: Хидрокологија и 4. др Момир Пауновић, научни саветник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитета у Београду, ужа научна област: Хидробиологија.
Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:
<hr/> <p>др Владица Симић, редовни професор Природно-математичког факултета, Универзитета у Крагујевцу. Ужа научна област: Екологија, биогеографија и заштита животне средине, председник комисије,</p> <hr/> <p>др Наташа Поповић, научни сарадник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитет у Београду. Ужа научна област: Хидрокологија,</p> <hr/> <p>др Ана Петровић, доцент Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу. Ужа научна област: Екологија, биогеографија и заштита животне средине.</p>
Датум одбране докторске дисертације:

Мојим девојчицама

Захвалница

Истраживања обављена у циљу израде ове докторске дисертације реализована су у оквиру пројеката „Еволуција у хетерогеним срединама: механизми адаптација, биомониторинг и конзервација биодиверзитета” ОИ 173025 и „Мерење и моделирање физичких, хемијских, биолошких и морфодинамичких параметара река и водних акумулација” ТР 37009 Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

У овом раду коришћени су подаци и материјал међународних пројеката: AQUATERRA - Study on river-sediment-soil-groundwater pollution interaction, modeling, monitoring tools; Учесник пројекта (EU 6th Framework Programme, No. 505428), „Заједничко испитивање Дунава 3”, Међународна комисија за заштиту реке Дунав („Joint Danube Survey 3”, ICPDR, International river expedition), „Заједничко испитивање Дунава 2”, Међународна комисија за заштиту реке Дунав („Joint Danube Survey 2”, ICPDR, International river expedition), „Процена нивоа биоконтаминације великих река Хрватске и Србије”, пројекат билатералне сарадње са Хрватском, Природословно-математички факултет Универзитета у Загребу и Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић”, Универзитет у Београду (бр. 451-03-615/2011-14/0224) и „Study of the Biological Monitoring of the Rivers and Lakes/Reservoirs in Bosnia and Herzegovina”, (RFP no: BA-PMT-QCBS/02/CS/08-BQS Water Quality Protection Project, Loan: GEF Trust Fund Grant No.055265).

Коришћени су такође подаци и материјал који су уступиле колеге са Института за биологију и екологију Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу.

Велику захвалност дугујем мом ментору *др Момиру Пауновићу*, научном саветнику Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитета у Београду, веома сам захвална на великој помоћи у свим фазама израде докторске дисертације, изузетном залагању, безрезервној подршци и указаном поверењу од самог почетка. Мокси, хвала ти до неба за све!

Др Владици Симићу, редовном професору Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, на великом поверењу које ми је указао, идејама приликом избора теме, на помоћи и подршци у свим фазама израде докторске дисертације.

Др Наташи Поповић, научном сараднику Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитета у Београду захваљујем се на свим сугестијама, предлозима и корекцијама које су знатно помогле и унапредиле изглед овог рада. Нале, много ти хвала, све је било лакше одрадити уз твоју помоћ.

Др Ани Петровић, доценту Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, изузетно сам захвална што је прихватила да буде део Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације. Анчи, уз твоју помоћ, сугестије, предлоге и корекције све је ишло много лакше.

Посебну захвалност дугујем *др Снежани Симић*, ванредном професору на Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу, на разумевању и несебичној помоћи током техничке реализације ове докторске дисертације.

Драгим колегиницама и колегама са Института за биологију и екологију Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу *Невени, Александри, Симони, Наташи, Милени, Милошу* и *Марку* велико хвала на разумевању и подршци.

Неизмерно сам захвалана колегиницама и колегама са Одељења за хидрокологију и заштиту вода ИБИСС, *Велету, Маји, Јеци Т., Кати, Ани, Божици, Маргарети, Јеци Ђ., Мари, Јеци Ч.А., Вањи, Николи* и *Стефану* на драгоцену помоћ коју су ми пружили када је било најпотребније, на великом подстицају и разумевању, на лепој сарадњи, веселој атмосфери током свих година заједничког рада, као и током израде дисертације. Другари, без вас би рад на овом докторату био много тежи. Сви сте били од велике помоћи.

Захваљујем се мом пријатељу *Жељку Васићу* на одвојеном времену и корисним саветима приликом техничког сређивања овог рада.

На крају, можда и највећу захвалност дугујем мојој породици на стрпљењу, подршци и пре свега, великој љубави коју ми пружају.

Бојана Тубић

Тестирање различитих метода узорковања макробескичмењака у воденим екосистемима и могућности стандардизације

Резиме:

Заједнице водених макробескичмењака имају особине које их сврставају у добре и поуздане показатеље промена еколошких услова који владају и сукцесивно се мењају у акватичном екосистему. Прегледом примене Оквирне директиве о водама у европским земљама, уочено је да су, у већини случајева, водени макробескичмењаци коришћени као примарни типолошки биолошки елемент, као и да су референтни услови засновани, углавном, на истраживањима поменутог групе хидробионата.

Савремена истраживања у Европи везана су за преглед и проналажење функционалних метода узорковања макробескичмењака у циљу имплементације Оквирне директиве о водама. Теренски рад је предуслов за све даље анализе заједнице макробескичмењака, те је од изузетног значаја избор ефикасних метода у односу на тип екосистема и циљ студије. Недостатак финансијских и стручних ресурса за мониторинг и примењена истраживања захтевају да се одреди ефикасна методологија за прикупљање биолошких узорака и изврши хармонизација приступа због могућности поређења података. Примењена истраживања зависе од расположивих финансијских средстава и научног циља.

У овом раду разматране су различите технике прикупљања узорака за изучавање заједница водених макробескичмењака, специфичности везане за узорковање појединих фаунистичко-еколошких група, као и потешкоће везане за истраживање типова водних тела, понаособ, на основу материјала прикупљеног са укупно 320 локалитета у периоду 2004-2016. на разноврсним типовима, пре свега, текућих вода у Србији. Део података који је разматран са циљем утврђивања ефикасности појединих метода односи се и на локалитете ван Србије – материјал са Дунава (сектор дужине 2500 km, од Регензбурга до делте Дунава), Саве (цео ток реке, у дужини од 937 km) и река Неретва и Босна са притокама (у Босни и Херцеговини).

Представљен је детаљан протокол прикупљања материјала и пратећих података, што подразумева опис методологије узорковања водених макробескичмењака, избор и карактеризацију локалитета, приказ процедуре обраде материјала, као и разматрање метода за анализе резултата.

Анализа резултата вршена је употребом програмских пакета ASTERICS 4.0.4 (AQEM Consortium, 2002) и "Statistica" верзија 7 (StatSoft, Inc., 2004). Поређење различитих метода узорковања везаних за заједницу водених макробескичмењака, као и за појединачне групе макробескичмењака у оквиру ове заједнице, уз поређење са претходним публикацијама које разматрају ову проблематику, дало је одговоре везане за стандардизацију методологије, утицај појединачних метода узорковања на резултате истраживања везане за разноврсност и просторну динамику заједнице водених макробескичмењака у различитим воденим екосистемима.

На основу добијених резултата извршена је оптимизација методологије узорковања водених бескичмењака за водене екосистеме Србије, предложена је методологија за одређени тип екосистема као и избор адекватних метода за одређени

тип истраживања, као и за специфичnu групу организама (шкољке) са посебним акцентом на велике и веома велике реке (по типологији текућих вода Србије), које представљају комплексне екосистеме.

Testing different methods for sampling macroinvertebrates in aquatic ecosystems and examination of the possibility for their standardization

Summary:

Aquatic macroinvertebrate communities possess certain characteristics which render them as reliable indicators of environmental changes in aquatic ecosystems. In the review of the application of the Water Framework Directive in European countries, it was observed that in most cases water macroinvertebrates serve as the significant typological element, and that the reference conditions are based mainly on the researched group of hydro-biota.

Current research in Europe is aimed at reviewing and establishing practical methods for sampling macroinvertebrates in order to ensure the successful implementation of the Water Framework Directive. Field work is the first step in every analysis of an macroinvertebrate community and the choice of efficient methods with regard to the type of ecosystem and goals of the study is of a great importance. Insufficient financial and technical resources for monitoring and applied research require the establishment of an effective methodology for collecting biological samples and a harmonized approach to insure data comparability. Applied research depends on the available financial resources and the scientific objective.

This paper presents different sampling techniques for the study of aquatic macroinvertebrate communities. It examines the problems encountered during sampling of specific faunistic ecological groups and different types of water bodies. The material was collected at 320 sites located primarily along different running waters in Serbia, from 2004 to 2016. To establish the efficiency of a particular method, we used data that was collected at sites outside of Serbia as follows: (i) the Danube River (a 2,500 km long sector from Regensburg to the Danube Delta); (ii) the Sava River (the entire course of the river with a length of 937 km); (iii) the rivers Neretva and Bosna in Bosnia and Herzegovina, including their tributaries.

A detailed protocol for collecting material and supporting data is presented, including description of aquatic macroinvertebrate sampling techniques, selection and characterization of the sites, reviews of procedures used for the processing of the sampled material, as well as a discussion of the methods employed for the analysis of the obtained results.

The results were analyzed with the software package ASTERICS 4.0.4 (AQEM Consortium, 2002) and "Statistica" Version 7 (StatSoft, Inc., 2004). Comparison of the different sampling methods for aquatic macroinvertebrate communities and specific groups within communities provided answers with regard to the standardization of the methodologies, the effects of the individual sampling methods on the results related to the diversity and spatial dynamics of the aquatic macroinvertebrate communities in different aquatic ecosystems.

Based on the obtained results, we optimized the aquatic macroinvertebrate sampling methodology for the aquatic ecosystems in Serbia. Also, methodologies for specific types of ecosystems and appropriate methods of selection for specific types of research are suggested, as well as methodologies best suited for a specific group of organisms (Mussels), with

emphasis on large and very large rivers (based on the National typology of running waters in Serbia) which represent complex ecosystems.

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
1.1. Преглед доступних техника прикупљања материјала за изучавање водених макробескичмењака.....	7
1.1.1. Прикупљање материјала	9
1.1.1.2. Избор одговарајућих локалитета узорковања	9
1.1.2. Процедура узорковања	11
1.1.2.1. Квалитативне методе узорковања	11
1.1.2.2. Семиквантитативне методе	13
1.1.2.3. Квантитативне технике	14
1.1.2. Стандардна методологија узорковања	20
1.1.3. Обрада материјала	23
1.1.3.1. Третман узорака	25
1.1.3.2. Идентификација и чување организама.....	25
1.1.4. Анализа података	26
1.1.4.1. Сакупљање подузорака и квантификација	26
1.1.4.2. Руковање и складиштење података	27
1.1.4.3. Избор одговарајућих мерних скала и метода процене еколошког статуса	28
2. ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА	30
3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ	32
3.1. ПОДРУЧЈЕ ИСТРАЖИВАЊА	33
3.1.1. Брдско - планинско подручје.....	33
3.1.1.1. Слив Велике Мораве	33
3.1.1.2. Слив Западне Мораве.....	34
3.1.1.3. Слив Јужне Мораве	34
3.1.1.4. Слив Нишаве.....	34
3.1.1.5. Слив Тимока	35
3.1.1.6. Слив Колубаре.....	35
3.1.1.7. Слив Дрине	36
3.1.1.8. Слив Уваца.....	36
3.1.1.9. Слив Млаве	36
3.1.1.10. Река Нера.....	37
3.1.1.11. Слив Егејског мора.....	37
3.1.2. Река Дунав.....	37
3.1.3. Река Сава	39
3.1.4. Реке Босне и Херцеговине.....	39
3.1.4.1. Река Босна	39
3.1.4.2. Река Неретва	40
3.2. Материјал.....	40
3.3. Методологија узорковања	43
3.3.1. Методологија узорковања брдско-планинских текућица.....	43
3.3.2. Методологија узорковања већих равничарских река – река Дунав.....	44

3.3.3. Методологија узорковања - JDS 2 експедиција.....	45
3.3.4. Методологија узорковања - JDS 3 експедиција	46
3.3.5. Методологија узорковања на Ђердапском сектору (акумулацији)	49
3.3.6.Методологија узорковања на реци Сави.....	49
3.3.7. Методологија узорковања на рекама Неретва и Босна са притокама.....	49
3.4. Анализа резултата.....	50
4.РЕЗУЛТАТИ	52
4.1. Поређење методологије узорковања на брдско-планинским текућицама	53
4.2. Поређење методологије узорковања на реци Дунав (<i>Aquaterra</i> експедиција)	56
4.3. Поређење методологије узорковања на реци Дунав (JDS 2 експедиција).....	61
4.4 Поређење методологије узорковања на реци Дунав (JDS 3 истраживање).....	65
4.4.1.Поређење резултата добијених анализом различитих метода узорковања током JDS 2 и JDS 3 експедиције.....	69
4.5. Поређење методологије узорковања на реци Дунав – Ђердапски сектор (акумулација)	70
4.6. Поређење методологија узорковања у периоду ниских вода на реци Дунав - Ђердапски сектор (акумулација).....	71
4.7. Поређење методологија узорковања у периоду високих вода на реци Дунав - Ђердапски сектор (акумулација).....	74
4.8. Поређење методологија узорковања на реци Сави	78
4.9. Поређење методологија узорковања на рекама Неретви и Босни са притокама...	83
4.10. Анализа броја узорака потребних за истраживање и мониторинг	88
4.11. Ефикасност метода узорковања	89
5. ДИСКУСИЈА	91
5.1. Оптимизација методологије узорковања водених бескичмењака за водене екосистеме Србије	102
6. ЗАКЉУЧЦИ.....	105
7. ЛИТЕРАТУРА	107
8. ПРИЛОЗИ.....	122

СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 1. Процена удела микростаништа на месту узорковања.....	21
Табела 2. Препоручени ниво идентификације према таксономским групама:.....	26
Табела 3. Препоручена скала релативне бројности према Csanyi, 2002.....	27
Табела 4. Резултати MW–U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих K&S метода и Sürber мрежом на брдско-планинским текућицама (црвено – статистички значајне вредности за $p<0,05$)	55
Табела 5. Резултати MW–U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих Air-lift/MHS/Multicorer и K&S/дреца - Дунав JDS 2 (црвено – статистички значајне вредности за $p<0,05$).....	63
Табела 6. Резултати MW–U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих K&S методом и дрецом - Дунав JDS 3 (црвено – статистички значајне вредности за $p<0,05$).....	68
Табела 7. Резултати MW–U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих K&S методом и Van Veen багером у периоду ниских вода (Дунав – „Ђердап”) (црвено – статистички значајне вредности за $p<0,05$).....	73
Табела 8. Резултати MW–U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих K&S методом и Van Veen багером у периоду високих вода (Дунав – „Ђердап”) (црвено – статистички значајне вредности за $p<0,05$).....	76
Табела 9. Резултати MW–U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих K&S методом са природне и вештачке подлоге на реци Сави (црвено – статистички значајне вредности за $p<0,05$)	81
Табела 10. Резултати MW–U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих AQEM и K&S методама на рекама Неретва и Босна са притокама (црвено – статистички значајне вредности за $p<0,05$).....	86
Табела 11. Ефикасност прикупљања узорака код две тестиране методе узорковања	89

СПИСАК СЛИКА

Слика 1. Типови ручних бентолошких мрежа	11
Слика 2. Бентолошка дреца	12
Слика 3. Сита различитих промера окаца	13
Слика 4. а) <i>Sürber</i> мрежа б) <i>Hesse</i> мрежа	14
Слика 5. Типови бентолошких багера: а) <i>Van Veen</i> , б) <i>Eckman</i> в) <i>Peterson</i>	16
Слика 6. а) <i>Core</i> узорковач б) <i>multiple core</i> узорковач	18
Слика 7. <i>Air lift</i> узорковач, преузето и прилагођено према <i>Rehofer</i> , 1998.	19
Слика 8. Узорковање хидрауличним <i>polyp</i> багером са истраживачког брода <i>Аргус</i>	20
Слика 9. Пример одређивања микростаништа у теоријском истраживању локалитета према <i>MHS</i> методи.....	22
Слика 10. Опрема за одређивање подзорка - <i>Sub-sampler</i>	24
Слика 11. Пример узимања подзорака са свих доступних станишта са једног локалитета.....	47
Слика 12. Различити типови супстрата узорковани дрецом током <i>JDS 3</i> истраживања	48
Слика 13. Приказ просечног броја таксона унутар група макробескичмењака прикупљених <i>K&S</i> методом и <i>Sürber</i> мрежом.....	53
Слика 14. Просечан број индивида унутар група макробескичмењака прикупљених <i>K&S</i> методом и <i>Sürber</i> мрежом	54
Слика 15. Број таксона унутар група макробескичмењака прикупљених <i>K&S</i> методом, дрецом и хидрауличним <i>polyp</i> багером (<i>ADS 1-2</i>).....	57
Слика 16. Број индивида унутар група макробескичмењака прикупљених <i>K&S</i> методом, дрецом и хидрауличним <i>polyp</i> багером (<i>ADS 1-2</i>).....	57
Слика 17. Број таксона унутар група макробескичмењака прикупљених <i>K&S</i> методом и хидрауличним <i>polyp</i> багером (<i>ADS 1-18</i>)	58
Слика 18. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним <i>K&S</i> методом и хидрауличним <i>polyp</i> багером (<i>ADS 1-18</i>)	59
Слика 19. Број индивида унутар најзаступљенијих група макробескичмењака прикупљених <i>K&S</i> методом и хидрауличним <i>polyp</i> багером (<i>ADS 1-18</i>).....	60
Слика 20. Број таксона унутар инсекатских група макробескичмењака прикупљених <i>K&S</i> методом и хидрауличним <i>polyp</i> багером (<i>ADS 1-18</i>)	60

Слика 21. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним К&S/дреца и <i>Air-lift/MHS/Multicorer</i> методама (JDS 2).....	61
Слика 22. Број таксона унутар најзаступљенијих група макробескичмењака прикупљених К&S/дреца и <i>Air-lift/MHS/Multicorer</i> методама (JDS 2).....	62
Слика 23. Број индивидуа унутар најзаступљенијих група макробескичмењака прикупљених К&S/дреца и <i>Air-lift/MHS/Multicorer</i> методама (JDS 2).....	63
Слика 24. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним К&S методом и дрецом.....	66
(JDS 3).....	66
Слика 25. Број таксона унутар најзаступљенијих група макробескичмењака прикупљених К&S методом и дрецом (JDS 3).....	66
Слика 26. Укупан број индивидуа у узорцима прикупљеним К&S методом и дрецом (JDS 3).....	67
Слика 27. Број индивидуа унутар најзаступљенијих група макробескичмењака прикупљених К&S методом и дрецом (JDS 3).....	67
Слика 28. Приказ поређења резултата добијених различитим методама узорковања током JDS2 и JDS 3 истраживања	70
Слика 29. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним К&S методом и <i>Van Veen</i> багером у периоду ниских вода (Дунав – Ђердап)	71
Слика 30. Број таксона унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним К&S методом и <i>Van Veen</i> багером у периоду ниских вода (Дунав – Ђердап).....	72
Слика 31. Број индивидуа унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним К&S методом и <i>Van Veen</i> багером у периоду ниских вода (Дунав – „Ђердап”)	72
Слика 32. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним К&S методом и <i>Van Veen</i> багером у периоду високих вода (Дунав – „Ђердап”).....	75
Слика 33. Број таксона унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним К&S методом и <i>Van Veen</i> багером у периоду високих вода (Дунав – „Ђердап”).....	75
Слика 34. Број индивидуа унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним К&S методом и <i>Van Veen</i> багером у периоду високих вода (Дунав – „Ђердап”).....	76
Слика 35. Укупан број таксона унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним К&S методом и <i>Van Veen</i> багером у периоду ниских и високих вода (Дунав – „Ђердап”)	78
Слика 36. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним К&S методом на природној и вештачкој подлози (Сава).....	79

Слика 37. Број таксона унутар најбројнијих група макробескичмењака у узорцима прикупљеним K&S методом на природној и вештачкој подлози (Сава).....	80
Слика 38. Број индивидуа унутар најбројнијих група макробескичмењака у узорцима прикупљеним K&S методом на природној и вештачкој подлози (Сава).....	80
Слика 39. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним K&S и AQEM методама (Неретва и Босна са притокама).....	84
Слика 40. Број таксона унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним K&S и AQEM методама (Неретва и Босна са притокама)	85
Слика 41. Број индивидуа унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним K&S и AQEM методама (Неретва и Босна са притокама)	86
Слика 42. Приказ кумулативног броја врста идентификованих у односу на број прикупљених узорака у горњем Дунаву	88

СПИСАК ПРИЛОГА

Прилог 1. Пример протокола за попуњавање на терену (JDS 2).....	123
Прилог 2. Списак литературе оја се користи за идентификацију водених бескичмењака у Одељењу за хидроекологију и заштиту вода (ИБИСС).....	127
Прилог 3. Локалитети узорковања у оквиру истраживаних водотокова, у периоду 2004-2016. Година.....	131

1. УВОД

Водени макробескичмењаци, су организми који, бар у једном делу животног циклуса, насељавају водене екосистеме (дно, детритус, макрофите, филаментозне алге) и који се могу захватити мрежом величине окца $\geq 200 \mu\text{m}$ (Rosenberg и Resh, 1993). Често се ова група организама поистовећује са макрозообентосом, међутим, термин водени макробескичмењаци тачније описује ову еколошку групу од термина макрозообентос, макрозообентон и фауна дна (Рауповић, 2007а), те ће у овом раду бити коришћен термин водени макробескичмењаци. Сматра се да су називи макрозообентос, макрозообентон, односно фауна дна, термини који се односе на организме који насељавају дно водених екосистема, док термин водени макробескичмењаци описује све бескичмењаке који насељавају водени екосистем, без обзира на микростаниште за које су везани, што подразумева и неустон (организме који насељавају површину воде), бентос (организме који насељавају дно) и епифлорал (организме који насељавају субмерзну вегетацију).

Водени макробескичмењаци обухватају више фаунистичко-еколошких група организама различитих форми, од којих су најчешће: Insecta - Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Odonata, Coleoptera, Diptera, Heteroptera, Megaloptera и Neuroptera; Annelida - Oligochaeta, Hirudinea и Polychaeta; Mollusca - Bivalvia и Gastropoda; Platyhelminthes - Turbellaria; Crustacea - Isopoda, Mysida, Amphipoda и Decapoda као и неке мање честе и абундантне групе - Nematoda, Hydracarina, Collembola, Porifera.

Распрострањеност макробескичмењака у рекама одликује се релативно правилним променама квалитативног сатава заједнице и њене биомасе, а карактер тих промена разликује се од типа реке и еколошких прилика у самом екосистему (Simić и Simić, 2009).

Сам извор текућица, креон, сматра се посебном целином. Одликује се стабилношћу већине еколошких фактора. Заједница макробескичмењака извора састављена је од оксифилних и хладностенотермних представника (Simić и Simić, 2009). Детаљан преглед заједнице макробескичмењака у изворима Србије даје Marković (1998). На основу обимних истраживања макробескичмењака извора и изворишних делова текућица Србије, Marković (1998) закључује да се велики број испитиваних станишта одликује специфичним заједницама. Исти аутор истиче већу међусобну сличност кречњачких врела у односу на изворе са другим типовима геолошке подлоге. Његов закључак је да структура макробескичмењака испитиваних изворских екосистема највише зависи од типа супстрата, температуре воде и количине раствореног кисеоника.

Подручје ритрона насељено је углавном реофилним животињским формама макробескичмењака. Горње делове речних токова насељавају пре свега ларве различитих врста инсеката. На већим надморским висинама поред ларви инсеката, среће се и велики број представника амфиподних ракова, који преферирају реке са већим садржајем кречњака. Marković и сар. (1997) се баве питањем разлика изворске и поточне фауне макробескичмењака на територији Србије и разматрају факторе који утичу на трансформацију типа ове заједнице, што пружа драгоцене податке за типологију текућих вода. У средњим и доњим деловима ритрона такође су најбројније ларве инсеката, али се могу уочити и представници других група као што су Turbellaria, Gastropoda, Crustacea, Oligochaeta (Simić и Simić, 2009). Већина поменутих група организама прилагођена је на велику брзину воде, камениту подлогу, релативно ниску температуру и високу концентрацију кисеоника. Морфолошке, анатомске и физиолошке адаптације представника макробескичмењака на поменуте еколошке услове су специфичне, а нарочито се истичу адаптације које омогућавају опстанак у јакој струји воде. Тело неких организама је дорзовентрално спљоштено, а на рубовима често проширено, због приснијег контакта са подлогом (нпр. Plecoptera и Ephemeroptera). Осим тога, неке врсте луче слуз (Turbellaria) која им помаже у приљубљивању за подлогу. Код неких врста макробескичмењака јавља се разлика у величини плоча за приљубљивање за подлогу у односу на остали део тела (*Lyntaea* sp., *Ancylus fluviatilis*). Врсте које живе у најјачој струји воде поседују делове тела или посебне органе за качење и/или причвршћивање за подлогу или биљке и тиме се штите од одношења (Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, Coleoptera). Неке врсте ларви Trichoptera изграђују кућице од различитог материјала, а неке излучују посебну лепљиву материју којом кућицу причвршћују за подлогу. Поједини представници макробескичмењака се од брзих водених струја штите пасивно, користећи камење као заклон.

Брзина струјања воде утиче и на низ адаптација везаних за исхрану макробескичмењака који живе у таквим условима. На основу типа хране коју конзумирају, грађе усног апарата и понашања при храњењу можемо разликовати неколико функционалних типова исхране (кидачи, сакупљачи, стругачи и предатори). Одређивање функционалних типова исхране је добар индикатор квалитета копнених вода (Compin и Cereghino, 2007). Врсте макробескичмењака које грицкају или кидају обраштај имају добро развијен усни апарат. Код других представника су усни апарат и први пар екстремитета снабдевени длачицама и прилагођени су за стругање и

филтрирање хранљивих честица, или су прилагођени за активно хватање плена. Код слабо покретљивих, и представника причвршћених за подлогу постоје посебно развијени органи у виду финих разгранатих продужетака на екстремитетима и/или антенама који задржавају хранљиве честице које носи вода, док неке изграђују мреже за лов (ларве Trichoptera).

Еколошки услови у рекама потамонског типа (смањена брзина воде, мекано дно, нижа концентрација кисеоника, изражена колебања температуре воде и количине кисеоника) одражавају се на присуство другачијих форми макробескичмењака, са другачијим адаптацијама у односу на ритронске форме (Simić и Simić, 2009). Тип подлоге, као што је муљ, песак, наслаге финог детритуса, условљавају доминацију црволиких форми из групе Oligochaeta (Tubificidae) и ларви Chironomidae (Diptera). Квалитативни састав ове заједнице условљен је количином хране и кисеоника. Представници црвених Chironomidae (Diptera) мањак кисеоника надокнађују поседовањем посебне врсте хемоглобина у крвном ткиву, који им омогућава ефикасније везивање и искоришћавање мале количине кисеоника. Представници других група као што су Ephemeroptera, Odonata, Amphipoda и Gastropoda срећу се на местима јачег струјања воде, каменитој и шљунковитој подлози. Каменито-песковиту и песковито-муљевиту подлогу насељавају представници Bivalvia (Unionida) и Gastropoda из родова *Theodoxus*, *Lithoglyphus*, *Bythinia*. Станишта богата детритусом, која су често обрасла макровегетацијом, карактеришу се присуством Amphipoda, Hydracarina, Oligochaeta, Gastropoda (*Viviparus* sp., *Lymnaea* sp., *Planorbis* sp.), Hirudinea, ларви Trichoptera и Odonata. Представници Ephemeroptera и Odonata имају добро развијене и разгранате шкрге за усвајање кисеоника. Због смањене брзине воде таложе се велике количине седимента те многи претставници имају развијене адаптације које их штите од засипања овим честицама.

Проучавање макроинвертебрата једна је од централних тема хидрокологије (Allan, 1995). Према Wallace и Webster (1996) макроинвертебрате представљају значајне карике у ланцу исхране, као и извор хране за многе врсте риба. Могу имати значајан утицај на кружење нутријената, примарну продукцију, декомпозицију и транслокацију материја.

Заједнице водених макроинвертебрата имају особине које их сврставају у добре и поуздане показатеље промена еколошких услова који владају и сукцесивно се мењају у акватичном екосистему. За разлику од хемијских параметара квалитета воде који

представљају показатеље тренутног стања у екосистему, ове заједнице својом структуром показују тренд промена.

Мерење физичких и хемијских параметара воде даје слику о тренутном загађењу, али оно мора бити комбиновано са биомониторингом, јер живи свет акватичних екосистема одсликава кумулативно и истовремено дејство свих еколошких фактора, чије промене некада нису довољне јачине и учесталости да би могле бити регистроване методама аналитичке хемије.

Заједнице акватичних макроинвертебрата су најчешће коришћене у биомониторинг програмима (Rosenberg и Resh, 1993), иако су историјски гледано, прве биолошке процене квалитета вода биле засноване на планктонској заједници као индикатору (углавном у оквиру сапробних система). Таква пракса одржала се најдуже у земљама централне Европе. Осим макроинвертебрата и планктонских заједница, организми који се данас, мање или више успешно, користе у оквиру биолошких мониторинга су: макрофите, фитобентос, перифитонске заједнице и ихтиофауна. Како Rosenberg и Resh (1993) наводе за ово постоје два разлога, и то су - биолошке карактеристике група/врста и практични (технички) разлози.

Од биолошких карактеристика могу се издвојити: слаба покретљивост већине организама, дуг животни циклус у поређењу са другим групама водених организама, осетљивост великог броја таксона на факторе средине, широко распрострањење ове групе хидробионата као и сразмерно велики број врста акватичних макроинвертебрата. У основи, слаба покретљивост ових организама омогућава анализу утицаја фактора средине и стреса, у простору, док релативно дугачак животни циклус обезбеђује испитивање промена које, као последица промена у окружењу, настају у времену. Квалитативно богатство водених макробескичмењака омогућава праћење спектра одговора на утицај средине, док широка распрострањеност и еуривалентност појединих организама дозвољава анализу утицаја фактора окружења у простору – омогућава анализу у различитим типовима акватичних екосистема и стаништима у оквиру њих.

Практични (технички) разлози, који подржавају тренд интензивног коришћења макроинвертебрата у примењеној хидробиологији су методолошке природе. Прикупљање узорак врши се коришћењем једноставне, релативно јефтине опреме. Таксономија већине група добро је проучена, а кључеви за детерминацију су, у већини случајева, бројни и доступни (Рауповић, 2007а). Методе у којима се водени бескичмењаци користе у истраживању унапређују се и имају висок степен поузданости.

Одговори појединих организама на факторе средине, као што су тип и интензитет стреса, су специфични и прецизно дефинисани у појединим случајевима.

Тешкоће које се јављају приликом истраживања водених макроинвертебрата везане су за сложену и дуготрајну детерминацију појединих таксона; постоји потреба за релативно великим бројем проба; резултати могу бити непоуздани услед комбинованог деловања притисака; карактеристичан склоп еколошких услова на дну и у доњим слојевима водених екосистема може се битно разликовати од услова у слободној води - утицај карактеристика подлоге је доминантан; велики је број микростаништа која се битно разликују у карактеристичном саставу заједница и отпорности на загађење. Док се физички и хемијски параметри могу изразити као апсолутне вредности, то је често није могуће са биолошким подацима (Guhl, 1987).

Оквирна директива о водама – ОДВ, Европске Уније (WFD 2000/60/EC) прописује оквире у области уређења и праћења квалитета воде, уважавањем принципа одрживог развоја и интегралног управљања водама, са циљем да се постигне добар статус свих водних тела на територији ЕУ у року од 15 година (до 2015. године). Анекс V посебно истиче следеће биолошке параметре за класификацију еколошког статуса река: састав и богатство водене флоре, састав и богатство фауне водених макробескичмењака и састав, богатство и старост фауне риба. Као општи физичко-хемијски елементи који прате биолошке елементе наводе се: температура, кисеонични режим, салинитет, концентрација нутријената и рН вредност. Трећа група параметара еколошког статуса обухвата хидроморфолошке елементе, односно параметре који одражавају ниво физичке деградације воденог екосистема, укључујући корито, обале и ободни појас и плавну зону. На основу биолошког, физичко-хемијског и мониторинга хидроморфолошког стања, површинске воде је могуће окарактерисати неким од следећих еколошких статуса/потенцијала: одличан (I), добар (II), умерен (III), слаб (IV) и лош (V) статус/потенцијал (Službeni glasnik, 2011).

Прегледом стања примене ОДВ у европским земљама, при чему је акценат стављен на подунавске државе, уочено је да су, у већини случајева, водени макробескичмењаци коришћени као примарни типолошки биолошки елемент, као и да су референтни услови засновани, углавном, на истраживањима поменуте групе хидробионата.

Основни циљ ОДВ је постизање доброг статуса површинских водних тела што означава добар еколошки и добар хемијски статус. За дефинисање еколошког статуса, неопходно је одредити услове и границе класа за све изабране елементе биолошког

квалитета, али да оне такође подржавају физичко-хемијске, хемијске и хидроморфолошке елементе. Неопходно је прикупити детаљне информације о елементима биолошког квалитета и пратећим елементима да би се проценио еколошки статус, пружили подаци о природним/референтним условима, неизмењеним или приближно неизмењеним условима, као и подаци о различитом степену њихових промена, како би се указало на значај антропогеног утицаја. Претходно поменуте информације се могу обезбедити једино детаљним и добро припремљеним планом мониторинга.

Програм мониторинга треба да садржи важне тип специфичне биолошке елементе квалитета и остале пратеће елементе као што су методе узорковања, анализе и процене статуса. Елементи биолошког квалитета дефинисани су саставом таксона, саставом и бројношћу врста и морају реаговати на важне притиске/стресоре. Све ове карактеристике трансформисане су у форму параметара/индекса. На основу параметара за процену еколошког статуса, у различитим европским земљама, користи се мултипараметарски приступ, или анализа појединачних параметара.

Тип-специфична процена еколошког статуса заснива се на одређеним параметрима који се тичу референтних, неизмењених структура заједница (WFD 2000/60/ЕС). Најважнији захтев за тачно дефинисање оваквих услова је поседовање података који се односе на оне локалитете, у сваком типу водног тела, у којима одсуствује антропогени утицај, или је он минималан. Процена треба истовремено да буде тип-специфична и стресор-специфична.

1.1. Преглед доступних техника прикупљања материјала за изучавање водених макробескичмењака

Историја модерног биомониторинга почиње у Европи у двадесетом веку, у време интензивног развоја примењене биологије, када су постале доступне ефикасне и добро осмишљене методе биолошке оцене квалитета животне средине. То је, уједно, и период интензивног негативног дејства људске популације на природне екосистеме.

Концепт биолошких индикатора потиче од Kolkwitz и Marssona (1908, 1909) који су развили идеју сапробности (степен загађења) у рекама као меру степена контаминације органским материјама (првенствено отпадним водама) и смањење раствореног кисеоника. Сапробни систем проширен је и ревидиран више пута од стране

европских научника (Kolchwitz, 1950; Liebmann, 1951, 1962; Fjordingstad, 1965; Sladecsek, 1965, 1973; Bick, 1971; Foissner, 1988).

На ову тему надовезује се и проблематика начина узорковања водених макробескичмењака, о којој су дискутовали многи аутори још 60-их и 70-их година прошлог века (Macan, 1958; Cummins, 1962; Mundie, 1971; Hynes, 1971; Mason, 1976; Merritt и сар., 1978; Resh, 1979; Waters и Resh, 1979).

Савремена истраживања у Европи везана су за преглед и проналажење функционалних метода узорковања макробескичмењака, а у циљу примене ОДВ. Ефикасност узорковања макробескичмењака и стандардизација методологије интензивно је проучавана (De Pauw и сар., 1986; Resh и McElravy 1993; Resh и сар. 1995; Buffagni 2001; Davies и Tsomides, 2002; García-Criado и Trigal 2005; Birk и сар. 2012a), али ипак ово питање остаје отворено, нарочито у погледу неких типова водних тела - велике равничарске реке (Graf и сар., 2015). Birk и сар. (2012b) дају предлог више начина за процену квалитета површинских вода на територији Европе, као и преглед биолошких метода које се тренутно користе.

Због разноврсности водених екосистема и динамике популација различитих организама у њима (дневне, сезонске, просторне), понекад је веома тешко прикупити поуздане податке потребне за праћење и истраживање поменутих екосистема, нарочито великих река.

У зависности од тога да ли је циљ студије праћење квалитета воде и еколошког статуса, или истраживање, односно анализа диверзитета и/или функционалности екосистема, постоје различити приступи узорковању и прикупљању додатних података (подаци о локалитетима узорковања, пратећи физичко-хемијски параметри и оцена хидроморфолошког статуса локалитета узорковања и сектора истраживања). Треба напоменути да ограничени ресурси за мониторинг и примењена истраживања (недостатак финансијских и стручних ресурса) захтевају да се одреди ефикасна методологија за прикупљање биолошких узорака. Примењена истраживања зависе од расположивих финансијских средстава и научног циља.

Протоколи за прикупљање података који „подржавају“ биолошке елементе квалитета/статуса, нису стандардизовани и потребно је увести хармонизован приступ, због могућности поређења података.

Коришћење макробескичмењака у биолошком мониторингу обухвата следеће кораке:

1. Прикупљање материјала:

- избор одговарајућих локалитета узорковања,
- процедура узорковања,

2. Обрада материјала:

- третман узорака,
- идентификација и чување организама,

3. Анализа резултата:

- унос података,
- методе процене еколошког статуса.

1.1.1. Прикупљање материјала

1.1.1.2. Избор одговарајућих локалитета узорковања

Место узорковања дефинише се тек након обиласка терена. Само се на лицу места може проценити да ли је неко место узорковања репрезентативно за део водног тела које треба испитати, тј. да ли представља општи квалитет водног тела. Узорковање у близини специфичних техничких објеката (мостова, преграда, обалоутврда, брана) треба избегавати, уколико другачије није дефинисано у циљевима истраживања. Ови објекти утичу на промене услова подлоге и брзину тока, што може имати за последицу измењен састав заједнице макробескичмењака, који није репрезентативан за дато водно тело. Узорковањем на једном месту, нарочито код већих текућих вода, не могу се добити потпуне информације о својствима целокупног тока, тако да је неопходно одредити неколико тачака узорковања узводно од ушћа (минимум три - извор, средњи део тока, ушће). Узорци не би требало да се узимају за време, или непосредно после поплава, већ четири до шест недеља након тога, као и за време или непосредно после суше.

Након избора локалитета требало би документовати места узорковања фотографисањем и текстуалним описом у теренском дневнику, као и одређивањем координата помоћу *GPS* уређаја. Неопходно је припремити опрему за узорковање, калибрисати уређаје за мерење температуре, кисеоника, рН вредности и проводљивости, припремити хемикалије за конзервирање узорака и расхладну технику

за њихов транспорт, одабрати посуде за узорке према материјалу који се узоркује и трајно их обележити.

Записник треба водити за свако узорковање. Поред датума и времена узорковања, у теренски дневник треба забележити сва запажања током узорковања, као и резултате мерења свих параметара. Услови и појаве које могу бити значајне за каснију интерпретацију резултата, као нпр. временски услови, супстрат, морају се такође унети у записник. Сврсисходно је да записник буде допуњен фотографијама локалитета.

Још један од услова за успешан рад на терену је коришћење ефикасног и прецизног протокола који садржи четири радне стране за попуњавање података (прилог 1), у који се уписују подаци о локалитету и процедури узорковања. Употреба протокола омогућава добијање упоредивих података са различитих локалитета од стране различитих тимова.

Адекватно обележавање веома је важан део узорковања. Препоручује се обележавање са спољашње стране амбалаже, као и убацивање папирне ознаке у узорак. Обележавање може да се обави на лицу места помоћу перманентног маркера, или на папирним етикетама. Ако се обележава на папирној етикети, препоручује се да се покрије провидном траком. Ознаке које иду у сам узорак се пишу графитном оловком на папиру високог квалитета.

Етикета треба да садржи основне информације о узорку као што су:

- Датум,
- Име реке,
- Име локалитета,
- Број узорка/локалитета.

Ефикасно и стандардизовано прикупљање биолошког материјала неопходно је за добијање репрезентативних узорака, што обезбеђује поредивост података и квалитетан систем процене статуса/потенцијала. Узимање узорка представља кључни корак приликом спровођења истраживања. Треба истаћи да су други кораци у мониторингу дискутабилни без примене адекватне процедуре узорковања.

Издавају се три основне групе метода узорковања:

- Квалитативне,
- Семиквантитативне,
- Квантитативне.

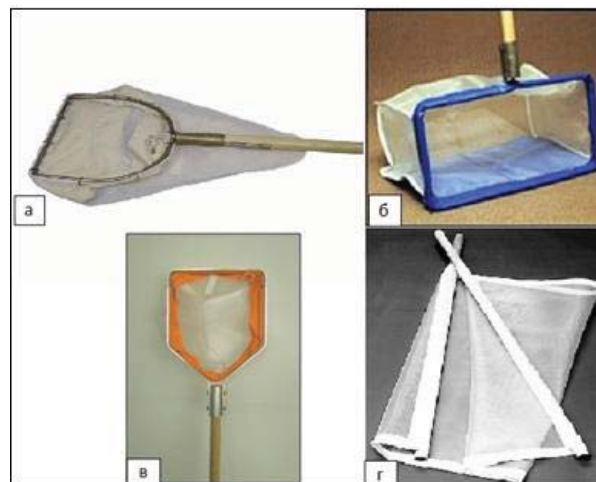
1.1.2. Процедура узорковања

1.1.2.1. Квалитативне методе узорковања

Квалитативним методама прикупљају се узорци са супстрата чија површина није дефинисана. Обрадом ових узорака добијају се подаци о квалитативном саставу заједнице - броју присутних врста и донекле о њиховом бројном односу у узорку.

За прикупљање квалитативних узорака користе се:

Ручне бентолошке мреже: мрежа облика слова Д - енгл. *D frame net* (димензија 30x30 cm), четвороугаона мрежа (димензија 30x50 cm), британска ручна мрежа (енгл. *British FBA pond net*) и *kick-net* мреже (димензија 1x1m) (слика 1),



Слика 1. Типови ручних бентолошких мрежа а) мрежа облика слова Д б) четвороугаона мрежа в) британска ручна мрежа г) kick-net мрежа.

Узорковање ручном мрежом почиње на низводном крају сектора и наставља се узводно. Приликом узорковања, мрежу треба држати управно на ток струје, низводно од стопала. Подизање материјала са подлоге врши се жустрим покретима ногу, забацивањем ногу уназад или ротирајућим покретима пете чизмама да би се фауна ослободила из супстрата слоја дебљине 10-15 cm и сакупила у мрежу која је оријентисана у правцу воденог тока. Крупнији материјал (веће камење, облаци, остаци биљака и др.) се пре одстрањивања из мреже мора испрати, како би се одвојили прилепљени организми. Површину меког седимента и fine органске материје треба узорковати лаганим повлачењем ручне мреже кроз површину 2-5 cm супстрата. За узорковање седимента у спором току, супстрат се може подићи стварањем струје покретима руку. Максимална дубина узоркованог дна је 15 cm у случају већег камења и неколико cm у случају дна са финим материјалом.

Бентолошке дреце: узимање узорака дрецом пружа информације о дистрибуцији организама дуж попречног пресека речног корита у дубљим деловима реке.

Дреца се састоји од металног, троугластог, назубљеног оквира на који се надовезује мрежа промера окаца 500 μ m (слика 2). Узорковање дрецом обавља се уз помоћ моторог чамца.



Слика 2. Бентолошка дреца (преузето и прилагођено према www.icpdr.org/main/activities-projects/jds3).

Повлачење дреце врши се узводно. Прва 2 m канапа за повлачења су од тешког гвозденог ланца, како би се обезбедио хоризонталан положај и сталан контакт отвора дреце са дном. Треба се трудити да се угао конопца одржи на мање од 25° у току

узорковања, јер се овако оријентисаном дрецом најефикасније прикупља материјал са дна.

Узоркован материјал се одлаже у канте. Обично се сакупи по 10 литара материјала. Теоретски, подаци добијени узорковањем дрецом се могу сматрати семи-квантитативним: троугласти метални оквир дреце дебљине 5m и ширине 25 cm обезбедиће узорак запремине 10 литара ако се дрца вуче око 80cm по дну реке. Ова површина ($25 \times 80 \text{ cm}^2$) представља $0,2 \text{ m}^2$. Појединчни узорак помножен са пет даје број индивидуа по метру квадратном. Узорковање се врши на дубинама већим од 1,5 m.

Сита различитих промера окаца (100 μm , 250 μm , 500 μm , 950 μm) при чему се узорковање врши директним прикупљањем материјала у сита (слика 3).



Слика 3. Сита различитих промера окаца (преузето и прилагођено према <https://encryptedtbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT8nWFei9KwVVJ4mN8DnbfJNm2jHmw0IvUXHFtIsSp5n4AiHrhmqQ>).

1.1.2.2. Семиквантитативне методе

Семиквантитативне методе подразумевају коришћење исте опреме као и за квалитативно узорковање, с тим што се врши стандардизација прикупљања података и то:

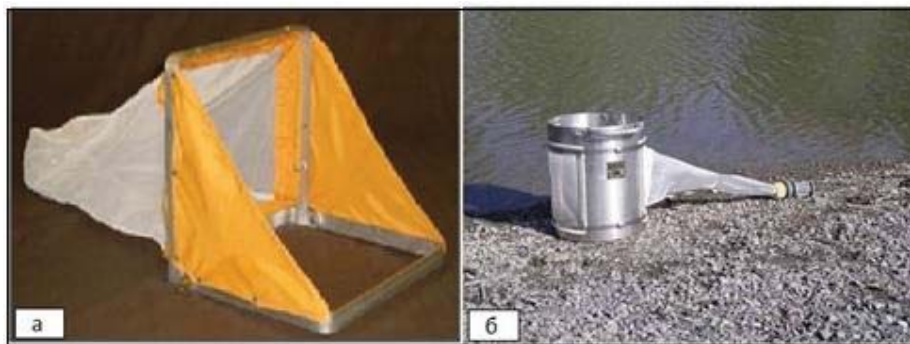
- дефинисањем временског интервала узорковања,
- дефинисањем дужине трансекта,
- коришћењем истог “напора узорковања” (енгл. *the same “sampling effort”*).

1.1.2.3. Квантитативне технике

Квантитативне технике подразумевају прикупљање узорака са дефинисане површине, тако да резултати могу бити изражени као број индивидуа или биомаса по јединици запремине или површине. За прикупљање квантитативних узорака користи се неколико типова алата:

Мреже:

- *Sürber* мрежа: мала - димензије 300 cm^2 (фактор за прерачунавање на m^2 је 33,33) и велика - димензије 1000 cm^2 (фактор за прерачунавање на m^2 је 10) (слика 4),
- *Hesse* мрежа - слична као *Sürber*, може бити различитих димензија, од *Sürber* мреже се разликује по томе што има додатак на раму који спречава улазак организама донесених воденом струјом у мрежу (слика 4),



Слика 4. а) *Sürber* мрежа б) *Hesse* мрежа (преузето и прилагођено према

http://www.coleparmer.com/Product/Wildco_Hess_Stream_Bottom_Sampler_500_um_EPA_Net/EW-05491-24).

Sürber мрежа се користи за узорковање водених макробескичмењака у плитким, текућим водама. Вода која тече носи организме у мрежу, због тога су за овај узорковач неопходне специфична дубина и брзина воде да би се узорковање обавило правилно. Узорковачи различитих величина специфични су за одређене услове (мреже већих димензија могу да се користе у дубљим областима, док мреже мањих димензија понекад боље функционишу у плитким токовима са малом брзином воде). *Sürber* мрежа се поставља на местима где је дубина тока једнака или нижа од самог узорковача, а брзина воде таква да организме носи у мрежу. База узорковача се зарађана у подлогу

да би сви организми који су се нашли унутар оквира узорковача били прикупљени у мрежу и узорак био репрезентативан за дату површину оквира (слика 4). Прво се са већег камења, уколико се нађе унутар рама узорковача, ручно, пинцетом или четкицом скидају организми и убацују у мрежу (најефикасније је то радити унутар мреже узорковача). Након одстрањивања крупнијег камења, подручије унутар оквира са ситнијим супстратом помера се рукама или неким алатом. Овако узет узорак обезбеђује податке о квантитативном саставу заједнице множењем добијене бројности у узорку горе наведеним коефицијентом.

Стајаће воде не узоркују се овом врстом узорковача. Такође, врло плитки, споро текући делови потока (често се налазе у изворишним деловима река) не би требало узорковати овим узорковачем. Алтернативна квантитативна метода за узорковање поменутих типова вода је *Hesse* мрежа (Merritt и сар., 1996).

Подручја са крупнијим супстратом захтевају или веће *Sürber* мреже или друге методе узорковања.

Бентолошки багери, од којих су најпознатији:

- *Van Veen* - захватна површина 270 cm^2 (фактор за прерачунавање на m^2 је 37) (слика 5а),
- *Eckman* - захватна површина 225 cm^2 (фактор за прерачунавање на m^2 је 44,44) (слика 5б),
- *Peterson* - захватна површина 400 cm^2 (фактор за прерачунавање на m^2 је 25) (слика 5в).



Слика 5. Типови бентолошких багера: а) *Van Veen*, б) *Eckman* (преузето

<http://www.dynamicaqua.com/samplingequipment.html#bottom>)

в) *Peterson* (преузето <http://www.geneq.com/en/environment/water/sampling-205/peterson-grab.html>).

Сви типови багера (слика 5) функционишу на исти начин. Пре спуштања у воду „виле“ багера се отворе и фиксирају. Багер, везан за кабл/конопац, спушта се полако у воду да се спречи прерано затварање (тешко је спуштати багер са чамца/брода у покрету јер је вода тада узбуркана). Остаци седимента на спољној страни затвореног и празаног багера указују да је багер затворен прерано.

Постоје прорези у „виле“, тако да ваздух и вода могу да прођу док се багер спушта дуж воденог стуба. Чим багер дотакне дно, вода и ваздух се кроз прорезе ослободе. Када се багер повуче канапом, шипке уз помоћ ефекта полуге аутоматски затворе „виле“. Количина узорка углавном зависи од структуре подлоге.

Тежи багер узима већи узорак. Због тога су одређене верзије багера појачане тежовима. Кабл има тежину да би смањило одступање од вертикалног спуштања у водама са јачим воденим струјама.

Препоручује се узимање најмање 5 узорака са сваког локалитета и на основу прикупљеног материјала врши се анализа заједнице. Ово је посебно важно ако је на локалитету структура поллоге различита.

Упркос великој сили затварања, камен или други већи објекти могу да спрече потпуно затварање „виле“. У таквим случајевима узорак није репрезентативан. У овом случају мање компоненте узорка биће изгубљене док се багер вади из воде.

Садржај багера се убацује у кофу а редукција садржаја узорка врши се цеђењем кроз сита промера окаца 100 μ или 500 μ m. За свако наредно узорковање багер треба испразнити и очистити.

Van Veen багер се првенствено користи за узорковање морског дна али је адаптиран и за слатководне екосистеме. Њиме се могу узорковати супстрати као што су песак, шљунак, муљ и глина. Урања у подлогу до дубине 5-7 cm. Предности овог узорковача је што се вилице добро затварају и постоји могућност узорковања са различитих типова супстрата. Недостатак је што је тежак и захтева велики чамац са јаком дизалицом.

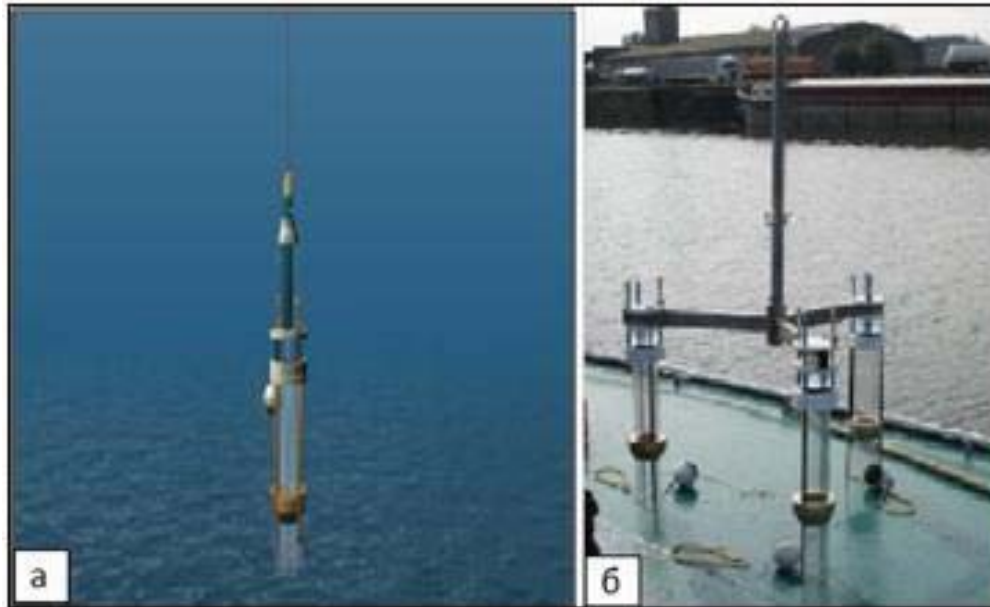
Eckman багер служи за прикупљање узорака из река, језера и акумулација које се одликују слабијим протоком и меканим седимент, као што су нечистоће и муљ. Овај узорковач је ефикасан само на меканом седименту али додатком тежине може дубље да продре у фини песак. Са њим се лако рукује без дизалице. Може се гурнути у супстрат у плићим водама, а врата са шаркама на врху спречавају испирање.

Опрема која се монтира на брод

Peterson багер служи за узорковање у рекама, језерима и акумулацијама са песковитим дном, шљунком и глином. Стандардни багер је тежак и захтева чамац са дизалицом. Ако се сувише брзо спусти на дно „вилице” се затворе прерано, тако да се дубље укопани организми не захвате, вилице се често лако блокирају детритусом и тако изазивају губитак дела узорка, међутим тешко се користи при неповољним временским условима.

Core узорковачи

Постоји више типова *Core* узорковача различитих димензија, а у новије време користе се уређаји који се састоје из више туба - *multiple core* узорковачи (енгл. *multiple core sampler*) (слика 6).

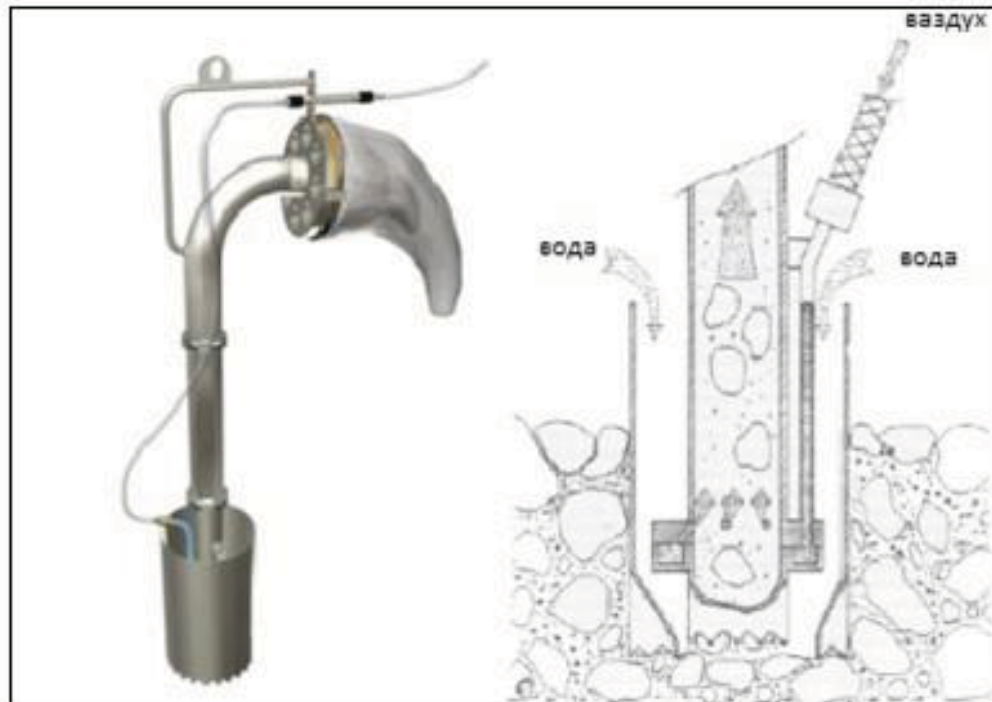


Слика 6. а) *Core* узорковач б) *multiple core* узорковач, преузето и прилагођено према https://www.icpdr.org/jds/files/ICPDR_Technical_Report_for_web_low_corrected.pdf.

Core узорковачи се користе за анализу вертикалне дистрибуције макробескичмењака који насељавају седимент. Ови узорковачи су тешки, што им омогућава да продру у наслаге седимента са дугом, отвореном цеви. Окидач затвара врх језгра цеви и задржава узорак који се извлачи на брод. Појединачна језгра *Core* узорковача се производе у различитим величинама у распону од 3 cm² до 855 cm². *Multiple corers* су дизајнирани да смање напор узорковања (Flannagan, 1970; Hamilton и сар., 1970; Nakala, 1971; Milbrink и Wiederholm, 1973; Carter, 1978). *Core* узорковаче треба лагано спуштати да би се смањио ефекат „повратног таласа”. Ова метода је ефикасна за узорковање на местима са финим наносом седимента.

Air lift узорковач

Air lift узорковач продире 20-25cm у подлогу. Површина коју захвата обично је 415 cm², а маса узорка око 14 kg. Пумпа убризгава компресовани ваздух на дно испустне цеви која је уроњен у подлогу (Rehofer, 1998). Компресовани ваздух се меша са садржајем унутар цеви и чини да ова смеша буде мање густа од супстрата око цеви, што омогућава да се диже навише (слика 7). Прикупљени узорци пропуштају се кроз сита промера окаца 100µm.



Слика 7. *Air lift* узорковач, преузето и прилагођено према Pehofer, 1998.

Овом методом узорковања забележена је већа абундантност водених макробескичмењака за разлику од других доступних метода за узорковање дубоких и брзо текућих вода (багери и *freeze corers* узорковачи), иако фини седимент брзо може довести до блокирања и пуцања колекторске тубе, посебно ако је величина промера окаца мала (Pehofer, 1998). *Air lift* метода је мање подложна утицају људског фактора у односу на друге методе, па самим тим даје боље резултате за поређење, а и варијабилност унутар узорака је смањена у односу на друге методе узорковања дубоких вода (Neale и сар., 2006).

Хидраулични „*polyp*” багер

Слика 8. Узорковање хидрауличним *polyp* багером са истраживачког брода Аргус, преузето и прилагођено према Рауновић, 2007.

Метода узорковања помоћу хидрауличног *polyp* багера врши се са брода, у областима где се у обалском региону налази велико камење (слика 8). Извучено камење се добро и пажљиво испира. Организми и чврсти отпаци сакупљају се у сито промера окаца 500 μm .

1.1.2. Стандардна методологија узорковања

Поуздана, стандардизована процедура узорковања је основа ефикасног програма мониторинга. Циљ сакупљања података о абунданци у заједници макробескичмењака на нивоу врста је, слично као и за друге биолошке елементе, да се омогући процена еколошког статуса водних тела током ОДВ - комплементарног мониторинга, што даје оквир за ефикасан менаџмент речних токова.

Метод узорковања водених бескичмењака у текућим и стајаћим водама се разликују. Њихово праћење одређено је међународним стандардом EN 27828: 1998.

Према европском систему за процену еколошког квалитета река и потока на основу заједнице макробескичмењака (енгл. *Assessment System for the Ecological Quality of Streams Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates* - AQEM) узорковање са свих доступних станишта (енгл. *Multihabitat sampling*, MHS) је препоручена и добро

развијена метода за узорковања малих река и река средње величине које се могу прегазити. Ова метода је предложена и за велике, и веома велике реке, али је узорковање ограничено на обалну зону до 1,5m дубине. MHS методологија је заснована на протоколу за брзу процену (енгл. *Rapid Bioassessment Protocols*) (Barbour и сар., 1999), процедури агенције за животну средину Енглеске и Велса (енгл. *Environment Agency of England and Wales*) (Murray-Bligh, 1999), аустријском протоколу за процену сапробиолошког квалитета река и потока (енгл. *Austrian Guidelines for the Assessment of the Saprobiological Water Quality of Rivers and Streams*) (Moog и сар., 1999), ISO 7828, AQEM протоколу (AQEM Consortium, 2002), AQEM и STAR протоколу за локалитете (AQEM & STAR site protocol, 2002), немачкој методологији као што је описано на www.fliessgewaesserbewertung.de и на аустријским стандардима (Austrian Standards M 6119-2).

Узорковање у великим и веома великим рекама (које одликују дубоке зоне које не могу да се прегазе) још увек није усклађено на европском нивоу. Овај методолошки проблем разматран је од стране ECOSTAT и стручне групе за интеркалибрацију за велике реке (енгл. *Intercalibration Expert Group for Large Rivers*) из два угла: (1) методе узорковања и (2) опрема за процену еколошког статуса, код које је проблем у постављању референтних услова у сливовима великих низијских река.

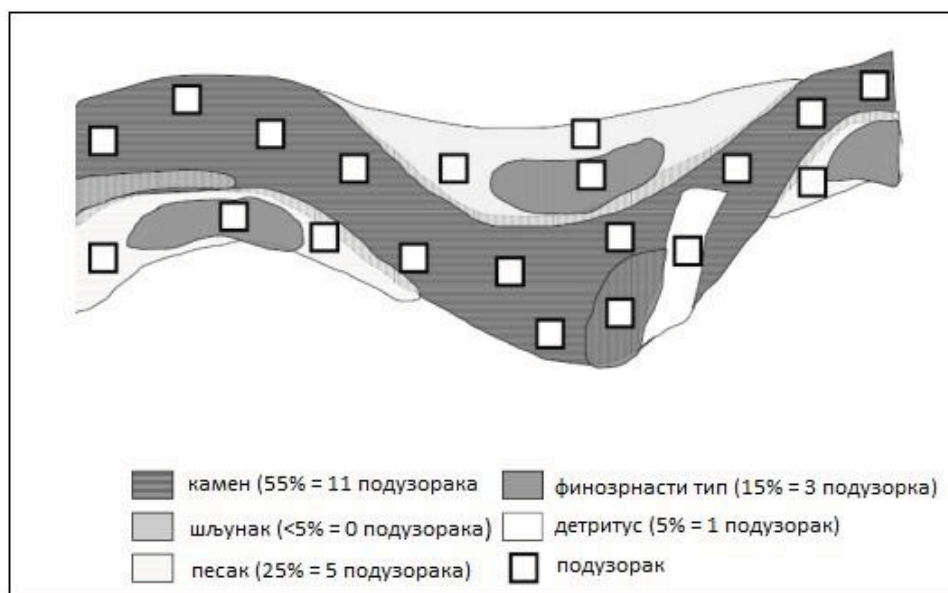
Пре узорковања треба урадити детаљну процену удела типова супстрата (станишта) према табели 1.

Табела 1. Процена удела микростаништа на месту узорковања

Фракција/тип микрохабитата	Величина доминантних честица/елемената
крупан камен/блокови	> 40 cm
камен облутак	20 – 40 cm
шљунак	6-20 cm
крупнији песак	2-6 cm
песак	0,2-2 cm
муљ	6µm-0,2cm
глина	<6 µm
алге, маховина, макрофите	биљке
детритус	органски остаци

Након процене, потребно је одредити број подузорака према процентуалном уделу релевантних микростаништа. Један подузорак треба да се узме за сваких 5% покривености, укупно 20 подузорака треба распоредити дуж сектора реке на ком се узоркује (слика 9).

Према AQEM протоколу (AQEM Consortium, 2002), микростаништа која покривају мање од 5% нису од интереса за узорковање. Ова станишта треба узорковати посебно и добијене податке треба користити само у сврху употпуњавања листе таксона, не за процену статуса.



Слика 9. Пример одређивања микростаништа у теоријском истраживању локалитета према MHS методи, преузето и прилагођено према AQEM Consortium, 2002.

AQEM метода је заснована на MHS процедури која је осмишљена за узорковање главних станишта пропорционално њиховој заступљености у зони узорковања (AQEM Consortium, 2002). Број подузорака са сваког типа подлоге одређује се према уделу главних типова станишта описаних у AQEM протоколу на сектору реке који се истражује. Узорак се састоји из 20 подузорака прикупљених са свих типова микростаништа на истраживаном локалитету (сектору), од којих сваки тип станишта има удео од најмање 5% у оквиру узоркованог сектора. Подузорак подразумева стационарно узорковање (0,25x0,25 m), које се обавља тако што се постави мрежа и протресе супстрат на удаљености која је једнака квадрату ширине рама узводно од мреже - стандардна мрежа са промером окаца 500 μ m. Укупно 20 реплика треба да буде

распоређено према уделу микростаништа. Узорковање се врши дуж попречног профила.

Као алтернатива AQEM методи, користи се једноставнија метода узорковања, која подразумева подизање материјала са подлоге покретима ногу и његово сакупљање у мрежу која је оријентисана у правцу воденог тока, које се врши у приобалним деловима река са свих доступних станишта (*Kick and Sweep* метода - K&S) (Barbour, 1999). Узорковање треба да буде стандардизовано тако што се користи једнак напор при сваком узорковању у дефинисаном временском интервалу, било да се користи иста дужина узорковања, или да се спроводи исти број замаха приликом узорковања. Овом процедуром прикупљају се семиквантитативни узорци. Препоручује се употреба истог броја замаха приликом узорковања – *kick* радњу поновити 5 пута у дужини од 3 m. *Kick* радња подразумева померање уназад у узводном смеру (узорковање почиње на низводном крају сектора и наставља се узводно) и подизање супстрата са дна стопалима. Мрежа треба да буде постављена испред особе која врши узорковање и држи се тако да материјал који је подигнут заједно са организмима улази у мрежу. Након *kick* радње, додатне организме треба сакупити са неколико површина помоћу пинцете или спирањем/четкањем и додати истом узорку (*sweep* радња). Додатне површине за узорковање *sweep* радњом могу бити веће камење, макрофите, трула дебла или различити потопљени објекти. Обе описане методе узорковања се могу користити на дубини до 1,5m.

Максимална дубина узоркованог дна је 15 cm у случају већег камења и неколико cm у случају дна са финим материјалом. Садржај ручне мреже треба редовно празнити у посуду да би се избегло нагомилавање матерјала.

Након узорковања (односи се на све процедуре узорковања), запремина узорака треба да се смањи уклањањем крупнијих делова, које треба испрати у ручној мрежи пре уклањања, да би се задржали организми који су били закачени.

1.1.3. Обрада материјала

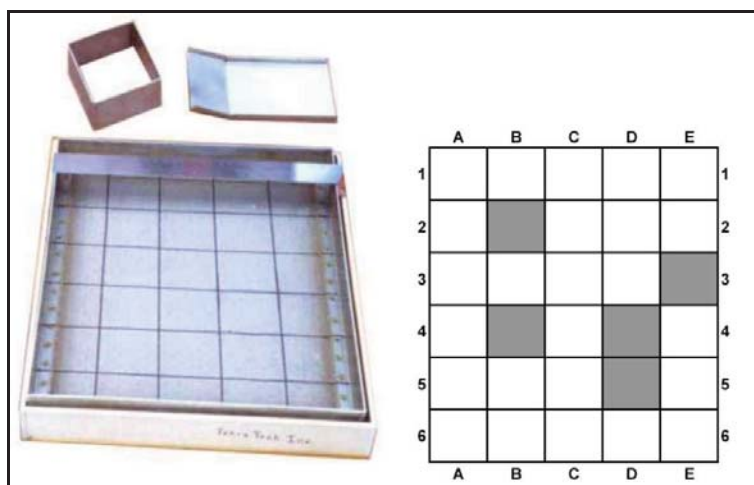
Након сакупљања материјала, велике делове треба уклонити из узорка (камење, парчиће дрвета), узорак треба пропустити кроз сито окаца 500 μm да би се уклонио меки седимент. Овај поступак смањује запремину узорка.

Биолошки материјал се потом пребацује у бочице за узорке. Величина бочице зависи од запремине узорка. Требало би користити бочице од 250, 500 и 1000 ml.

Уколико се очекује да ће број узорака бити велики, за чување се могу користити издржљиве пластичне кесе, да би се смањило потребан простор за одлагање. Ако се узорци чувају у пластичним кесама, за презервацију се може користи само формалдехид, зато што алкохол разграђује пластику. Узорци се чувају у формалдехиду концентрације 4% или у етил-алкохолу концентрације 70%. Иако се препоручује употреба етил-алкохола, презервација материјала 4% формалдехидом, је у неким случајевима поузданија, нарочито ако се у узорку налази већа количина органског материјала (детритуса, дрвенстих остатака биљака) или крупније индивидуе (обично шкољке или пужеви). У тим случајевима за презервацију узорка потребна је велика количина етил-алкохола, коју није практично носити на терен.

Препоручљиво је да се узорци чувају у кутијама са поклопцем (нпр. ручни фрижидер) током транспорта, да би се заштитили и да би се спречило испаравање.

Неопходан, минималан број сортираних јединки треба да буде 500 по узорку. Ако има превише јединки у узорку, треба урадити подузорак – који мора бити хомогенизован и издвојен у лабораторији помоћу опреме за сортирање (опрема за одређивање подузорка) (слика 10)



Слика 10. Опрема за одређивање подузорка - *Sub-sampler*, преузето и прилагођено према AQEM Consortium, 2002.

Опрема за одређивање подзорака - *Sub-sampler*, направљена је од челичног рама 30x36 cm, са мрежом промера окаца од 500 μ m, издељеног у 5x6 квадратних поља (укупно 30). Из насумично одабраних 5 квадратних поља препоручљиво је издвојити најмање 500 организама.

1.1.3.1. Третман узорака

Крупнији материјал треба издвојити из узорка на терену. Гране и камење треба одстранити након испирања и провере да на њима нема сесилних или закачених организама. Велике и ретке организме који се лако уочавају и детерминишу, као и оне који су осетљиви на фиксацију и транспорт, треба уписати у протокол узорковања и вратити живе у воду.

1.1.3.2. Идентификација и чување организама

Пре него што се започне анализа узорка, потребно је очистити материјал и одстранити остатке супстрата или делове биљака. Узорак треба темељно испрати водом како би се у потпуности уклонио фиксатив.

Идентификација се врши коришћењем бинокуларне лупе и микроскопа, уз помоћ одговарајућих приручника и/или кључева за идентификацију. Кључеви за идентификацију су, најчешће, оргнизовани по систему дихотомо гранатих тврдњи. У кључевима се користе одређене особине организама које их одвајају од других, тзв. таксономски карактери. Највећу вредност имају они карактери који на датом нивоу одвајају таксон један од другог. Ти карактери називају се таксономске особине. Могу бити морфометријски (континуирани) и меристички (дисконтинуирани). Морфометријски карактери су они који се мере одговарајућим јединицама, најчешће дужина тела или појединих делова организма. Меристички карактери су они који се изражавају целим бројевима - број екстремитета, број длака на вентралном делу главене капсуле итд. У прилогу 2 дат је списак кључева који се користе у лабораторији Одељења за хидроекологију и заштиту вода, Института за биолошка истраживања Сениша Станковић.

Препоручљива је што детаљнија идентификација макробескичмењака. Листа таксона идентификованих до нивоа врсте, може да се користити за израчунавање разних параметара везаних за мониторинг/истраживања текућих вода (табела 2).

Табела 2. Препоручени ниво идентификације према таксономским групама:

Таксономска група	Препоручени ниво идентификације	Таксономска група	Препоручени ниво идентификације
Turbellaria	Врста	Trichoptera	Врста, род
Oligochaeta	Врста	Odonata	Врста, род
Hirudinea	Врста	Megaloptera	Врста, род
Mollusca	Врста	Heteroptera	Род, врста
Crustacea	Врста	Coleoptera	Род, врста
Plecoptera	Врста, род (за таксоне за које идентификација ларвених стадијума није поуздана)	Diptera	Врста, род, суб-фамилија (Chironomidae 1. и 2. ларвеног стадијума)
Ephemeroptera	Врста, група врста, род	Hydracarina	Присуство

За рутински мониторинг, неопходно је развити „оперативну листу таксона - списак таксона који се обично користе у биолошком мониторингу. Листа таксона се може формирати на основу предложеног нивоа таксономске идентификације.

Након обраде материјала, узорци се одлажу у посебно прилагођене просторије за чување материјала - збирке.

1.1.4. Анализа података

1.1.4.1. Сакупљање подузорака и квантификација

Како би прикупљени подаци били поуздани, неопходно је да минимални број јединки у узорку буде 500. Узорак може садржати мање од 500 јединки, уколико се узорковање врши наизразито загађеним рекама или у изворишним регионима потока. Укупан број организама за поједине таксономске групе се односи на укупну површину

узорковања од 1,25 m² на основу чега се може израчунати број јединки по m², односно по јединици површине.

За квантификацију препоручује се коришћење два приступа:

- Квантитативни приступ, бројност се изражава бројем јединки по m²;
- Семи-квантитативни приступ, бројност се изражава бројем јединки у узорку или релативном бројношћу која се заснива на скали релативне бројности (табела 3).

Ако се користи семи-квантитативни приступ, у случају великих река, релативна бројност се изражава као број јединки у узорку, заснован на процентуалном учешћу и коришћењем вредности у распону 1-5 за бројност (Csanyi, 2002) или скала за изражавање релативне бројности у распону 1-9 (Pantle и Buck, 1955).

Табела 3. Препоручена скала релативне бројности према Csanyi, 2002

Бројност	Опис	Број јединки по узорку
1.	Присутне	1-2
2.	Ретке	3-4
3.	Честе	5-20
4.	Уобичајене	21-100
5.	Врло уобичајене, присутне у маси	>100

Коришћење скала релативне бројности омогућава поређење података прикупљених различитим техникама узорковања, као и узорци узети из различитих типова река.

1.1.4.2. Руковање и складиштење података

Следећи подаци се морају чувати:

- Општи подаци (назив реке, локалитета, координате, датум узорковања, процена супстрата);
- Списак врста макроинвертебрата сваког појединачног узорка са бројем индивидуа унутар сваке таксономске групе/врсте (бр. јединки по m², релативна бројност према скали релативне бројности или као процентуално учешће врста у заједници)

ц) Индекси за прерачунавање мерних скала релативне бројности (Csanyi, 2002; Pantle и Buck, 1955).

Потребно је направити јединствену базу за складиштење биолошких података. База би требало да буде једноставна како би се подаци лако уписивали а уједно би требало да претставља и ефикасан филтер који би спречавао уношење погрешних имена врста, да има могућност лаког израчунавања релевантних мерних скала и аутоматску евалуацију еколошког статуса (специфичну за тип водног тела). База података треба да садржи конкретне податке о локалитету узорковања (типу) и врстама (оперативну листу таксона са кодовима таксона, информације о таксону, податке о биологији таксона - аутеколошке информације).

1.1.4.3. Избор одговарајућих мерних скала и метода процене еколошког статуса

На основу анализе одговора на стрес, треба изабрати одговарајуће биолошке параметре заједнице који одражавају тип и ниво стреса у оквиру одређеног водотока.

За процену еколошког статуса/потенцијала најчешће се узимају следећи биолошки параметри:

- Абунданца (релативна абунданца - број јединки по узорку и/или апсолутна - број јединки по m^2);
- Сапробни индекси (Индекс сапробности – S (Pantle и Buck, 1955), Сапробна валенца - X (Zelinka и Marvan, 1961), Немачки сапробни систем, Аустријски сапробни систем, Чешки сапробни систем (AQEM Consortium, 2002)
- Индекси диверзитета (*Shannon* индекс – H' (Shannon и Weaver, 1949), *Simpson* индекс - D (Simpson, 1949), *Evennes* индекс – J (Pielou, 1966), *Margalef* индекс – d (Margalef, 1958)
- Оригинални BMWP и ASPT скор (Armitage и сар., 1983), или модификовани BMWP и ASPT скор (AQEM Consortium, 2002)
- Укупан број таксона,
- Број таксона унутар одређене таксономске групе,
- Релативна бројност одређених таксономских група,

- Процентуално присуство таксона Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera - EPT индекс (AQEM Consortium, 2002);
- Процентуално учешће таксона унутар функционалних група у исхрани (FFG) (Cummins и Klug, 1979);
- Балкан Биотички Индекс (ББИ) (Simić и Simić, 1999).

За израчунавање релевантних мерних скала потребни су база података о врстама макробескичмењака и њиховим аутеколошким особинама. Може се користити ASTERICS програмски пакет који садржи више од 150 мерних скала као што су сапробни индекси, мере толеранције, показатељи зоналности, тренутне преференце, избор микростаништа, мере диверзитета, тип исхране, начин кретања, мере састава врста, мере богатства врстама, абунданцу итд.

ASTERICS програмски пакет нуди коришћење разних сапробних индекса развијених за Немачку, Аустрију, Чешку или Холандију, оригиналну верзију BMWP/ASPT индекса, као и модификоване верзије ових индекса за различите европске регионе. Као основа за израчунавање поменутих индекса, користе се различите улазне листе индикаторских организама са подацима о сапробним валенцама и индикаторским тежинама. Треба нагласити да су параметри у оквиру ASTERICS програмског пакета развијени за различите географске регионе. Ове листе су развијене за конкретне области и у будућности их треба модификовати за употребу у нашем региону.

2. ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА

Сакупљање поузданих података о заједници макробескичмењака, слично као и за друге биолошке елементе, има за циљ да се омогући поуздана оцена разноврсности, диверзитета и функционалности водених екосистема. Поуздана и стандардизована процедура узорковања основа је ефикасног истраживања и мониторинга. Примењени аспект хидробиолошких студија огледа се кроз процену еколошког статуса водних тела, на основу рутинског мониторинга усаглашеног са препорукама ОДВ (WFD 2000/60/ЕС), што даје оквир за ефикасно управљање водама.

На основу досадашњих истраживања и расположивих података, дефинисани су следећи циљеви, како би се остварила основна намера у овом раду – тестирање методологије узорковања да би се утврдило ефикасно и стандардизовано прикупљање биолошких узорака неопходно за добијање репрезентативних података и поредивих резултата. Сакупљање узорака представља кључни корак истраживања и утиче на све остале фазе.

Циљеви ове докторске дисертације су:

- отклањање недостатака појединачних техника,
- оптимизација техника узорковања за водене екосистеме Србије,
- стандардизација методологије за одређени тип екосистема,
- избор адекватних метода узорковања за одређени тип истраживања, као и за специфичну групу организама (шкољке) са посебним акцентом на велике и веома велике реке које представљају комплексне екосистеме.

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

3.1. Подручје истраживања

Територија Републике Србије се према општим карактеристикама може поделити на два региона: Панонски басен (северно од Дунава) и брдско-планински регион (јужно од Дунава). Прелазно подручје чини слив реке Саве, низводни део слива Дрине и део слива Колубаре. Брдско-планинско подручје је разноврсније у погледу општих природних карактеристика у односу на знатно хомогенију област северно од Дунава, што погодује распрострањењу флоре и фауне, укључујући и водене организме. Реке Србије припадају сливовима Јадранског, Егејског или Црног мора (Gavrilović и Dukić, 2002). Највећу површину у Србији покрива црноморски слив (92% територије Србије) и све веће реке припадају овом басену, а преко Дунава се уливају у Црно море. Јадрански слив захвата приближно 5% површине Србије – западни део Косова и Метохије, док Егејски слив који је најмањи, захвата приближно 3% територије, и простире се у јужном делу Србије, обухватајући сливове Лепенаце, Пчиње и Драговиштице.

3.1.1. Брдско - планинско подручје

3.1.1.1. Слив Велике Мораве

Велика Морава настаје спајањем Западне и Јужне Мораве и дужине је 175 km. Сливно подручје обухвата површину од 38.000 km² са средњим годишњим протоком од 230 m³/s (код Љубичева у близини ушћа у Дунав) (Gavrilović и Dukić, 2002). Обзиром да протиче кроз густо насељену област, река је под утицајем различитих типова загађења као што су органско загађење, загађење нутријентима, загађење индустријским и комуналним отпадом, као и под утицајем хидроморфолошких измена (просецања меандара, изградње канала, експлоатације шљунка и песка) (Marković и сар., 2011, 2014). Велика Морава има 32 притоке (12 са леве и 20 са десне стране) од којих су веће Јовановачка река, Црница, Раваница, Лепеница, Ресава и Јасеница.

3.1.1.2. Слив Западне Мораве

Западна Морава настаје спајањем река Голијске Моравице и Ћетиње, а северно од Сталаћа спаја се са Јужном Моравом формирајући реку Велику Мораву. Обухвата сливно подручје од 15.567 km², што чини 42,3% целокупног слива Велике Мораве (Gavrilović и Dukić, 2002; Рауповић и сар., 2010). Просечан годишњи проток износи 120 m³/s и није пловна река. На њеном току изграђене су бране и формиране акумулације Парменац, Међувршје и Овчар. Укупно прима воду из 85 притока, а Ибар представља њену највећу и најзначајнију притоку. Поред њега значајне су и Гружа, Расина, Каменица и Чемерница.

3.1.1.3. Слив Јужне Мораве

Јужна Морава настаје на Скопској Црној Гори, у данашњој републици Македонији, а дужина њеног тока кроз Србију износи 246 km (Gavrilović и Dukić, 2002; Milošević, 2013). Површина њеног слива је 15.469 km² од којих се 92.91% налази у Србији. Јужна Морава има сложену долину, тј. чини је наизменично смењивање клисура и котлина. Има 157 притока од којих су најважније леве притоке Јабланица, Ветерница, Пуста река, Топлица, Турија и Рибарска река, а десне Врла, Џепска река, Предејанска река, Козарачка река, Власина, Нишава (најдужа) и Сокобањска Моравица. Јужна Морава има значајан потенцијал за производњу електричне енергије, али се он уопште не користи. Велики енергетски систем саграђен је у њеном сливу, на Власини (електране Врла I-IV). У извесној мери, њена вода се користи за наводњавање.

3.1.1.4. Слив Нишаве

Нишава извире у Бугарској испод врха Ком на Старој планини. Извориште је у близини границе са Србијом, тако да ток Нишаве у Бугарској износи свега 67 km, без већих притока (Gavrilović и Dukić, 2002).

Нишава припада црноморском сливу, њен слив покрива територију од 3.950 km² (1.237 km² у Бугарској, 2.713 km² у Србији). Нишава данас није пловна река, у антици је то била. Нишава има пуно малих притока, као што су Височица са десне и Јерма, Црвена Река, Коритница, Кутинска река и Габровачка река са леве стране. Око 10 km западно од Ниша (код села Трупала) улива се у Јужну Мораву.

3.1.1.5. Слив Тимока

Слив реке Тимок се својим већим делом налази на територији Србије, у источној регији (4.607 km², 98%), док се мањим делом простире на територији Бугарске (93 km², 2%). Река Тимок (позната и као Велики Тимок) је последња притока Дунава у Србији, а настаје спајањем Белог (који настаје спајањем Сврљишког и Трговишког Тимока) и Црног Тимока низводно од града Зајечара и дужине је 85 km (Gavrilović и Dukić, 2002). Најзначајнија притока Тимока је Борска (Бела) река. Водотоци овог слива се, начелно, одликују спорим током, нестабилним нивоом воде и ниским хидро-потенцијалом. Пољопривредно земљиште заузима значајан део површине слива Тимока (Рауповић и сар., 2008а). Рударско топионичарски басен „Бор” је један од основних фактора који утиче на економију и животно окружење ове области. Ситуација која се тиче отпадних вода у сливном подручју је сложена, захваљујући утицају неколико већих насеља и бројних села, као и испуста отпадне воде из три рудника и металуршког комплекса, у комбинацији са санитарним отпадом града Бора и неколико села. Цео комплекс значајно утиче на водене екосистеме.

3.1.1.6. Слив Колубаре

Колубара настаје спајањем река Обнице и Јабланице узводно од Ваљева и утиче у Саву у Обреновцу (Stefanović и сар, 2009). Укупна површина колубарског басена износи око 3.640 km². Главне леве притоке јесу Кладница, Уб и Тамнава, а десне Градац, Лепеница, Рибница, Топлица, Љиг, Пештан и Турија са Бељаницом. Град Обреновац простире се дуж обала Саве, али се отпадне и комуналне воде испуштају у Колубару без претходне обраде (RBC Report, 2007, Popović и сар, 2015). Такође, велика површина колубарског басена густо је насељена, у малим насељима не постоји канализациона мрежа, па се употребљавају септичке јаме. У овој области смештени су и важни индустријски и енергетски центри као и значајна транспортна инфраструктура, а важно је поменути да је развијена и пољопривреда (RBC Report, 2007, Popović и сар, 2015).

3.1.1.7. Слив Дрине

Дрина настаје код Шћепан Поља спајањем река Таре и Пиве. Дужина тока Дрине износи 346 km. Код Босанске Раче, Дрина се улива у Саву и представља њену највећу притоку (Влагојевић и сар., 2005). Сливно подручје Дрине обухвата југозападни и западни део Србије, северни део Црне Горе и источни део Босне и Херцеговине, укупне површине око 19.926 km². Веће притоке са леве стране су Сутјеска, Бистрица, Дрињача и Јања, а са десне Ћехотина, Лим, Рзав, Љубовића и Јадар.

3.1.1.8. Слив Уваца

Увац је река дуга 119 km која протиче између планина Златибор и Златар и представља јужну границу Златибора (Gavrilović и Dukić, 2002). На њему су изграђене хидро – електране Кокин брод (20 MW) и Увац (31 MW). Извире југоисточно од Јадовика, а на Златибор долази код села Ојковице, где прима притоку Тисовицу. Одатле тече поред села Негбине, Бурађе, Сјеништа, Доброселице и Јабланице, примајући многе притоке, а неке од већих су: Шупљница (улива се у Увац у Негбини), Раснички поток (улива се у Расници), Доброселички и Шарански поток (уливају се у Доброселици). Увац је главна притока реке Лим. Неколико задњих километара, река Увац представља границу између Србије и Републике Српске, БиХ, односно границу општина Прибој и Рудо. Река Увац заузима површину од 1.310 km² и припада сливу Црног мора. Просечан годишњи проток на ушћу Увца у Лим је 18 m³/s.

3.1.1.9. Слив Млаве

Млава је дугачка 334 km и десна је притока Дунава. Највећа притока Млаве су реке Кључава и Пек (Marković, 1990). Река Млава је позната по риболову, пловности задњих 20 km од ушћа и њеној делти коју прави при ушћу у Дунав. Млава настаје као Тисница у Кучајским планинама у источној Србији, под врхом Велики Крш. Река тече на север и протиче поред источних падина планине Бељаница, кроз скоро ненасељено подручје. Након што стигне до Хомоља, у Тисницу се на висини од 320 метара улива јако Жагубичко врело и од те тачке река је надаље позната као Млава. Мерећи од Жагубичког врела, река је дугачка 232km. Слив Млаве заузима површину од 1.830km² и припада сливу Црног мора. Просечан проток у години на ушћу Млаве је 14m³/s.

3.1.1.10. Река Нера

Нера је река у области Баната, у Србији и Румунији, лева је притока Дунава. Нера је дуга 124 километра (Marković, 1990). Река Нера истиче из планина Семеник у румунском Банату, близу града Решица. Првим делом тока река тече јужно, да би затим скренула ка југозападу правећи клисуру између Банатских планина и Семеника. Овде Нера прима главну притоку Рудерију, а затим мења правац ка северозападу до Најдаша и Кусића где постаје гранична река између Србије и Румуније.

Тако тече наредних 14 km до ушћа у Дунав код Банатске Паланке. Постоји неколико потока који се у уливају у Неру (Кусићки, Буканов, Лесковачки). При ушћу Нера је широка између 20 и 40 m.

3.1.1.11. Слив Егејског мора

Слив Егејског мора обухвата само 2,2% територије Србије. Њему припадају реке Лепенац, Пчиња и Драговиштица, али само делови њихових токова. Лепенац и Пчиња прелазе на територију Републике Македоније и уливају се у Вардар, а Драговиштица отиче ка Струми у НР Бугарској (Gavrilović и Dukić, 2002). Воде Лепенице користе се за наводњавање у оквиру хидромелиорационих система „Ибар – Лепенац“, на Пчињи је подигнуто више вештачких Пастрмских рибњака, док су воде Божачке и Љубатске реке, саставница Драговиштице, претворене у Власинско језеро ради добијања електричне енергије.

3.1.2. Река Дунав

Дунав предстаља једну од највећих и најзначајнијих европских река, са укупном површином слива од 817000 km² и дужине тока од 2.857 km. На основу геоморфолошких карактеристика може се поделити на 10 сектора (Robert и сар., 2003):

1) Горњи ток Дунава (гкм 2.786 – 2.581) који није плован.

2) Западно - алпско подножје Дунава (гкм 2.581 – 2.225). У овом сектору, Дунав има одлике алпске реке, протиче између области Швапски Алб на северу и Баварске на југу. На хидролошке одлике знатно утичу притоке Илер, Лех и Изар. Сектор обухвата ток Дунава све до ушћа реке Ин.

3) Источно - алпско подножје Дунава (гкм 2.225 – 2.001). Највећи утицај у овом сектору има притока Ин. Са протоком од $737 \text{ m}^3/\text{s}$ Ин знатно утиче на температуру, провидност и концентрацију суспендованих материја у Дунаву. Кроз читав сектор, река је преграђена бројним бранама.

4) Доњи ток алпско подножја Дунава (гкм 2.001 – 1.789,5). Највећи антропогени утицај у овом сектору имају градови Беч (1,7 милиона становника) и Братислава (450.000 становника) као и хидроцентрала Габчиково. Услед преграђивања реке хидроцентралом Габчиково, формирана је акумулација, па Дунав у овом делу има карактеристике језера.

5) Мађарски део тока Дунава (гкм 1.789,5 – 1.497). У овом сектору Дунав полако поприма карактеристике равничарске реке. Најбитнија притока у хидролошком смислу је Вах. Највећи антропогени утицај има град Будимпешта (1,7 милиона становника). У овом сектору се налази и нуклеарна електрана Пакш.

6) Панонски део Дунава (гкм 1497 - 1075). Већи део тока кроз Србију (588 km) припада Панонском басену (358 km). Дунав у овом сектору има карактеристике равничарске реке. Највећи антропогени утицај имају градови Нови Сад (150.000 становника) као и највеће насеље на самој реци град Београд (2 милиона становника). У овом сектору Дунав прима велике количине непрерађених отпадних вода и фекалног загађења које се одражава на хемијске карактеристике воде и на биоту. Највеће притоке су Драва, Тиса, Сава са својим притокама (Дрином, Колубаром и Босутом) и Велика Морава, које значајно утичу на његове хидролошке карактеристике. Драва не ремети много водни режим (средњи вишегодишњи проток износи $2.355 \text{ m}^3/\text{s}$). Највећи утицај на режим вода има река Сава, јер средњи вишегодишњи проток низводно од ове реке износи $5310 \text{ m}^3/\text{s}$, затим Тиса, са средњим вишегодишњим протоком од $3690 \text{ m}^3/\text{s}$, док Велика Морава нема битног утицаја на проток Дунава.

7) Ђердапски део Дунава (гкм 1.075 - 942). Због бране хидроелектране Ђердап, река у првом делу сектора има успорен ток који се знатно убрзава проласком кроз Ђердапску клисуру. На проширењима у клисури стварају се акумулације. Изградња брана ХЕ "Ђердап 1" и ХЕ "Ђердап 2" узроковала је константно таложење наноса на делу акумулације у Ђердапској клисури. Дунав напушта територију Србије на 845 гкм.

8) Западно - понтијски део Дунава (гкм 943 – 375,5). Сектор се протеже од бране хидроцентрале Ђердап 1 па до аде Балта Иаломитеји, недалеко од нуклеарне електране Черна вода. Највеће притоке у овом делу тока су Тимок, Искар, Олт, Јантра и Арђеш, а због високог степена загађења (отпадне воде из града Русе – 260.000 становника)

неопходно је поменути и мању притоку Русенски Лом. У овом сектору се налази и нуклеарна електрана Козлодуј. Низводно од Ђердапа, на самој реци више нема брана, тако да Дунав у овом сектору има слободан ток.

9) Источни влашко-низијски део Дунава (rkm 375,5 - 100). У овом сектору Дунав има слободан ток. Велике притоке су Сирет и Прут. У овом сектору се налази град Браила са 180.000 становника.

10) Делта Дунава (rkm 100 - 7). Делта реке Дунав се састоји од три главна рукавца: Килиа рукавац, Сулина рукавац и рукавац Свети Ђорђе. Главни рукавци су међусобно повезани системом канала и мочварним земљиштем. На крају рукавца Килија налази се ознака за нулти километар реке.

3.1.3. Река Сава

Река Сава настаје спајањем Саве Долинке и Саве Бохињке код места Радовљица у Словенији, и представља један од најзначајнијих сливова у региону (дужина тока 940 km, сливно подручје површине 95.419 km²) (Gavrilović и Dukić, 2002; Atanacković и сар., 2011). Кроз Србију протиче њен доњи део тока (206 km). Просечни годишњи проток код Сремске Митровице износи око 1.500 m³/s. Највећа је притока Дунава (по дужини и водности) у који се улива у Београду (rkm 1170). У горњем току река Сава је под хидролошким притиском, на средњи ток највише утиче интензивна пољопривредна активност и еутрофикација, а на доњи ток индустријско и урбано загађење (Torsten и сар., 2008; Milacis и сар., 2010). Доњи део тока реке (површине слива око 15.147 km² и дужине тока од 206 km) протиче кроз Србију и има карактеристике типичног равничарског водотока. Највеће притоке реке Саве у Србији су реке Дрина и Колубара.

3.1.4. Реке Босне и Херцеговине

3.1.4.1. Река Босна

Босна је река у Републици Босни и Херцеговини (<http://www.fhmzbih.gov.ba/latinica/O-NAMA/FHMZ-registar.php>). Извире из крашких врела у селу Врутци у близини Илице, у подножју планине Игман, на 500 m надморске висине. Протиче централним делом Босне, а код Босанског Шамца се улива у реку Саву те припада црноморском сливу. Дуга је 273 km са сливним подручјем површине 10.460 km². Главне притоке реке

Босне су: Жељезница, Миљацка, Криваја, Спреча и Ставња (десне притоке), Фојничка ријека, Лашва и Усора (леве притоке). У горњем току, од извора до Зенице, протиче кроз Сарајевско, Височко, Какањско и Зеничко поље која раздвајају клисуре. У средњем току се пробија кроз клисуре усечене у чврсте стене, Врандук-Немила и Маглај-Добој. У доњем току, од Добоја до ушћа, Босна протиче нестабилним коритом кроз алувијалну равницу где прави више рукаваца, ада и окука. Долина реке Босне је најнасељенија област Босне и Херцеговине и индустријски је центар државе, што значи да је цео ток под великим индустријским и урбаним притиском. У долини Босне налазе се градови Сарајево, Високо, Какањ, Зеница, Завидовићи, Жепче, Маглај, Добој, Модрича и Босански Шамац.

3.1.4.2. Река Неретва

Река Неретва дуга је 230 km, са сливним подручијем површине 10.380 km², која највећим делом протиче кроз Босну и Херцеговину (208 km), а мањим делом, пре ушћа у Јадранско море, кроз Републику Хрватску (22 km) (Трозич-Воровац и сар., 2011). Најдужа је притока Јадранског мора с источне обале. Извире испод планине Јабукe у Босни и Херцеговини. Заједно с притокама чини засебну природну целину и јединствен екосистем. Извире у планинским пределима високе Херцеговине и већим делом свог тока има одлике планинске реке до првог града кроз који протиче, Коњица, одакле постаје река равничарског типа. Због тих одлика на њој су изграђене хидроелектране Јабланица, Грабовица, Салаковац, Врапчићи и Чапљина. Десне притоке Неретве су Зуревића поток, Међењак, Језерница или Татинак, Горњи и Доњи Крупац, Диндолка, Бјелимићка ријека, Слатиница, Рачица, Ракитница, Коњичка Љута, Трешаница, Неретвица, Рама, Дољанка, Дрежанка, Грабовица, Радобоља, и Требижат. Леве притоке Неретве су Живашница, Лађаница, Жупски Крупац, Буковица, Шиштица, Идбар, Глогошница, Мостарска Бијела, Буна, Брегава и Крупа. Неретва протиче кроз градове: Коњиц, Јабланица, Мостар, Чапљина и Почитељ. Улива се у Јадранско море у хрватском граду Плоче.

3.2. Материјал

На основу материјала прикупљеног у периоду 2004 - 2016 године, приликом реализације истраживања обављених у оквиру Одељења за хидрокологију и заштиту

вода, Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ (ИБИСС) као и Одељења за хидроекологију Лабораторије за хидроекологију и заштиту вода Института за биологију и екологију Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, на разноврсним типовима, пре свега, текућих вода у Србији разматране су различите технике прикупљања узорака за изучавање заједница водених макробескичмењака. Анализирани су подаци са укупно 320 локалитета. Део података узетих у разматрање, а са циљем утврђивања ефикасности појединих метода, односи се и на локалитете ван оквира Републике Србије.

Део материјала који је коришћен за анализу методологије узорковања различитих брдско-планинских водотока Србије прикупљен је у периоду 2005-2012 године. Подаци обухватају тип брдских и планинских река, малих и средњих токова, са доминацијом крупне подлоге које припадају водотоцима типа 3-5 према типологији текућих вода Србије (Рауповић и сар., 2011). У анализу су укључени подаци са 93 локалитета (прилог 3) чији је еколошки статус оцењен као добар и веома добар/одличан.

Материјал са Дунава, прикупљен је у оквиру програма Истраживање Дунава *AquaTerra* (*AquaTerra Danube Survey - ADS*), на делу тока између Клостернојбурга (Аустрија, гкм 1942) и Видин - Калафата (Бугарска-Румунија, гкм 795) у периоду август - септембар 2004. године, које је обављено у сарадњи са Међународном комисијом за заштиту реке Дунав (*International Commission for the Protection of the Danube River - ICPDR*). Материјал је прикупљен на укупно 30 локалитета (прилог 3). Основни циљ ове студије био је да се на основу анализе различитих нивоа биоте и њихових интеракција са органским и неорганским микрополутантима у земљишту, седименту и води, утврде потенцијално ризичне локације загађења у овом делу Дунава.

ICPDR сваких 6 година организује међународну експедицију Заједничко испитивање Дунава (*Joint Danube Survey – JDS*), у којој учествују научници из свих подунавских земаља. Узорци су прикупљани са пловног дела Дунава, који обихвата сектор дужине од 2500 km, од Регензбурга до делте. Сакупљани су узорци макрозообентоса, фитобентоса, фитопланктона, ихтиофауне, макрофита, као и узорци за хемијску и микробиолошку анализу. Циљ експедиција је да се процени тренутно стање реке Дунав на основу анализа биолошких елемената квалитета, заједно са

хемијским и хидроморфолошким анализама. Тестирање различитих метода узорковања водених макробескичмењака Дунава, рађено је на локалитетима обрађиваним у оквиру JDS 2 и JDS 3 експедиција.

Експедиција JDS 2 реализована је у периоду август - септембар 2007. године. Узорковано је на укупно 109 локалитета, 88 на главном делу тока и 21 локалитет на притокама (прилог 3). Узорци макробескичмењака прикупљени су на 96 локалитета.

Експедиција JDS 3 реализована је у периоду август - септембар 2013. године. Укупно је узорковано на 57 локалитета на главном току и 16 локалитета на притокама. Макробескичмењаци прикупљени су на 52 локалитета главног речног тока и 16 локалитета на притокама (прилог 3).

Истраживања обављена у оквиру пројекта „Програм праћења и анализе промена квалитета воде реке Дунав у сектору под успором” за 2014. годину остварена су под координацијом Института за водопривреду „Јарослав Черни” из Београда. Биолошка истраживања реализовао је Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић”, Универзитет у Београду. Циљ истраживања је процена стања воденог екосистема на подручју које се налази под утицајем хидроелектрана „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“. Студија обухвата истраживање Дунава на сектору од Лединаца (1262 гkm) до Радујевца (851 гkm). Две серије узорковања, обављене су у периоду ниских вода (септембар/октобар и новембар 2014. године), док су друге две обављене у периоду високих вода (април и мај 2015. године). Локалитети који су обухваћени програмом истраживања и анализирани у овом раду дати су у прилогу 3.

Материјал са реке Саве (цео ток, у дужини од 937 km) прикупљен је за потребе реализације пројекта билатералне сарадње са Републиком Хрватском („Процена нивоа Биоконтаминације великих река Хрватске и Србије“), током септембра 2011. и 2012. године. Узорковање макробескичмењака вршено на 12 локалитета и обухвата сектор од Врхова (Словенија) до Београда (Србија) (прилог 3).

Материјал који је прикупљен у периоду октобар/новембар 2008. године у оквиру пројекта “Study of the Biological Monitoring of the Rivers and Lakes/Reservoirs in Bosnia and Herzegovina” обухватао је реке Неретву и Босну са притокама. Теренско узорковање на одабраним водним телима у Босни и Херцеговини спроведено је у октобру 2008. Од десет локалитета на којима је обављено узорковање, шест се налази на рекама, а четири на језерима/акумулацијама (узорци су изузети из анализе). Анализирани су узорци реке

Неретве – 1 локалитет, код места Житомилић и реке Босне са 5 локалитета, 3 на главном току реке и 2 на њеним притокама, Црној ријеци и Фојничкој ријеци (прилог 3).

3.3. Методологија узорковања

Узорковање, паковање, презервација материјала као и анализа, вршена је према светским и европским стандардима: ISO 5667-3:1995, EN 27828:1994, EN 28265:1994, EN ISO 9391:1995, EN ISO 8689-1:1999 и EN ISO 8689-2:1999.

Начин прикупљања материјала условљен је типом истраживаног екосистема. Узорци су прикупљени бентолошком мрежом, у свим случајевима где је то било могуће, како би се обезбедили подаци које је могуће поредити на адекватан начин. Остали алати за прикупљање материјала коришћени су у случајевима када узорке није било могуће прикупити мрежама због велике дубине или брзине тока.

3.3.1. Методологија узорковања брдско-планинских текућица

Материјал, који је коришћен за анализу брдско – планинских текућица, прикупљен је коришћењем две методе узорковања, семиквантитативне K&S методе и квантитативним узорковањем помоћу *Sirber* мреже.

K&S метода узорковања је коришћена у приобалном региону до 1,5 m дубине коришћењем одговарајућег стандарда (EN 27828:1994) према MHS процедури. Материјал је прикупљан употребом ручне бентолошке мреже промера окаца 500 μ m. Узорковање је вршено комбинованом техником подизања материјала са подлоге трзајима ногу и његовим сакупљањем у мрежу која је оријентисана у правцу воденог тока и ручним сакупљањем са подлоге (EN 27828:1994), семи-квантитативним узорковањем у дефинисаном временском интервалу, при чему је прикупљано са свих доступних станишта, пропорционално њиховој заступљености. У циљу семиквантитативног приступа, уложен је исти напор приликом сваког узорковања. Приликом прикупљања узорака у обзир је узет део водотока од око 100 m дужине, на коме је извршена визуелна процена доминантне подлоге, процена средње дубине и ширине тока, процена покривности/обраштаја, а према MHS процедури која подразумева процену расположивих станишта на потезу узорковања и прикупљање материјала са свих доступних станишта која су заступљена са више од 5% (AQEM

Consortium, 2002). Визуелна класификација супстрата по величини честица је урађена према скали датој у делу *Увод* у табели 1.

Квантитативно узорковање *Sürber* мрежом, промера окаца 500 μm и рамом величине 25x25 cm, извршено је на истој деоници где је вршено и K&S узорковање. Свако узорковање укључује пет подзорка који покривају површину од 3.125 cm², односно 0,3125 m². Подзорци су прикупљени са доминантних врста подлоге како би се обезбедио репрезентативни узорак за дати део тока.

За очување узорака прикупљених у брдско-планинским текућицама као фиксатив је коришћен 4 % формалдехид.

3.3.2. Методологија узорковања већих равничарских река – река Дунав

Током истраживања Дунава у оквиру пројекта *Aquaterra* коришћене су три методе узорковања водених макробескичмењака (Slobodnik, 2005).

У случају када је примењена K&S метода, коришћена је британска ручна мрежа (енгл. *British FBA pond net*) промера окаца величине 950 μm . Прикупљени су семи-квантитативни узорци и то применом истог „напора узорковања” и дефинисањем временског интервала за прикупљање узорака. K&S метода је примењена и на левој и на десној страни приобалне зоне сваког профила на дубини до 1,5 m. Овом техником је узорковано на свих 30 локалитета Дунава.

Макробескичмењаци су прикупљани и роњењем на дах. Ручна мрежа је коришћена слично као код K&S методе. Урађана је у подлогу и прикупљен је материјал са дна заједно са организмима. Шкољке су такође прикупљане роњењем и стављане у мрежу. Максимална дубина зарона износила је 4 m. Прикупљање узорака роњењем показало се најефикаснијом методом за узорковање шкољки на већини локалитета чак и на мањим дубинама.

Дреца је коришћена у обалској зони као и дубокој води уз употребу моторног чамца. Ова метода узорковања је примењена на два локалитета (ADS 1 и 2). Даљна употреба дреце није била могућа због недостатка времена и обимног програма узорковања. Приликом узорковања коришћена је дреца са троугластим и назубљеним металним оквиром, промера окаца 500 μm . Дреца је вучена канапом дужине 20 m са чамца, по дну реке на дужини од око 10 m.

Метода узорковања помоћу хидрауличког *polyp* багера вршена је са брода „Аргус” на локалитетима од 1 до 18. Низводно од ових локалитета, у доњем делу Дунава, тешко се налази велико камење у обалском региону. Извучено камење је добро и пажљиво испрано. Организми и чврсти отпаци су сакупљени у сито промера окаца 500 μm .

Узорци водених макробескичмењака обележени су и фиксирани у 70% раствору етил-алкохола.

За сваку технику узорковања уложен је исти „напор узорковања” због могућности квантитативног поређење података.

3.3.3. Методологија узорковања - JDS 2 експедиција

За прикупљање фауне водених макробескичмењака на експедицији JDS2 коришћене су *Air-lift* и *Multicorer* технике као стандардне методе. Опрема која је коришћена за обе технике узорковања монтирана је на брод. Поред тога, узорци су узети и у обалској зони K&S техником (Graf, 2008).

Примена *Air-lift*/MHS/*Multicorer* методе узорковања

Током JDS 2 истраживања водени макробескичмењаци су узорковани са речног дна (на дубини између 1,2 m и 11,5 m; просчна дубина 4,9 m). *Air-lift* методом (Prehofer, 1998) узорци су прикупљени са 81 локалитета. Због ниског водостаја и врло финог наноса седимента на одређеним локалитетима, као алтернатива, примењене су методе MHS узорковања (9 тачака, углавном на притокама) и *Multicorer* узорковања (6 тачака).

Узорци су прикупљени са 96 локалитета. На сваком локалитету узето је по шест подузорака (три на левој и три на десној страни) који су спајани у један узорак. На местима где се састав подлоге или брзина тока битно разликују, узорци са леве и десне стране чувани су одвојено.

Прикупљен материјал испиран је кроз мрежу величине промера окаца 100 μm . Сакупљени узорци фиксирани су и чувани у формалдехиду (4%), а затим обрађени у лабораторијама *BOKU* института у Бечу.

Примена К&S/дреца методе узорковања

У плиткој, приобалној, зони главног тока Дунава (на 74 локалитета) и на притокама (на 9 локалитета) примењена је К&S метода узорковања (EN 27828:1994). Узорци су прикупљени ручном мрежом промера окаца 500 μ m, са дубине од 1,5 m. Узорковање је вршено на скоро свим типовима станишта у приобалној зони.

Због повишеног нивоа воде низводно од „Ђердапа” 2 (локалитети JDS 65 да JDS 96 - укупно 32 профила, укључујући и 6 притока), као алтернативна метода узорковања, коришћена је дреца са троугластим челичним оквиром (промер отвора 25 cm). Сви подзорци са профила (десно, средина и лево) чувани су за касније анализе као засебни узорци.

Материјал прикупљен К&S техником и дрецом испиран је кроз мрежу промера окаца 500 μ m.

Узорци су чувани у формалдехиду (4%) и касније обрађени на *VITUKI* Институту у Будимпешти.

3.3.4. Методологија узорковања - JDS 3 експедиција

Узорковање водених макробескичмењака током JDS 3 истраживања обављено је применом различитих метода које се могу поделити у три одвојене групе (Graf, 2015).

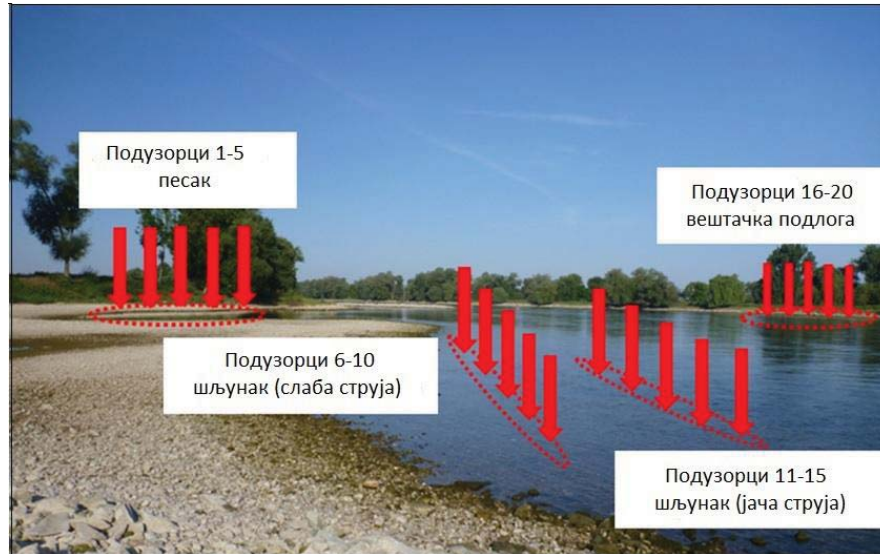
Примена MHS метода узорковања

Главни приступ била је стандардна MHS метода за процену еколошког статуса/потенцијала у складу са ОДВ (AQEM Consortium, 2002).

Узорковање водених макробескичмењака са специфичних станишта у приобалној зони је обављено је MHS мрежом димензија оквира 25 x 25 cm. Ова семи-квантитативна метода обезбеђује узорак од 0,0625 m² по јединици површине.

На сваком локалитету MHS методом узет је узорак који се састоји од 20 подзорака прикупљених са свих типова станишта чији је удео већи од 5% (AQEM Consortium, 2002). Подзорци су чувани одвојено. Типови станишта су изабрани проценом обављеном са моторног чамца. На сваком дефинисаном типу станиште узето је по пет подзорака због лакше статистичке обраде података (слика 11). За сваку групу подзорка са одређене подлоге одређена је дубина воде и брзине протока. Узорковане

јединице са сваког станишта су чуване одвојено. У случају хомогеног супстрата, исти тип супстрата је узоркован покретима различите снаге. Узорковано је укупно 20 подузорака са најмање четири различита типа станишта по локалитету.



Слика 11. Пример узимања подузорака са свих доступних станишта са једног локалитета, преузето и прилагођено према фотографи Момира Пауновића

Методологија узорковања у дубокој води (енгл. *Deep Water Sampling - DWS*)

За прикупљање узорака у дубоким деловима реке примењена је техника узорковања профила дрецом. Овај приступ је коришћен због могућности поређења података прикупљених *Air-lift* техником за узорковање дубоких делова реке, која је примењена током JDS 2 истраживања 2007. године.

Узимање узорака дрецом пружа информације о дистрибуцији организама дуж попречног пресека речног корита у дубљим деловима реке.

Локалитети на којима је узорковано дрецом имају забележене координате са GPS уређајем, док је дубина воде мерена сонаром. На сваком од локалитета прикупљено је по 10 литара материјала, а он је одлаган у канте означене серијским бројевима 1-5, идући од десне ка левој обали. Фотографијама је документована расподела величине супстрата у узорку (слика 12).



Слика 12. Различити типови супстрата узорковани дрецом током JDS 3 истраживања (фотографија Јожеф Секереш)

Теоретски, подаци добијени узорковањем дрецом се могу сматрати семи-квантитативним: троугласти метални оквир дреце дебљине 5 cm и ширине 25 cm обезбеђује узорак запремине 10 литара ако се дрца вуче око 80 cm по дну реке. Ова површина ($25 \times 80 \text{ cm}^2$) представља $0,2 \text{ m}^2$. Појединични узорак помножен са пет даје број индивидуа по метру квадратном.

Узорковање је вршено на дубинама већим од 1,5 m. Највећа дубина на којој је успешно узет узорак дрецом је већа од 20 m (рукавац Килиа).

Примена K&S методе узорковања

K&S узорковање подразумева узимање узорака ручном мрежом у приобалном региону како би подаци могли да се пореде са подацима JDS 2 истраживања прикупљеним истом техником.

K&S узорковање (EN 27828:1994) обавља се у обалском региону коришћењем ручне мреже промера окаца 500 μm узорци су прикупљени у приобалној зони са дубине до 1,5m. Роњење на дах обављено је како би се са веће дубине прикупили узорци слатководних шкољки (до 4 m дубине).

Циљ коришћења K&S методе је да се MHS подаци допуне, између осталог и подацима о дистрибуцији шкољки у приобалном региону.

Сви узорци су фиксирани 4% формалдехидом.

3.3.5. Методологија узорковања на Ђердапском сектору (акумулацији)

Узорци су узети квалитативно, ручном мрежом, промера окаца 250 μm , у приобалној зони методом K&S са свих присутних микростаништа (MHS - метода) и *Van Veen* багером захватне површине 270 cm^2 .

Узорци водених макробескичмењака обележени су и фиксирани у 70% раствору етил-алкохола.

3.3.6. Методологија узорковања на реци Сави

Узорци су прикупљени помоћу ручне мреже (промера окаца 500 μm) на подручју 0,0625 m^2 , у приобалном региону (на дубини од 1,5 m), са свих расположивих врста микростаништа/подлога, како са природних (пп) - камена, шљунка, песка, муља тако и са вештачких структура (вп) - брана, насипа и мостова. Током прикупљања материјала узета су у обзир сва присутна доступна микростаништа. Број узорака сакупљених са одређеног микростаништа на сваком локалитету, одговара релативном присуству одређеног микростаништа у односу на целокупну подлогу датог локалитета (10% = 1 узорак). Узето је по 10 подузорака са природне и исто толико са вештачке подлоге на сваком локалитету. Организми са површине камења сакупљени су пинцетом и уколико је било потребно, стругањем четкицом. Рођење на дах је коришћено за прикупљање шкољки. Приближна дужина испитиваног трансекта на сваком локалитету износила је око 100 m дуж приобалног региона.

За чување узорака прикупљених током овог истраживања као фиксатив коришћен је 70 % етил-алкохол.

3.3.7. Методологија узорковања на рекама Неретва и Босна са притокама

Узорци су узети са свих доступних типова станишта који представљају више од 5% укупне површине станишта на истраживаном току. У овом случају узорковање је изведено применом K&S и AQEM метода (AQEM Consortium, 2002), у плиткој

литоралној зони, током периода ниских вода (EN 27828: 1994). У овом случају резултате је могуће поредити као семи-квантитативне податке с обзиром на разноликост услова. Узорци су прикупљени са дубине од 1,5 m ручном мрежом промера окца 500 μm . Већина типова станишта у приобалној зони укључена је у програм узорковања.

За очување прикупљених узорака као фиксатив коришћен је 4% формалдехид.

3.4. Анализа резултата

Програмски пакет ASTERICS 4.0.4 (AQEM Consortium, 2002) коришћен је за израчунавање биолошких параметара. Параметри у оквиру овог програмског пакета су развијени за различите географске регионе.

Одабрани биолошки параметри анализирани су употребом статистичког програмског пакета „Statistica” верзија 7 (StatSoft, Inc., 2004). Утврђено је да ниједна група анализираних параметара нема нормалну расподелу, па је за процену статистичких разлика међу њима коришћен непараметарски Ман Витни тест (енгл. *Mann-Whitney U Test* - MW-U тест), којим се пореде одабрани биолошки параметри добијени анализом узорака прикупљених двама различитим методама узорковања, које у овом случају представљају независне варијабле.

Из статистичке анализе изузети су биолошки параметри са ADS истраживања, јер је поређење техника узорковања обухватило мањи део испитиваног тока, па се сматра да статистички показатељи не би дали праву слику о две поређене методе.

У обзир су узети следећи биолошки параметри:

- Параметри диверзитета (укупна абунданца заједнице, укупан број таксона/врста, родова и фамилија по узорку, број осетљивих таксона по узорку, број таксона унутар главних таксономских група макробескичмењака по узорку, број индивидуа унутар главних таксономских група по узорку, ЕРТ индекс, H' индекс (Shannon и Weaver, 1949)),
- Параметри унутар функционалних група (процентуално учешће FFG (Cummins и Klug, 1979), процентуално учешће таксона унутар функционалних група са дефинисаном преференцом за одређени тип микростаништа)
- Процентуално учешће таксона са дефинисаном сапробном валенцом (Pantle и Buck, 1955),
- Сапробна валенца - X (Zelinka и Marvan, 1961),

- BMWP и ASPT скор (Armitage и сар., 1983).

Утрошак времена за сваки анализирани сет података, узет двома различитим методама узорковања које се пореде, приказан је табеларно. Време потребно за прикупљање података о локалитетима (подлоге, ширине и дубине тока, ниво хидроморфолошке деградације, итд) није узето у разматрање. Разматрано је прикупљање узорака, смањење обима узорака (елиминација крупнијих делова), паковање узорка и фиксирање. Ефикасност времена узорковања реке Саве није разматрана, јер се у овом случају пореде подаци узети истом методом узорковања са различитог типа подлоге.

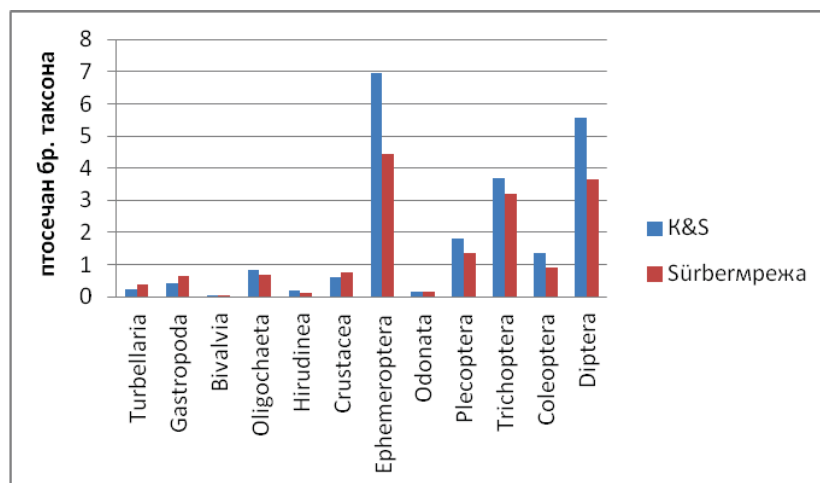
Како би се оценила финансијска ефикасност разматраних техника узорковања, поред временске компоненте, анализиран је и потребан број људи за прикупљање узорака, транспорт опреме и људи, као и време потребно за обраду материјала.

4. РЕЗУЛТАТИ

У наредном делу текста, приказани су резултати истраживања, систематизовани према испитиваном типу екосистема и коришћеним техникама узорковања.

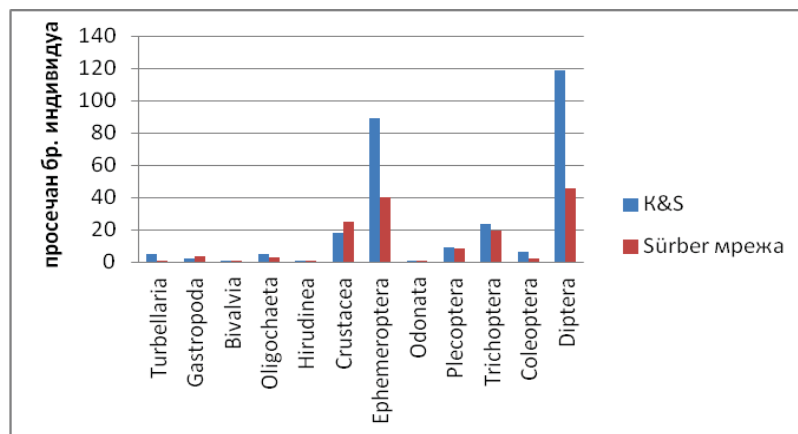
4.1. Поређење методологије узорковања на брдско-планинским текућицама

На основу прикупљеног материјала из испитиваних брдско-планинских текућица, идентификовано је више од 270 врста водених макробескичмењака. Инсекти су најразноврснија група, а међу њима се издвајају групе Ephemeroptera, Diptera и Trichoptera, као главне компоненте заједнице водених макробескичмењака у испитиваном типу вода (слика 13).



Слика 13. Приказ просечног броја таксона унутар група макробескичмењака прикупљених K&S методом и *Sürber* мрежом

На слици 14 дат је приказ просечног броја индивидуа у оквиру детерминисаних група макробескичмењака прикупљених двама различитим техникама узорковања, K&S методом и *Sürber* мрежом, где се могу уочити разлике у бројности две најзаступљеније инсекатске групе, Ephemeroptera и Diptera. Разлике у просечном броју таксона и просечном броју индивидуа код других таксономских група, прикупљених различитим методама узорковања, нису значајне.



Слика 14. Просечан број индивидуа унутар група макробескичмењака прикупљених K&S методом и *Sürber* мрежом

Међу идентификованим врстама превладавају организама који указују на бета-месосапробни степен органског загађења (21,78%). Следе групе, показатељи олигосапробног (13,3%) и алфамезосапробног (8,3%) загађења. Ксеносапробна и полисапробна група организама заступљена је са мање од 5%. Анализом односа у заједници у оквиру функционалних група у исхрани, најзаступљенији су сакупљачи са 28,9% и кидачи/стругачи са 27,01%, што је више од половине од укупног броја забележених врста. Остатак чине представници група секача и предатора чија је појединачна процентуална заступљеност испод 10%, што је очекивано за овакав тип текућица и у складу је са концептом речног континуума (енгл. *River Continuum Concept*) (Vannote и сар., 1980).

Параметари коришћени за поређење ефикасности два приступа за узимање узорака искључују функционалне групе организама везане за одређени тип подлоге, јер сви анализирани локалитети припадају истом типу, брдских и планинских, малих и средњих токова, са доминацијом крупне подлоге.

На основу резултата MW-U теста, којим су анализиране две технике узимања узорака (табела 4), уочава се да следећи параметри показују статистички значајну разлику ($p < 0,05$): укупна абунданца, укупан број таксона, број фамилија и родова, број осетљивих таксона, број таксона унутар група Ephemeroptera, Coleoptera и Diptera као и број ЕРТ-таксона, број индивидуа у оквиру група Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera и Diptera. Процентуални удео кидача и стругача у оквиру две технике узорковања је

значајно другачија. Остали анализирани параметри нису показали статистички значајне разлике у два различита сета узорака.

Табела 4. Резултати MW–U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих K&S метода и Sürber мрежом на брдско-планинским текућицама (црвено – статистички значајне вредности за $p < 0,05$)

Биолошки параметри	U	Z	Р - вредност	Z	Р - вредност
Абунданца [ind/m ²]	773,500	2,117985	0,034177	2,118024	0,034174
Број таксона	645,000	3,122269	0,001795	3,125559	0,001775
Број фамилија	670,000	2,92688	0,003424	2,93504	0,003335
Број родова	677,500	2,86827	0,004128	2,87274	0,004070
Број осетљивих таксона (Аустрија)	738,500	2,39153	0,016779	2,41107	0,015907
Сапробни индекс (Zelinka и Marvan)	921,500	0,824696	0,409545	0,824702	0,409541
Shannon индекс диверзитета	818,000	1,770198	0,076695	1,770204	0,076694
BMWP скор	703,500	2,665066	0,007698	2,665513	0,007687
ASPT	806,000	1,863983	0,062325	1,864282	0,062283
Број таксона Turbellaria	897,500	-1,14887	0,250610	-1,51062	0,130887
Број таксона Gastropoda	943,000	-0,79327	0,427623	-0,91719	0,359043
Број таксона Bivalvia	1034,500	0,07815	0,937705	0,25537	0,798438
Број таксона Oligochaeta	1010,000	0,26963	0,787443	0,29544	0,767657
Број таксона Hirudinea	990,000	0,42594	0,670151	0,66794	0,504174
Број таксона Crustacea	1033,500	-0,08597	0,931490	-0,09559	0,923847
Број таксона Ephemeroptera	598,500	3,48569	0,000491	3,50332	0,000460
Број таксона Odonata	1032,000	0,09769	0,922176	0,16241	0,870986
Број таксона Plecoptera	819,500	1,75847	0,078668	1,80959	0,070360
Број таксона Trichoptera	876,500	1,31299	0,189186	1,32425	0,185421
Број таксона Coleoptera	791,500	1,97731	0,048008	2,06021	0,039379
Број таксона Diptera	560,500	3,78267	0,000155	3,82227	0,000132
ЕРТ-таксони	690,000	2,77057	0,005596	2,77500	0,005521
Број индивидуа Turbellaria	938,500	-0,82844	0,407424	-1,07924	0,280480
Број индивидуа Gastropoda	916,500	-1,00038	0,317129	-1,13426	0,256687
Број индивидуа Bivalvia	1034,000	0,08206	0,934597	0,26811	0,788618
Број индивидуа Oligochaeta	981,000	0,49628	0,619697	0,52899	0,596813
Број индивидуа Hirudinea	995,500	0,38296	0,701752	0,59850	0,549505
Број индивидуа Crustacea	1018,500	0,20320	0,838978	0,21345	0,830973
Број индивидуа Ephemeroptera	708,500	2,62599	0,008640	2,62634	0,008631
Број индивидуа Odonata	1035,500	0,07034	0,943924	0,11674	0,907067
Број индивидуа Plecoptera	786,000	2,02029	0,043354	2,03422	0,041930
Број индивидуа Trichoptera	866,000	1,39506	0,163000	1,39710	0,162384
Број индивидуа Coleoptera	761,000	2,21568	0,026714	2,27089	0,023154
Број индивидуа Diptera	781,000	2,05937	0,039460	2,06022	0,039378
ксеносапробни организми [%]	955,500	-0,695574	0,486696	-0,696758	0,485955

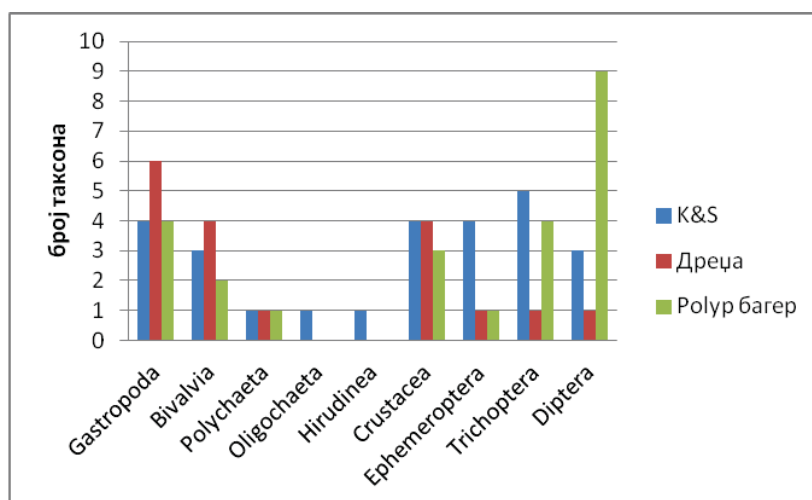
олигосапробни организми [%]	1017,000	-0,214925	0,829826	-0,214929	0,829823
бетамезосапробни организми [%]	1001,000	0,339972	0,733878	0,339972	0,733878
алфамезосапробни организми [%]	1018,000	-0,207109	0,835925	-0,207110	0,835924
полисапробни организми [%]	994,500	0,390772	0,695966	0,500690	0,616589
[%] Стругачи	785,000	2,02811	0,042550	2,02812	0,042549
[%] Секачи	948,000	0,75419	0,450736	0,75481	0,450364
[%] Колектори	905,000	1,09025	0,275602	1,09025	0,275602
[%] Филтратори	931,000	0,88705	0,375051	0,88745	0,374836

4.2. Поређење методологије узорковања на реци Дунав (*Aquaterra* експедиција)

На прва два локалитета *Aquaterra* експедиције примењене су све три наведене методе узорковања (K&S, хидраулични *polyp* багер и дреца). Узорковање хидрауличним *polyp* багером и K&S методом у приобалној зони вршено је истовремено, док се узорковање дрецом вршило након завршетка прве две процедуре.

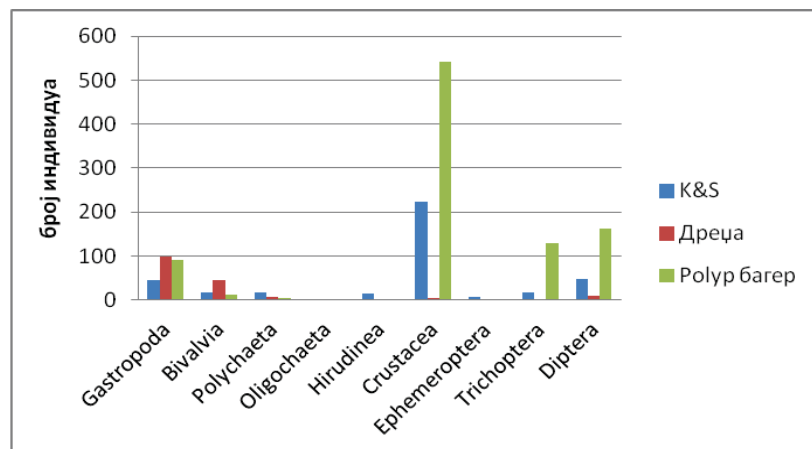
На терену је закључено је да је за узорковање дрецом потребно пуно времена, и да би то утицало на целокупан процес узорковања током овог истраживања, тако да није коришћено у даљем току узорковања на локалитетима од ADS 3 до ADS 30. Узорковање хидрауличним *polyp* багером и K&S метода примењене су истовремено на локалитетима од ADS 1 до ADS 18. У наставку експедиције коришћена је само K&S метода (Slobodnik, 2005).

Анализа узорака са прва два локалитета (ADS 1- 2), прикупљених применом све три поменуте методе узорковања, показује да су групе Crustace и Insecta, најзаступљеније и таксономски најбогатије групе у горњем делу Дунава. У оквиру инсекатских група на два испитивана локалитета доминирају таксони Diptera, посебно Chironomidae, Trichoptera и Ephemeroptera. Следе Mollusca у оквиру којих је група Gastropoda бројнија од групе Bivalvia. Остале забележене групе су мање заступљене (Polychaeta, Oligochaeta и Hirudinea). Ефикасност узорковања три технике приказан је као број таксона у оквиру идентификованих група на слици 15 и као број индивидуа у оквиру идентификованих група (слика 16). Уочава се да узорковање дрецом није било најефикаснија метода у погледу забележених инсекатских група на датим локалитетима. У случају K&S методе број поменутих таксона и индивидуа у оквиру ових таксономских група био је већи.



Слика 15. Број таксона унутар група макробескичмењака прикупљених K&S методом, дрецом и хидрауличним *polyp* багером (ADS 1-2)

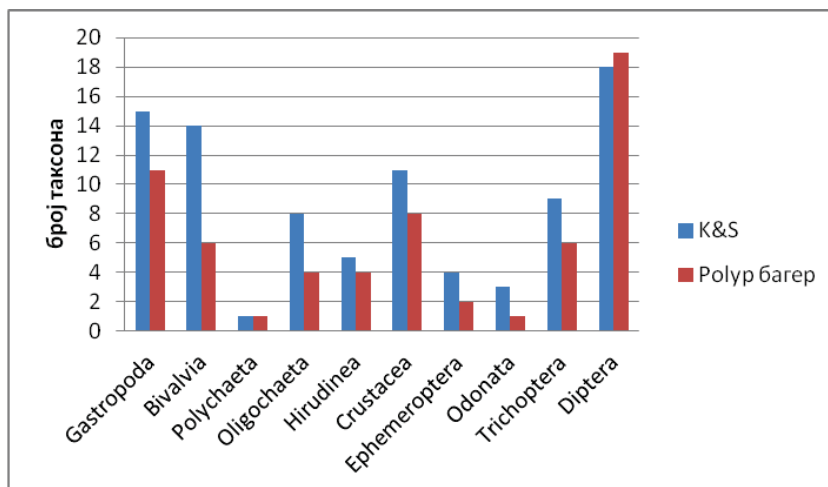
K&S методом узорковања прикупљено је укупно 10 таксона из групе Crustacea, а дрецом и багером 7 таксона. K&S методом прикупљено је 12 инсекатских таксона, багером 14, а дрецом само 3 представника ове групе. Узимајући у обзир број индивидуа у оквиру група ситуација је слична. Преко 200 индивидуа Crustacea је прикупљено K&S методом, односно 500 *polyp* багером. Из дреце је издвојено свега 5 индивидуа. Број индивидуа групе Mollusca био је значајанији у случају узорковања дрецом (Gastropoda 99, Bivalvia 46). Значајан број индивидуа поменуте групе забележен је и у узорцима прикупљеним K&S методом (Gastropoda 45, Bivalvia 16) и *polyp* багером (Gastropoda 91, Bivalvia 13) (слика 16).



Слика 16. Број индивидуа унутар група макробескичмењака прикупљених K&S методом, дрецом и хидрауличним *polyp* багером (ADS 1-2)

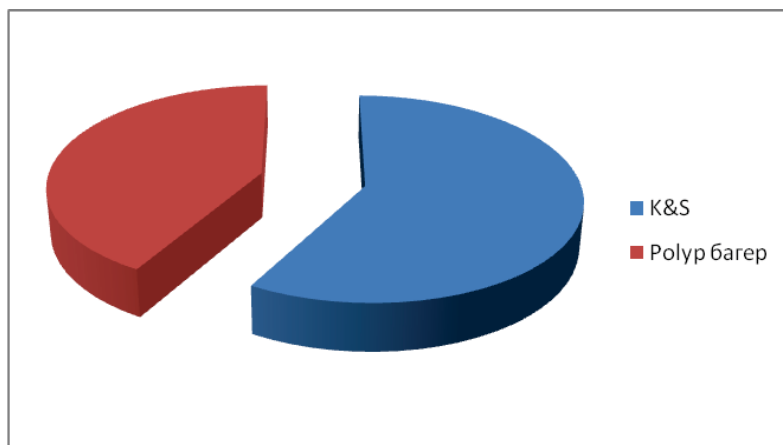
Узорковање дрецом је најефикасније за прикупљање *Gastropoda* и *Bivalvia*, али на прва два локалитета ови организми не представљају значајне групе у оквиру заједнице водених макробескичмењака. То се може објаснити саставом подлоге у овом делу Дунава, која се састоји углавном од песка, ситнијег и крупнијег камена (шљунковита/каменита), те нису заступљена станишта погодна за поменуте групе организама.

Узорковање хидрауличним *polyp* багером и К&S техником вршено је паралелно на локалитетима од ADS 1 до ADS 18. Резултати ове две методе узорковања поређени су како би се анализирана њихова ефикасност. Детаљни резултати о броју таксона приказани су на слици 17.



Слика 17. Број таксона унутар група макробескичмењака прикупљених К&S методом и хидрауличним *polyp* багером (ADS 1-18)

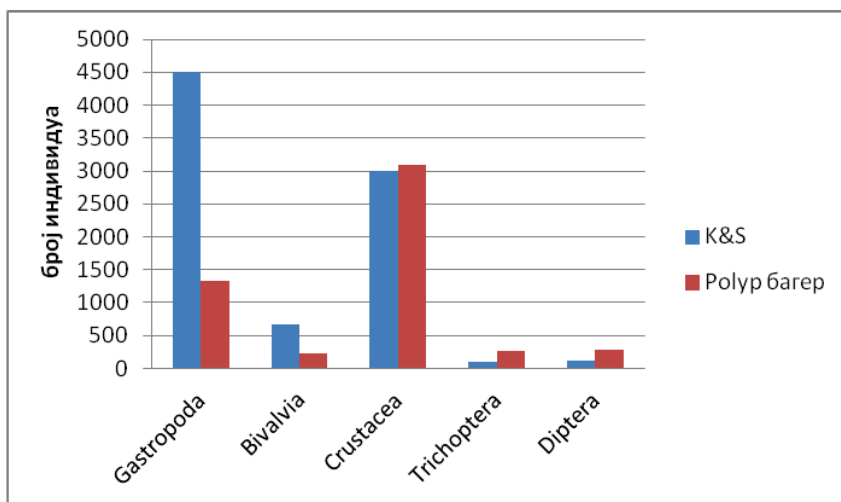
На слици 18 се уочава да је К&S метода ефикаснија кад је у питању броја таксона макробескичмењака у оквиру најзаступљенијих таксономских група. Постоји значајна разлика у укупном броју таксона између ове две методе узорковања. Укупно 74 таксона је забележено након обраде узорака прикупљених К&S методом. Анализом узорака прикупљених багером забележено је укупно 53 таксона (слика 18).



Слика 18. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним K&S методом и хидрауличним *polyp* багером (ADS 1-18)

Начелно, може се закључити да постоји око 10-20% разлике између ефикасности ове два технике узорковања, осим кад су у питању врсте из група *Bivalvia*, јер је ефикасност K&S методе дупло већа од узорковања багером. Ово се може објаснити тиме што је уз K&S узорковање обављено додатно претраживање терена рођењем, што је веома важан део ове методе због специфичне дистрибуције врста из групе *Bivalvia*.

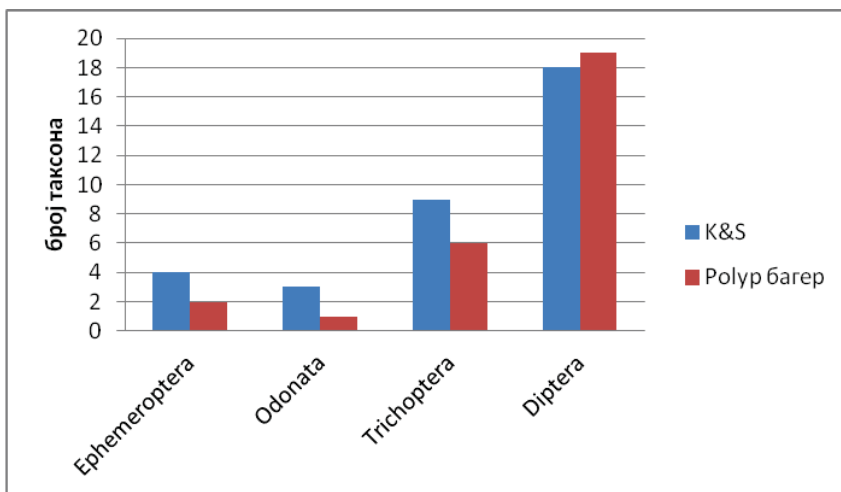
На слици 19 приказан је број индивидуа у оквиру најзаступљенијих таксономских група где се јасно уочава да не постоје значајне разлике у бројности идентификованих таксономских група прикупљених двема техникама, осим код групе *Gastropoda*. Три пута више примерака је било присутно у узорцима прикупљеним K&S техником него у узорцима прикупљеним *polyp* багером. Ово се може објаснити тиме што најзаступљенија врста *Gastropoda* у Дунаву, *Lithoglyphus naticoides* (Pfeiffer, 1828), преферира подлогу са меким наносом седимента. Багером се захвата подлога која садржи углавном крупно камење, у којој су представници ове групе слабије заступљени. Подлога богата седиментом начелно је искључена из узорака прикупљених хидрауличним багером, те у овом случају узорци узети K&S методом садрже више група организама које су бројније.



Слика 19. Број индивидуа унутар најзаступљенијих група макробескичмењака прикупљених K&S методом и хидрауличним *polyp* багером (ADS 1-18)

Поред Gastropoda, Crustacea представља једну од најзаступљенијих група макробескичмењака у Дунаву. Није забележена значајна разлика у ефикасности узорковања ове групе у оквиру две испитиване методе узорковања.

Слика 20 илуструје бројност таксона у оквиру инсекатских група узоркованих два методама. Нису идентификоване значајне разлике појединачне бројности у оквиру група сем код Trichoptera и Ephemeroptera.

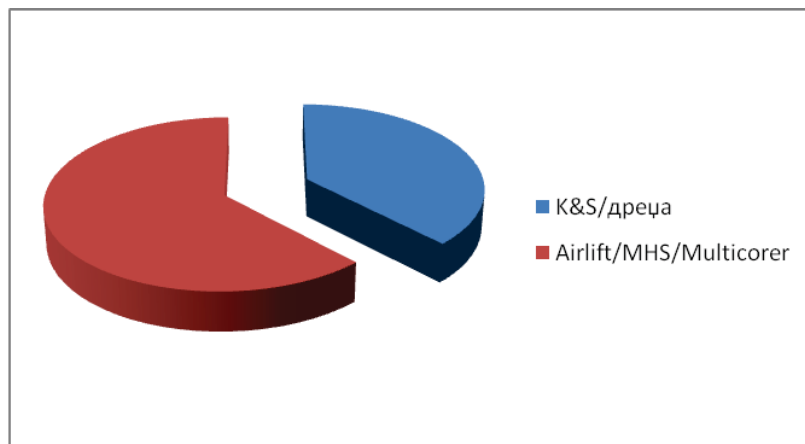


Слика 20. Број таксона унутар инсекатских група макробескичмењака прикупљених K&S методом и хидрауличним *polyp* багером (ADS 1-18)

Тешко је дати конкретан закључак о односу ове три методе узорковања због чињенице да постоје велике разлике везане за део реке који се узоркује сваком методом. Подаци за све три методе постоје само са два локалитета који се налазе на најузводнијем делу испитиваног подручја реке Дунав. Треба нагласити да је потребна прецизнија и детаљнија примена узорковања дрецом за анализирање њених могућности. У одређеним условима (поплаве) овај приступ може бити једина практична метода узорковања за испитивање тако велике реке као што је Дунав.

4.3. Поређење методологије узорковања на реци Дунав (JDS 2 експедиција)

Анализом свих узорака прикупљених током JDS 2 истраживања свим коришћеним методама узорковања (*Air-lift*, *Multicorer*, MHS, K&S и дреца) забележен је укупно 441 таксон водених макробескичмењака. *Air-lift*/MHS/*Multicorer* методама прикупљено је 362 таксона, а 220 таксона K&S/дреча методама (слика 21).



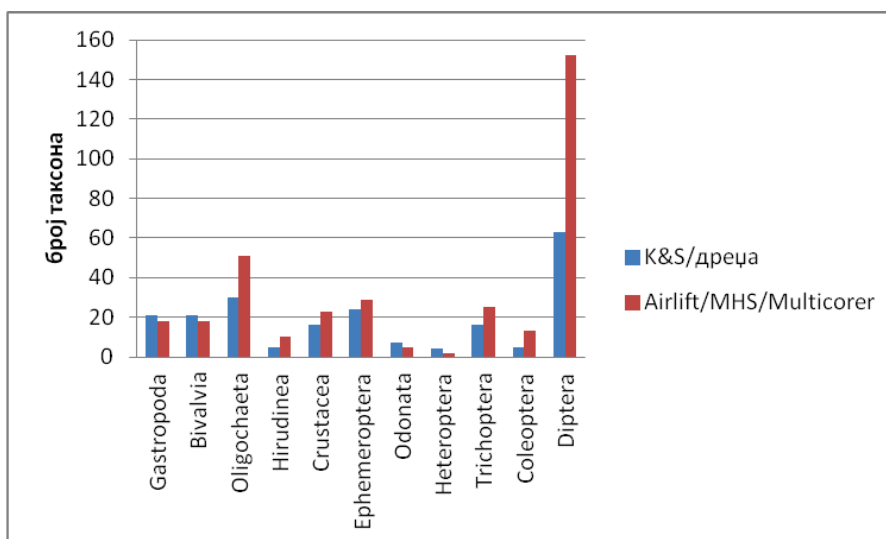
Слика 21. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним K&S/дреча и *Air-lift*/MHS/*Multicorer* методама (JDS 2)

Међу идентификованим врстама превладавају организми који толеришу алфа-(66,83%) и бета-мезосапробни (20,36%) степен органског загађења. Ксеносапробна, олигосапробна и полисапробна група организама заступљена је са мање од 10 %.

Анализом односа у заједници, у оквиру функционалних група у исхрани, стругачи се издвајају као доминантна група са процентуалним учешћем од 67,82%, док

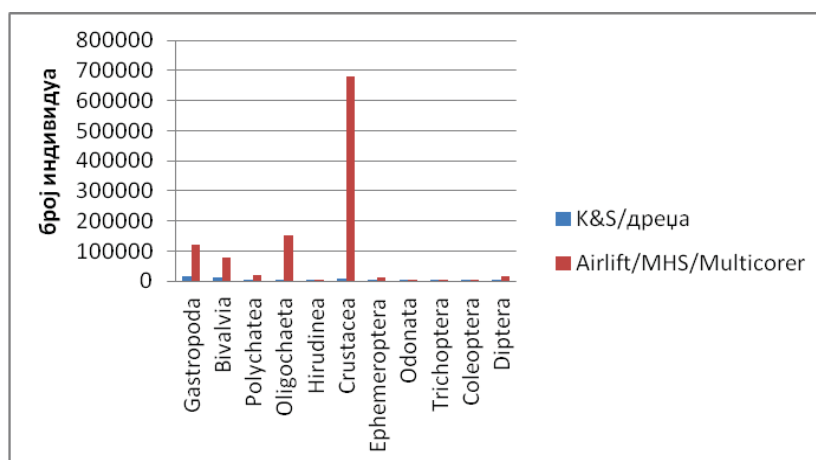
су остале групе готово подједнако заступљене у анализираној заједници (предатори – 16,93%, сакупљачи -12,34%, секачи – 11,74%).

Најразноврсније групе биле су Diptera (174 таксона) и Oligochaeta (53 таксона), следе групе Ephemeroptera (42 врста), Trichoptera (35 таксона) и Mollusca (Bivalvia са 26 таксона, Gastropoda са 27 таксона). Забележене су и групе Coleoptera (17 таксона), Amphipoda (13 таксона) и Hirudinea (11 таксона). Остале нађене групе су мање разноврсне. Ови подаци се односе се на испитивани део тока Дунава, с тим да се број инсекатских група значајно смањује идући низводно.



Слика 22. Број таксона унутар најзаступљенијих група макробескичмењака прикупљених K&S/дрецa и *Air-lift/MHS/Multicorer* методама (JDS 2)

Поређењем сета података у узорцима прикупљеним *Air-lift/MHS/Multicorer* методама забележен је велики број таксона унутар група Oligochaeta и Diptera (фамилија Chironomidae чини већину забележених Diptera). Већина других група такође је ефикасно прикупљена овим методама. K&S/дрецa методе узорковања биле су ефикасније за прикупљање група Mollusca, Odonata и Heteroptera (слика 22).



Слика 23. Број индивидуа унутар најзаступљенијих група макробескичмењака прикупљених К&S/дреца и *Air-lift/MHS/Multicorer* методама (JDS 2)

Унутар најзаступљенијих група забележена је значајна бројност индивидуа у оквиру Crustacea, Oligochaeta, Gastropoda и Bivalvia у узорцима прикупљеним *Air-lift/MHS/Multicorer* методама у односу на К&S/дреца узорке (слика 23).

Поређење метода *Air-lift/MHS/Multicorer* и К&S/дреца је тешко, јер се два приступа не разликују само технички, већ и у погледу узорковања различитих просторних зона реке што показују и резултати MW - U теста приказани у табели 5. Уочава се да већина анализираних биолошких параметара показује статистички значајну разлику ($p < 0,05$).

Табела 5. Резултати MW–U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих *Air-lift/MHS/Multicorer* и К&S/дреца - Дунав JDS 2 (црвено – статистички значајне вредности за $p < 0,05$)

Биолошки параметри	U	Z	Р-вредност	Z	Р-вредност
Абунданца [ind/m ²]	262,000	-9,58664	0,000000	-9,58664	0,000000
Број таксона	2564,500	0,93216	0,351252	0,93294	0,350852
Број фамилија	2563,000	-0,93780	0,348347	-0,94135	0,346528
Број родова	2782,500	0,11276	0,910219	0,11298	0,910047
Број осетљивих таксона	1170,500	6,17183	0,000000	6,37096	0,000000
Сапробни индекс (Zelinka и Marvan)	272,000	9,54905	0,000000	9,54912	0,000000
Shannon индекс диверзитета	670,000	8,05307	0,000000	8,05307	0,000000
BMWP Скор	1755,000	3,97485	0,000070	3,97661	0,000070
ASPT	840,500	7,41221	0,000000	7,41455	0,000000
Број таксона Porifera	2550,000	-0,98667	0,323807	-2,02469	0,042900
Број таксона Turbellaria	2812,500	0,00000	1,000000	0,00000	1,000000

Број таксона Nematoda	1875,000	-3,52381	0,000425	-5,45894	0,000000
Број таксона Gastropoda	843,500	7,40094	0,000000	7,50256	0,000000
Број таксона Bivalvia	902,500	7,17917	0,000000	7,28255	0,000000
Број таксона Polychaeta	1575,000	-4,65143	0,000003	-5,46698	0,000000
Број таксона Oligochaeta	1972,500	-3,15733	0,001592	-3,17591	0,001494
Број таксона Hirudinea	2542,000	-1,01674	0,309280	-1,40824	0,159062
Број таксона Crustacea	1562,000	-4,70029	0,000003	-4,75018	0,000002
Број таксона Ephemeroptera	2724,500	-0,33077	0,740820	-0,54868	0,583229
Број таксона Odonata	1896,000	3,44487	0,000571	4,24084	0,000022
Број таксона Plecoptera	2775,500	-0,13907	0,889393	-0,57349	0,566314
Број таксона Heteroptera	2737,500	-0,28190	0,778017	-1,01022	0,312390
Број таксона Megaloptera	2775,000	0,14095	0,887908	1,00000	0,317311
Број таксона Trichoptera	2379,000	-1,62941	0,103228	-1,96608	0,049290
Број таксона Coleoptera	2036,000	-2,91865	0,003516	-4,67152	0,000003
Број таксона Diptera	2783,000	-0,11088	0,911710	-0,11194	0,910872
Број таксона Bryozoa	2662,500	0,56381	0,572884	2,02044	0,043338
ЕРТ-Таксони	2324,500	-1,83426	0,066616	-2,07065	0,038392
Број индивидуа Porifera	2535,000	-1,0430	0,296927	-2,1376	0,032547
Број индивидуа Turbellaria	2812,500	0,0000	1,000000	0,0000	1,000000
Број индивидуа Nematoda	1875,000	-3,5238	0,000425	-5,4291	0,000000
Број индивидуа Gastropoda	2172,500	2,4056	0,016147	2,4064	0,016109
Број индивидуа Bivalvia	1779,500	-3,8828	0,000103	-3,8828	0,000103
Број индивидуа Polychaeta	1353,000	-5,4859	0,000000	-6,1679	0,000000
Број индивидуа Oligochaeta	113,500	-10,1448	0,000000	-10,1617	0,000000
Број индивидуа Hirudinea	2463,000	-1,3137	0,188956	-1,8125	0,069914
Број индивидуа Crustacea	917,500	-7,1228	0,000000	-7,1233	0,000000
Број индивидуа Ephemeroptera	2687,000	-0,4717	0,637127	-0,7820	0,434238
Број индивидуа Odonata	2089,000	2,7194	0,006540	3,3084	0,000938
Број индивидуа Plecoptera	2776,000	-0,1372	0,890878	-0,5657	0,571578
Број индивидуа Heteroptera	2739,000	-0,2763	0,782344	-0,9899	0,322216
Број индивидуа Megaloptera	2775,000	0,1410	0,887908	1,0000	0,317311
Број индивидуа Trichoptera	2247,500	-2,1237	0,033698	-2,5484	0,010823
Број индивидуа Coleoptera	2032,500	-2,9318	0,003370	-4,6771	0,000003
Број индивидуа Diptera	1603,000	-4,5462	0,000005	-4,5713	0,000005
Број индивидуа Bryozoa	2662,500	0,5638	0,572884	2,0204	0,043338
ксеносапробни организми [%]	1861,500	-3,57455	0,000351	-4,44353	0,000009
олигосапробни организми [%]	867,500	7,31073	0,000000	7,31073	0,000000
бетамезосапробни организми [%]	158,000	9,97754	0,000000	9,97756	0,000000
алфамезосапробни организми [%]	522,000	8,60937	0,000000	8,60937	0,000000
полисапробни организми [%]	2507,500	-1,14641	0,251626	-1,15016	0,250080
[%] Стругачи	364,500	9,20137	0,000000	9,20137	0,000000
[%] Секачи	356,500	9,23144	0,000000	10,09247	0,000000
[%] Сакупљачи	371,000	9,17693	0,000000	9,17693	0,000000
[%] Филтратори	354,000	9,24083	0,000000	9,24083	0,000000
[%] Организми који насељавају муљ	687,000	7,989176	0,000000	7,989176	0,000000

[%] Организми који насељавају глину	876,000	7,278777	0,000000	7,284069	0,000000
[%] Организми који насељавају песак	444,000	8,902547	0,000000	8,902547	0,000000
[%] Организми који насељавају крупнији песак	2439,500	1,402006	0,160915	1,402014	0,160912
[%] Организми који насељавају шљунак/камен	822,000	7,481748	0,000000	7,481781	0,000000
[%] Организми који насељавају алге, маховина, макрофите	1692,500	4,209775	0,000026	4,210236	0,000026
[%] Организми који насељавају финозрнасту фракцију	1779,500	3,882766	0,000103	3,882887	0,000103

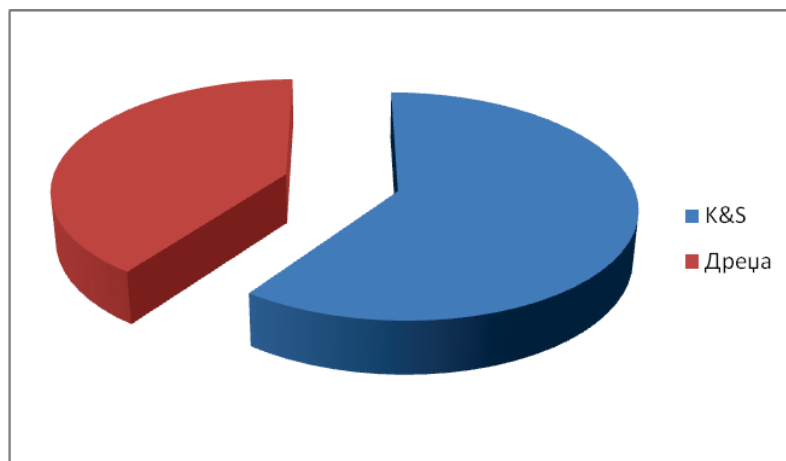
4.4 Поређење методологије узорковања на реци Дунав (JDS 3 истраживање)

Анализом узорака узетих свим методама узорковања (MHS, K&S метода, дреца) идентификовано је укупно 460 таксона. Инсектска група, са 319 таксона, је доминантна компонента заједнице макробескичмењака. Diptera са 222 таксона је најразноврснија група, од тога 200 врста припада фамилији Chironomidae. Остале забележене групе су: Oligochaeta (55 таксона), Mollusca (43 таксона - Bivalvia 23 и Gastropoda 20), Trichoptera (40 таксона), Ephemeroptera (32 таксона), Coleoptera (15 таксона), Amphipoda (15 таксона) и Odonata (13 таксона). Друге забележене таксономске групе биле су мање разноврсне.

Бета-мезосапробни организми су процентуално најзаступљенији у анализираној заједници макробескичмењака (32,54%). Процентуално учешће алфа-мезосапробних организама у испитиваној заједници је дупло мање (15,81%) Ксеносапробна, олигосапробна и полисапробна група организама била је заступљена са мање од 10 %.

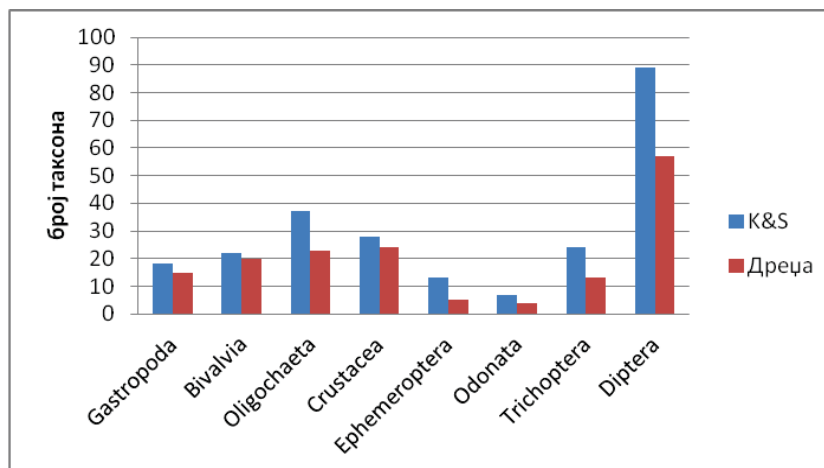
У оквиру функционалних група у исхрани очекивано су се издвојили сакупљачи као доминантна група у оквиру анализиране заједнице, са процентуалним учешћем од 67,44 %. Следе стругачи са процентуалним учешћем од 10,29 %, док су предатори и секачи заступљени са мање од 5%.

Мањи број таксона је забележен у дубљим зонама реке (дреча) него у узорцима из приобалне зоне прикупљеним K&S техником (слика 24). Ово се може објаснити чињеницом да се дубљи делови великих река одликују мањом густином и хомогеном насељеошћу, што је узроковано нестабилним условима седимента (Moog и сар., 2000; Csányi и сар., 2012).



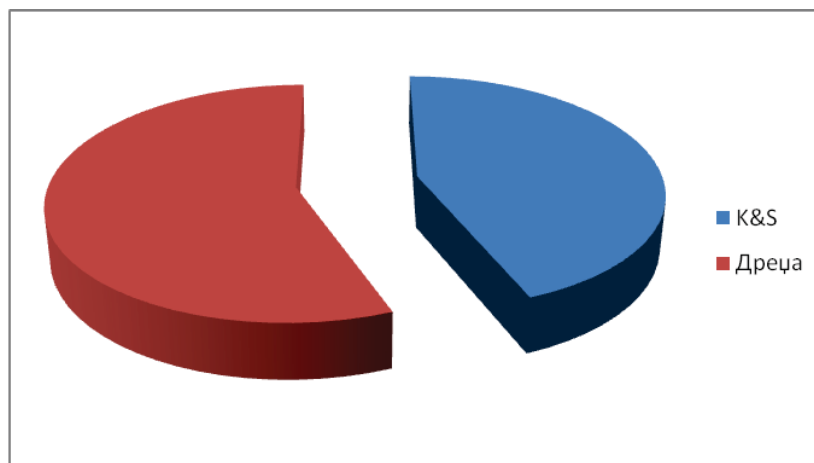
Слика 24. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним К&S методом и дреџом (JDS 3)

На слици 25 се јасно уочава да су, сем групе Diptera, Trichoptera и Oligochaeta, остали таксони готово једнако заступљени у узорцима прикупљеним дреџом и К&S методом.



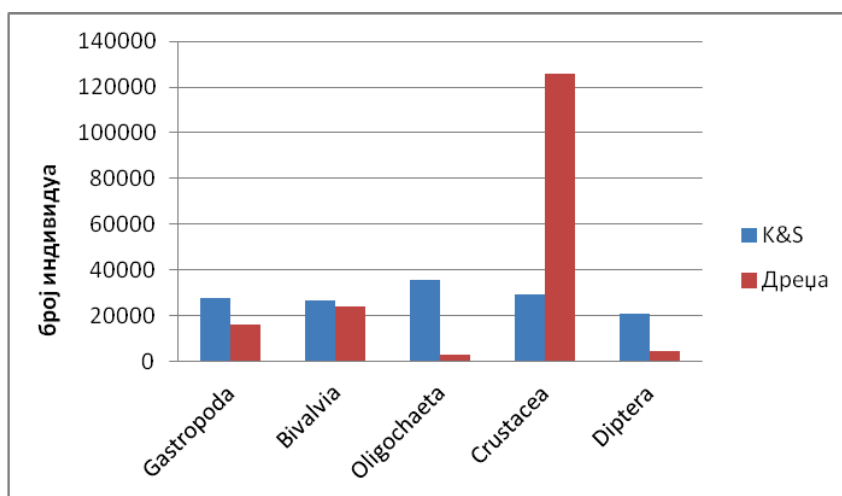
Слика 25. Број таксона унутар најзаступљенијих група макробескичмењака прикупљених К&S методом и дреџом (JDS 3)

Интересантан је однос укупног броја индивидуа у узорцима две поређене методе (слика 26). У узорцима прикупљеним дреџом забележен је већи број индивидуа.



Слика 26. Укупан број индивидуа у узорцима прикупљеним К&S методом и дреџом (JDS 3)

То се нарочито односи на бројност представника групе Crustacea који су изузетно бројни у узорцима прикупљеним дреџом, док је број представника група Oligochaeta и Diptera већи у узорцима прикупљеним К&S методом (слика 27). Код осталих забележених група није забележена значајна разлика у броју индивидуа у узорцима прикупљеним два анализираним методама.



Слика 27. Број индивидуа унутар најзаступљенијих група макробескичмењака прикупљених К&S методом и дреџом (JDS 3)

Поређењем података добијених током овог истраживања применом два приступа узорковања, као и у случају JDS 2 истраживања, јасно се уочава раздвајање метода, што су потврдили резултати MW-U теста приказани у табели 6, у којој се види

да већина анализираних биолошких параметара показује статистички значајну разлику ($p < 0,05$) што значи да се сваком методом обезбеђује узорковање јединствене фауне - фауна дубоких вода - дреца) и фауна приобалне зоне - K&S.

Табела 6. Резултати MW-U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих K&S методом и дрецом - Дунав JDS 3 (црвено – статистички значајне вредности за $p < 0,05$)

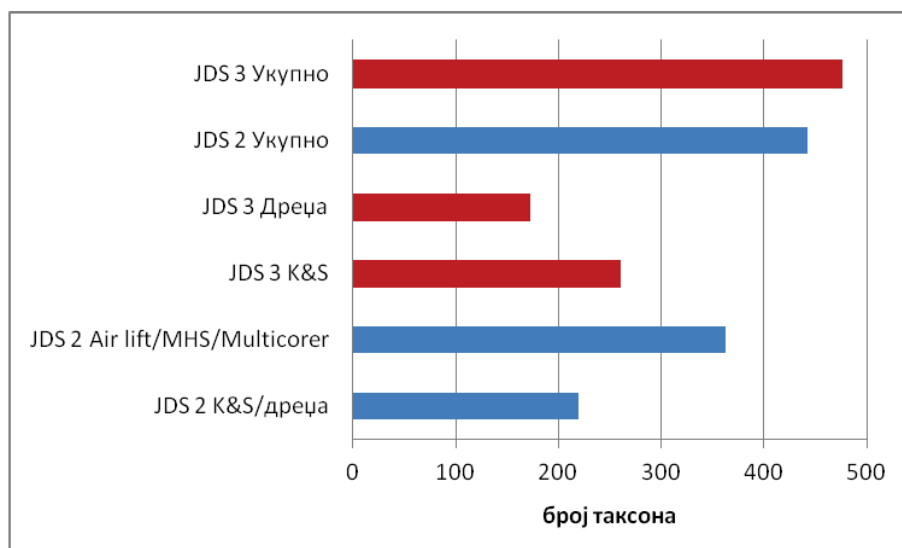
Биолошки параметри	U	Z	Р-вредност	Z	Р-вредност
Абунданца [ind/m ²]	1353,000	0,160228	0,872702	0,160229	0,872701
Број таксона	558,500	5,252270	0,000000	5,255145	0,000000
Број фамилија	752,000	4,01211	0,000060	4,02732	0,000056
Број родова	443,500	5,98932	0,000000	5,99333	0,000000
Број осетљивих таксона	966,000	2,640555	0,008277	2,740012	0,006144
Сапробни индекс (Zelinka и Marvan)	520,000	5,499021	0,000000	5,499092	0,000000
Shannon индекс диверзитета	670,500	4,534449	0,000006	4,534496	0,000006
BMWP Скор	1054,000	2,076553	0,037844	2,077561	0,037751
ASPT	1356,000	-0,141001	0,887870	-0,141085	0,887803
Број таксона Porifera	1272,000	0,67937	0,496906	2,04862	0,040500
Број таксона Turbellaria	1164,500	1,36835	0,171205	2,32391	0,020131
Број таксона Nematoda	1300,000	-0,49991	0,617138	-1,73237	0,083208
Број таксона Gastropoda	1256,500	0,77871	0,436153	0,78827	0,430537
Број таксона Bivalvia	872,000	3,24301	0,001183	3,27282	0,001065
Број таксона Polychaeta	1255,500	-0,78512	0,432386	-1,29436	0,195542
Број таксона Oligochaeta	397,500	6,28414	0,000000	6,32662	0,000000
Број таксона Hirudinea	1260,500	-0,75307	0,451408	-1,23917	0,215282
Број таксона Crustacea	1339,500	-0,24675	0,805101	-0,24887	0,803461
Број таксона Ephemeroptera	1335,000	0,27559	0,782862	0,34718	0,728460
Број таксона Odonata	1012,500	2,34253	0,019154	2,66595	0,007677
Број таксона Plecoptera	1377,500	0,00320	0,997443	0,01353	0,989201
Број таксона Heteroptera	1139,500	1,52857	0,126371	3,14926	0,001637
Број таксона Planipennia	1351,500	0,16984	0,865135	1,00957	0,312702
Број таксона Trichoptera	935,500	-2,83603	0,004568	-2,90120	0,003718
Број таксона Coleoptera	1245,000	0,85241	0,393986	1,97286	0,048512
Број таксона Diptera	465,500	5,84832	0,000000	5,86092	0,000000
ЕРТ-Таксони	1014,000	-2,33292	0,019653	-2,37522	0,017539
Број индивидуа Porifera	1272,000	0,67937	0,496906	2,04847	0,040515
Број индивидуа Turbellaria	1158,500	1,40680	0,159487	2,38408	0,017123
Број индивидуа Nematoda	1300,000	-0,49991	0,617138	-1,73221	0,083237
Број индивидуа Gastropoda	985,000	2,51878	0,011777	2,51902	0,011769
Број индивидуа Bivalvia	1037,000	2,18551	0,028852	2,18565	0,028842
Број индивидуа Polychaeta	1244,000	-0,85882	0,390440	-1,41156	0,158080
Број индивидуа Oligochaeta	397,000	6,28734	0,000000	6,30406	0,000000

Број индивидуа Hirudinea	1263,000	-0,73705	0,461094	-1,21201	0,225510
Број индивидуа Crustacea	816,000	-3,60192	0,000316	-3,60199	0,000316
Број индивидуа Ephemeroptera	1366,000	0,07691	0,938696	0,09659	0,923051
Број индивидуа Odonata	1035,000	2,19833	0,027927	2,45809	0,013968
Број индивидуа Plecoptera	1377,000	0,00641	0,994886	0,02707	0,978406
Број индивидуа Heteroptera	1139,500	1,52857	0,126371	3,14870	0,001640
Број индивидуа Planipennia	1351,500	0,16984	0,865135	1,00957	0,312702
Број индивидуа Trichoptera	653,000	-4,64661	0,000003	-4,69600	0,000003
Број индивидуа Coleoptera	1244,000	0,85882	0,390440	1,98670	0,046956
Број индивидуа Diptera	655,500	4,63059	0,000004	4,63188	0,000004
ксеносапробни организми [%]	1308,500	0,445434	0,656007	0,565331	0,571849
олигосапробни организми [%]	1233,500	0,926117	0,354386	0,926120	0,354385
бетамезосапробни организми [%]	1365,000	0,083318	0,933598	0,083318	0,933598
алфамезосапробни организми [%]	634,000	4,768382	0,000002	4,768382	0,000002
полисапробни организми [%]	301,000	6,902617	0,000000	6,904819	0,000000
[%] Стругачи	1070,000	1,974008	0,048382	1,974008	0,048382
[%] Секачи	1114,000	1,692006	0,090646	1,692099	0,090628
[%] Колектори	445,000	5,979705	0,000000	5,979705	0,000000
[%] Филтратори	429,000	6,082250	0,000000	6,082250	0,000000
[%] Предатори	1314,000	-0,410183	0,681672	-0,410186	0,681670
[%] Организми који насељавају муљ	431,000	6,06943	0,000000	6,06945	0,000000
[%] Организми који насељавају глину	870,500	3,25263	0,001144	3,25312	0,001142
[%] Организми који насељавају песак	410,000	6,20402	0,000000	6,20406	0,000000
[%] Организми који насељавају крупнији песак	532,500	5,41891	0,000000	5,41972	0,000000
[%] Организми који насељавају шљунак/камен	1164,000	-1,37155	0,170204	-1,37155	0,170204
[%] Организми који насељавају алге, маховина, макрофите	884,500	3,16290	0,001562	3,16291	0,001562
[%] Организми који насељавају финозрнасту фракцију	699,500	4,34858	0,000014	4,34861	0,000014

4.4.1.Поређење резултата добијених анализом различитих метода узорковања током JDS 2 и JDS 3 експедиције

Поређењем резултата добијених анализом различитих метода узорковања током JDS 2 и JDS 3 истраживања, узорци прикупљени *Air-lift*/*MHS*/*Multicorer* методама (JDS 2) показују већу сличност са узорцима прикупљеним дрецом (JDS 3), док су подаци о фауни, прикупљени *K&S* методом (JDS2 и JDS 3), у складу са чињеницом да се фауна дубљих делова реке разликује од приобалне фауне. *Airlift*, *Multicorer* и дреца, односно *DWS* методе покривају организме дубље речне зоне, док *K&S* метода покрива фауну приобаља (слика 28). Рзлика у укупном броју таксона прикупљених током JDS2 и JDS 3 истраживања, као и између узорака прикупљених *K&S*/дрца методом (JDS 3) и *K&S* техником (JDS 3) није значајна, али посматрајући методе појединачно, уочава се да је

највећи број таксона забележен у узорцима прикупљеним *Air-lift/MHS/Multicorer* техником узорковања (JDS 2).



Слика 28. Приказ поређења резултата добијених различитим методама узорковања током JDS2 и JDS 3 истраживања

4.5. Поређење методологије узорковања на реци Дунав – Ђердапски сектор (акумулација)

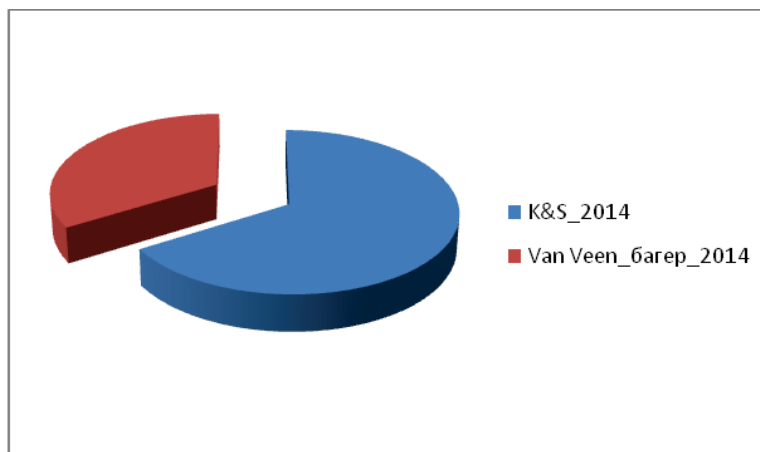
На испитиваним локалитетима Дунава у периоду ниских (септембар/октобар и новембар 2014. године) и високих вода (април и мај 2015. године), забележено је укупно 156 таксона у оквиру 16 таксономско-еколошких група.

Према еколошкој класификацији таксона, у односу на сапробну валенцу (Moog 2002), уочава се да за готово 50% организама није одређена сапробна валенца. Остатак анализираних заједнице припада бетамезосапробним организмима (20,73%). Приближно је слична бројност процентуалног учешћа алфамезосапробних (13,4%) и полисапробних организама (13,1%) који толеришу већи степен органског загађења. Процентуално учешће олигосапробних организама, који толеришу слабо органско загађење, је изузетно мало (4,7%)

За испитивани део Дунава, који је потамонског типа, очекиван је велики проценат учешћа сакупљача у анализираној заједници водених макробескичмењака и износи 80,57%. Процентуално учешће стругача у заједници износи приближно 8%, док су предатори заступљени са 3%. Овакав састав заједнице у оквиру функционалних група у исхрани поклапа се са концептом речног континуума (Vannote и сар., 1980).

4.6. Поређење методологија узорковања у периоду ниских вода на реци Дунав - Ђердапски сектор (акумулација)

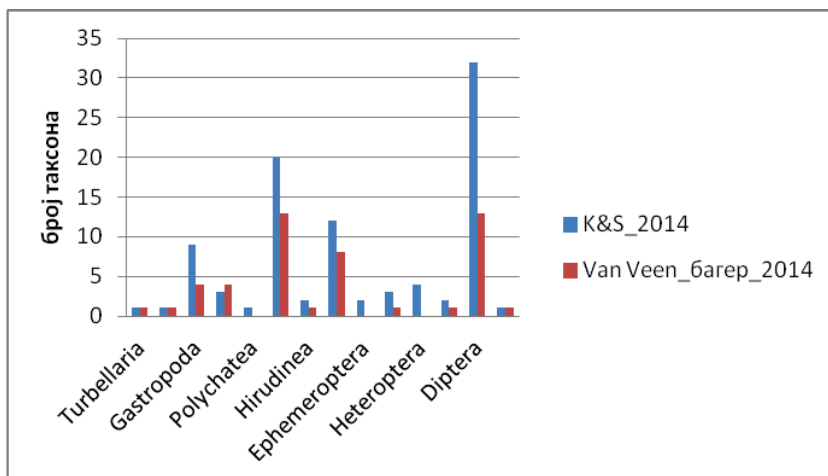
Током анализе узорака водених макробескичмењака прикупљених K&S методом и *Van Veen* багером, у периоду ниских вода (септембар/октобар и новембар 2014. године), забележено је укупно 102 таксона у оквиру 14 таксономских група. На слици 29 је приказан укупан број таксона прикупљених различитим техникама узорковања.



Слика 29. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним K&S методом и *Van Veen* багером у периоду ниских вода (Дунав – Ђердап)

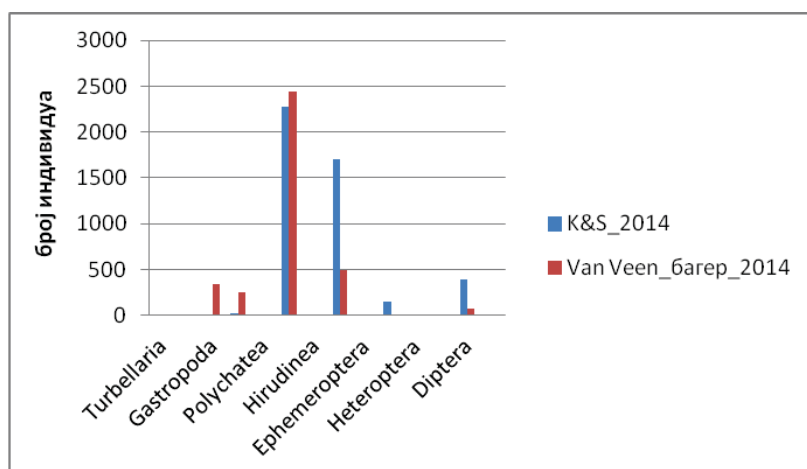
У узорцима прикупљеним у периоду ниских вода обема методама забележена је највећа разноврсност: Diptera са 36 забележена таксона, међу којима је најзначајнији удео фамилије Chironomidae са 25 таксона најбројнија, Oligochaeta са 22 и Crustacea са 12. Следи група Gastropoda са 9 таксона, док се остале групе одликују присуством мањег броја таксона (Heteroptera, Bivalvia и Odonata са 4, Trichoptera и Ephemeroptera са 2 и Hydrachnidia, Hirudinea, Polychatea, Nematoda и Turbellaria са по 1 забележеним таксоном).

На слици 30 је приказан број таксона унутар група у узорцима прикупљеним различитим методама у периоду ниских вода. Значајно већи број таксона Diptera, Gastropoda и Oligochaeta прикупљен је K&S методом. Остали забележени таксони, иако мање бројни углавном су заступљенији у узорцима прикупљени овом техником.



Слика 30. Број таксона унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним К&S методом и *Van Veen* багером у периоду ниских вода (Дунав – Ђердап)

Интересантан је однос броја индивидуа унутар забележених група макробескичмењака у узорцима прикупљеним различитим методама. Уочава се велика разлика у броју индивидуа Crustacea у узорцима прикупљеним К&S методом у односу на узорке прикупљене *Van Veen* багером, као и удео инсекатске компоненте, што је и очекивано јер се узорковање овом методом врши у приобалном делу где се и налазе станишта која преферирају ове групе организама. У узорцима прикупљеним багером бројнији су пело- и аргилофилни представници група *Oligochaeta*, *Gastropoda* и *Bivalvia* (слика 31).



Слика 31. Број индивидуа унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним К&S методом и *Van Veen* багером у периоду ниских вода (Дунав – „Ђердап”)

Поређењем сетова података добијених анализом узорка прикупљених у периоду ниских вода применом два приступа узорковања јасно се уочавају разлике, што су потврдили резултати MW-U теста приказани у табели 7, у којој се види да доста анализираних биолошких параметара показује статистички значајне разлике ($p < 0,05$).

Табела 7. Резултати MW-U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорка узетих K&S методом и *Van Veen* багером у периоду ниских вода (Дунав – „Ђердап”) (црвено – статистички значајне вредности за $p < 0,05$)

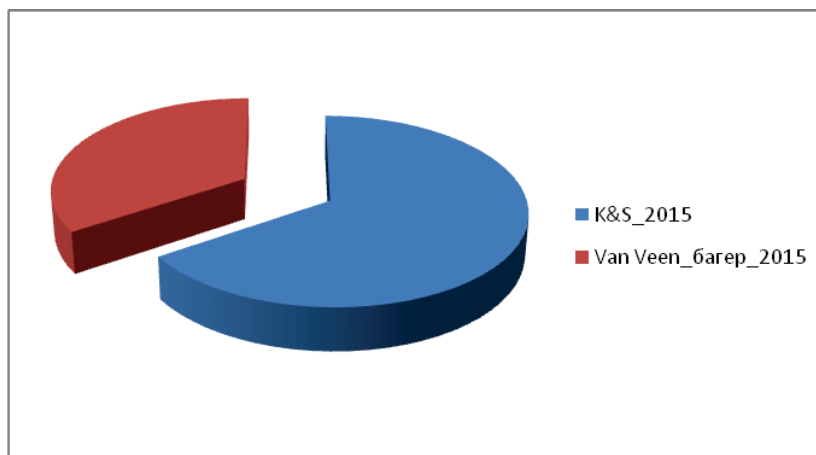
Биолошки параметри	U	Z	p-вредност	Z	p-вредност
Абунданца [ind/m^2]	82,5000	1,71485	0,086374	1,71516	0,086317
Број таксона	64,5000	2,39325	0,016701	2,39875	0,016452
Број фамилија	65,5000	2,355557	0,018496	2,369496	0,017813
Број родова	67,0000	2,299024	0,021504	2,307498	0,021028
Број осетљивих таксона	92,0000	1,35680	0,174845	1,59260	0,111252
Сапробни индекс (Zelinka и Marvan)	46,0000	-3,09049	0,001998	-3,09077	0,001997
<i>Shannon</i> индекс диверзитета	82,0000	1,73369	0,082974	1,73385	0,082946
BMWP Скор	73,0000	2,07289	0,038183	2,07976	0,037548
ASPT	55,0000	2,75129	0,005936	2,76092	0,005764
Број таксона Turbellaria	128,0000	0,000000	1,000000	0,000000	1,000000
Број таксона Nematoda	128,0000	0,000000	1,000000	0,000000	1,000000
Број таксона Gastropoda	95,0000	1,243734	0,213598	1,323248	0,185754
Број таксона Bivalvia	125,5000	-0,094222	0,924933	-0,109974	0,912430
Број таксона Polychaeta	120,0000	0,301511	0,763025	1,000000	0,317311
Број таксона Oligochaeta	111,5000	0,621867	0,534030	0,629411	0,529081
Број таксона Hirudinea	112,0000	0,603023	0,546494	1,052209	0,292705
Број таксона Crustacea	50,5000	2,920891	0,003491	2,982763	0,002857
Број таксона Ephemeroptera	112,0000	0,603023	0,546494	1,437591	0,150551
Број таксона Odonata	87,5000	1,526401	0,126911	2,122777	0,033773
Број таксона Heteroptera	104,0000	0,904534	0,365713	1,788214	0,073742
Број таксона Trichoptera	127,5000	0,018844	0,984965	0,044901	0,964186
Број таксона Diptera	66,5000	2,317868	0,020457	2,365159	0,018023
Број таксона Hydrachnidia	128,0000	0,000000	1,000000	0,000000	1,000000
ЕРТ-Таксони	119,0000	0,339200	0,734459	0,670580	0,502489
Број индивидуа Turbellaria	128,0000	0,000000	1,000000	0,000000	1,000000
Број индивидуа Nematoda	122,5000	0,207289	0,835784	0,252503	0,800652
Број индивидуа Gastropoda	93,0000	1,319112	0,187133	1,393649	0,163425
Број индивидуа Bivalvia	128,0000	0,000000	1,000000	0,000000	1,000000
Број индивидуа Polychaeta	120,0000	0,301511	0,763025	1,000000	0,317311
Број индивидуа Oligochaeta	123,5000	-0,169600	0,865325	-0,169678	0,865264
Број индивидуа Hirudinea	111,5000	0,621867	0,534030	1,083278	0,278686
Број индивидуа Crustacea	41,0000	3,278936	0,001042	3,330300	0,000868
Број индивидуа Ephemeroptera	112,0000	0,603023	0,546494	1,436842	0,150764

Број индивида Odonata	88,0000	1,507557	0,131669	2,083683	0,037190
Број индивида Heteroptera	104,0000	0,904534	0,365713	1,788214	0,073742
Број индивида Trichoptera	127,5000	-0,018844	0,984965	-0,044901	0,964186
Број индивида Diptera	73,0000	2,072890	0,038183	2,085350	0,037038
Број индивида Hydrachnidia	128,0000	0,000000	1,000000	0,000000	1,000000
ксеносапробни организми [%]	90,0000	1,43218	0,152094	1,97950	0,047761
олигосапробни организми [%]	26,0000	3,84427	0,000121	3,84780	0,000119
бетамезосапробни организми [%]	58,0000	2,63822	0,008335	2,63847	0,008329
алфамезосапробни организми [%]	39,0000	-3,35431	0,000796	-3,35585	0,000791
полисапробни организми [%]	49,0000	-2,97742	0,002907	-2,97879	0,002894
[%] Стругачи	86,5000	1,56409	0,117797	1,56928	0,116585
[%] Секачи	56,5000	2,69476	0,007044	2,73645	0,006211
[%] Колектори	33,5000	-3,56160	0,000369	-3,56520	0,000364
[%] Филтратори	33,0000	3,58045	0,000343	3,59199	0,000328
[%] Предатори	52,0000	2,86436	0,004179	2,87917	0,003987
[%] Организми који насељавају муљ	46,0000	-3,09049	0,001998	-3,09106	0,001995
[%] Организми који насељавају глину	124,0000	0,15076	0,880169	0,15487	0,876924
[%] Организми који насељавају песак	50,0000	-2,93974	0,003285	-2,94108	0,003271
[%] Организми који насељавају крупнији песак	93,0000	1,31911	0,187133	1,35524	0,175343
[%] Организми који насељавају шљунак/камен	101,0000	1,01760	0,308868	1,02286	0,306373
[%] Организми који насељавају алге, маховина, макрофите	70,5000	2,16711	0,030227	2,22625	0,025998
[%] Организми који насељавају финозрнасту фракцију	111,5000	-0,62187	0,534030	-0,62671	0,530850

4.7. Поређење методологија узорковања у периоду високих вода на реци Дунав - Ђердапски сектор (акумулација)

У узорцима водених макробескичмењака прикупљеним у периоду високих вода током (април-мај) 2015. године, забележен је 71 таксон у оквиру 10 таксономских група.

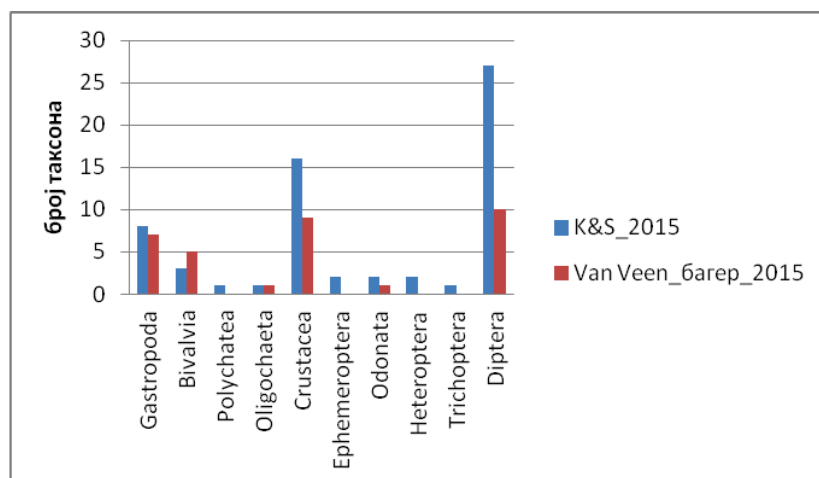
Слично као и у периоду ниских вода, укупан број таксона забележен у периоду високих вода, двома наведеним методама узорковања, показује значајну разлику у корист К&S методе (слика 32).



Слика 32. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним К&S методом и *Van Veen* багером у периоду високих вода (Дунав – „Ђердап”)

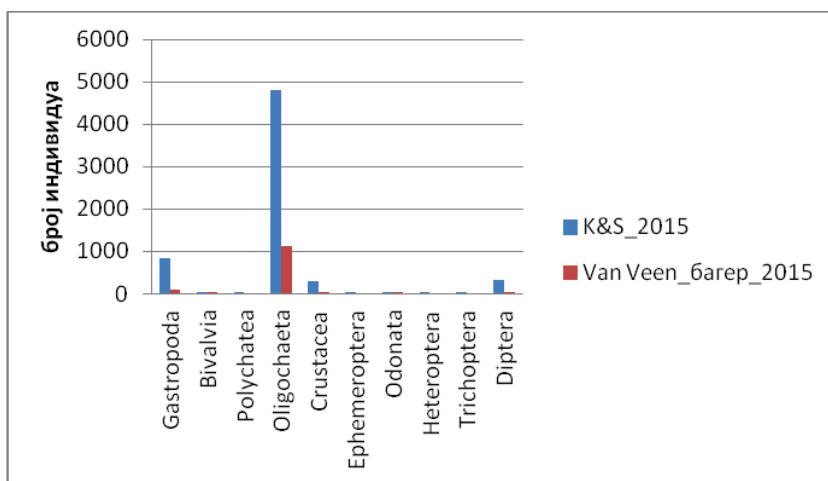
Најбројније групе биле су Diptera са 29 таксона (при чему је 27 таксона из фамилије Chironomidae), Crustacea са 17 и Gastropoda са 10 таксона, док се остале забележене групе одликују присуством мањег броја таксона (скика 33). Сличан је однос броја таксона унутар група анализираних узорака прикупљених два методама, у периоду ниских вода као код узорака прикупљених у периоду високих вода. У узорцима прикупљеним К&S методом приметно су бројнији таксони из група Diptera и Crustacea у односу на узорке узете багером.

ž



Слика 33. Број таксона унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним К&S методом и *Van Veen* багером у периоду високих вода (Дунав – „Ђердап”)

На слици 34, на којој је приказан укупан број индивидуа прикупљених двома различитим методама узорковања. Уочава се да је значајно већи број индивидуа из групе Oligochaeta прикупљен K&S методом. Следе групе Gastropoda, Diptera и Crustacea, код којих је такође већи број индивидуа забележену узорцима прикупљеним K&S методом. Остале идентификоване групе су заступљене са мањим бројем индивидуа у узорцима прикупљеним обема техникама.



Слика 34. Број индивидуа унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним K&S методом и Van Veen багером у периоду високих вода (Дунав – „Бердап”)

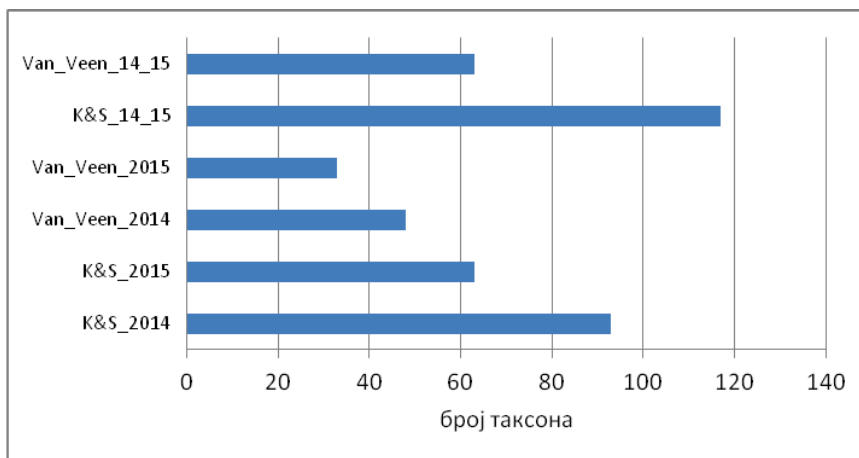
Резултати MW-U теста којим су поређена два сета биолошких параметара, прикупљених различитим техникама узорковања у периоду високих вода, приказани су у табели 8. Уочавају се статистички значајне разлике код великог броја анализираних параметара слично као и у периоду ниских вода.

Табела 8. Резултати MW-U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих K&S методом и Van Veen багером у периоду високих вода (Дунав – „Бердап”) (црвено – статистички значајне вредности за $p < 0,05$)

Биолошки параметри	U	Z	Р-вредност	Z	Р-вредност
Абунданца [ind/m^2]	99,0000	1,99323	0,046237	1,99362	0,046195
Број таксона	63,5000	3,11640	0,001831	3,13298	0,001731
Број фамилија	86,5000	2,388714	0,016908	2,413378	0,015806
Број родова	60,5000	3,211318	0,001321	3,227979	0,001247
Број осетљивих таксона	153,5000	-0,26893	0,787985	-0,30429	0,760907

Сапробни индекс (Zelinka и Marvan)	110,0000	-0,35725	0,720906	-0,35743	0,720772
Shannon индекс диверзитета	66,5000	3,02149	0,002516	3,02363	0,002498
BMWP Скор	86,0000	2,40453	0,016194	2,41278	0,015832
ASPT	101,0000	1,92995	0,053613	1,93645	0,052814
Број таксона Gastropoda	161,0000	0,031639	0,974760	0,03376	0,973070
Број таксона Bivalvia	134,0000	-0,885881	0,375682	-1,06502	0,286869
Број таксона Polychaeta	153,0000	0,284747	0,775838	1,00000	0,317311
Број таксона Oligochaeta	135,0000	-0,854242	0,392971	-1,24568	0,212882
Број таксона Crustacea	71,0000	2,879113	0,003988	3,04994	0,002289
Број таксона Ephemeroptera	144,0000	0,569495	0,569021	1,43486	0,151328
Број таксона Odonata	144,0000	0,569495	0,569021	1,04583	0,295643
Број таксона Heteroptera	144,0000	0,569495	0,569021	1,43486	0,151328
Број таксона Trichoptera	153,0000	0,284747	0,775838	1,00000	0,317311
Број таксона Diptera	40,0000	3,859909	0,000113	3,96059	0,000075
ЕРТ-Таксони	144,0000	0,569495	0,569021	1,43427	0,151495
Број индивидуа Gastropoda	138,5000	0,743507	0,457175	0,765028	0,444256
Број индивидуа Bivalvia	143,5000	-0,585314	0,558337	-0,699520	0,484228
Број индивидуа Polychaeta	153,0000	0,284747	0,775838	1,000000	0,317311
Број индивидуа Oligochaeta	121,0000	1,297183	0,194569	1,301967	0,192929
Број индивидуа Crustacea	67,0000	3,005667	0,002650	3,179181	0,001477
Број индивидуа Ephemeroptera	144,0000	0,569495	0,569021	1,434860	0,151328
Број индивидуа Odonata	144,0000	0,569495	0,569021	1,045825	0,295643
Број индивидуа Heteroptera	144,0000	0,569495	0,569021	1,434274	0,151495
Број индивидуа Trichoptera	153,0000	0,284747	0,775838	1,000000	0,317311
Број индивидуа Diptera	36,5000	3,970644	0,000072	4,018775	0,000059
ксеносапробни организми [%]	117,0000	1,42374	0,154524	2,36748	0,017910
олигосапробни организми [%]	91,0000	2,24634	0,024683	2,26389	0,023582
бетамезосапробни организми [%]	109,0000	1,67685	0,093574	1,67901	0,093151
алфамезосапробни организми [%]	104,0000	1,83504	0,066501	1,83752	0,066134
полисапробни организми [%]	132,0000	0,94916	0,342541	1,37361	0,169565
[%] Стругачи	93,0000	2,18306	0,029032	2,18447	0,028928
[%] Секачи	74,5000	2,76838	0,005634	3,04107	0,002358
[%] Колектори	105,0000	-1,80340	0,071326	-1,80352	0,071308
[%] Филтратори	78,5000	2,64182	0,008247	2,65639	0,007899
[%] Предатори	99,0000	1,99323	0,046237	2,08678	0,036909
[%] Организми који насељавају муљ	103,5000	-1,85086	0,064191	-1,85336	0,063831
[%] Организми који насељавају глину	159,0000	0,09492	0,924382	0,10600	0,915583
[%] Организми који насељавају песак	64,0000	-3,10058	0,001932	-3,10558	0,001899
[%] Организми који насељавају крупнији песак	87,0000	-2,37289	0,017650	-2,37841	0,017388
[%] Организми који насељавају шљунак/камен	104,0000	-1,83504	0,066501	-1,83563	0,066413
[%] Организми који насељавају алге, маховина, макрофите	143,5000	0,58531	0,558337	0,64292	0,520277
[%] Организми који насељавају финозрнасту фракцију	119,0000	1,36046	0,173685	1,38630	0,165655

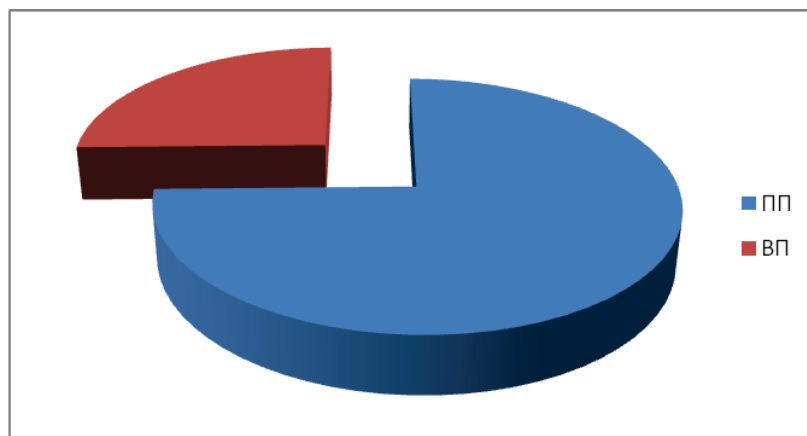
Анализом узорака прикупљених на Дунаву утврђено је да постоје значајне разлике у броју таксона у узорцима прикупљеним ручном мрежом и узорака узетих багером (слика 35). Може се закључити да бољи приказ стања заједнице водених макробескичмењака на испитиваном сектору дају узорци прикупљени ручном мрежом, те је стога објективно размишљати да се узорци у будуће узимају само квалитативно. Оправдано је мишљење да сакупљен материјал не даје праву слику о квалитету воде и еколошком статусу због ванредне ситуације и поплава које су предходиле узорковању (мај, 2014. године), јер није било довољно времена да се обнови и стабилизује заједница водених макробескичмењака.



Слика 35. Укупан број таксона унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним К&S методом и *Van Veen* багером у периоду ниских и високих вода (Дунав – „Ђердап”)

4.8. Поређење методологија узорковања на реци Сави

На основу материјала прикупљеног К&S методом, са две врсте подлога (природна – пп и вештачка – вп) током 2011 и 2012. године, анализиран је састав заједница водених макробескичмењака. Анализирани сет података представља репрезентативни део комплетно прикупљеног материјала. Забележено је укупно 227 таксона у оквиру истраживаног сектора (177 – пп и 60 – вп) (слика 36).



Слика 36. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним K&S методом на природној и вештачкој подлози (Сава)

Састав заједнице макробескичмењака је очекиван и типичан за овакав тип реке. Утврђено да водени инсекти чине главни део заједнице са 157 забележених таксона (113 –пп и 30 – вп) (слика 37). Међу инсектима, ред Diptera био је најбројнији са 70 идентификованих таксона, од којих 52 таксона припада фамилији Chironomidae. Инсекатске групе са значајним бројем идентификованих таксона, Trichoptera (35), Coleoptera (23) и Ephemeroptera (15), такође чине важан део заједнице макробескичмењака. Веће богатство таксона забележено је у оквиру групе Mollusca - 27 (Gastropoda 19 и Bivalvia 8) и Annelida - 24 (Oligochaeta 18, Hirudinea 5 и Polychaeta 1).

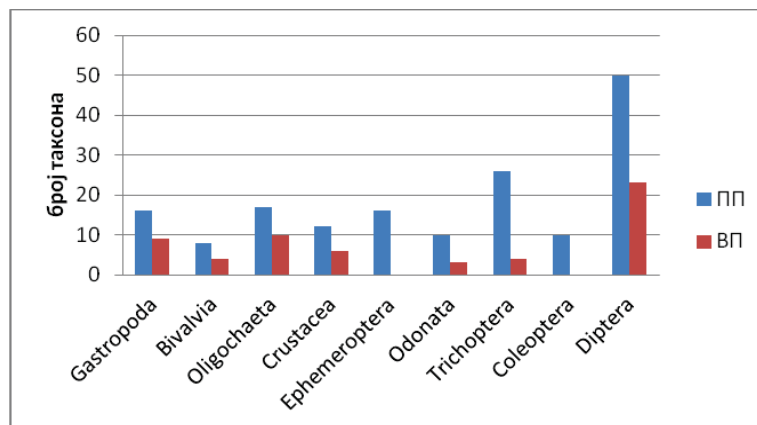
Поред разлика у укупном броју забележених таксона, разлике унутар заједница уочавају се и дуж речног континуума по очекиваном обрасцу (Vannote и сар., 1980). Сакупљачи су процентуално најзаступљенији, са 33,38%, од тога половину чине активни филтратори (15,78%). Следе стругачи са процентуалном заступљеношћу од 15,91%, док су предатори и секачи заступљени са мање од 10% од укупног броја забележених макробескичмењака.

Од организама којима је одређена сапробна валенца, већину чине бетамезосапробни представници (29,54%). Алфамезосапробни (12,27%) и полисапробни (7,49%) организми, који толеришу виши степен органског загађења имали су мању заступљеност у анализираној заједници.

Смањење броја таксона представника Ephemeroptera и Trichoptera дуж тока јасно одражава промене карактеристика реке. Веће присуство ових инсеката обично је карактеристично за горње и средње делове речних токова у поређењу са доњим (Allan, 1995). Група Turbellaria забележена је на локалитетима 1-8. Број таксона унутар група

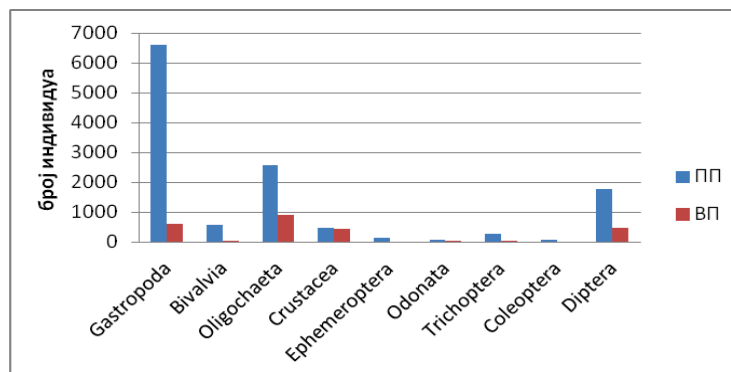
које су карактеристичне за велике равничарске реке (Oligochaeta, Bivalvia, Gastropoda, Diptera и Odonata) већа је на локалитетима 3-12 у односу на 1 и 2.

На слици 37 јасно се виде разлике у бројности унутар забележених таксономских група прикупљених на две врсте подлоге. Узорци са природне подлоге били су значајно обимнији што је и очекивано.



Слика 37. Број таксона унутар најбројнијих група макробескичмењака у узорцима прикупљеним K&S методом на природној и вештачкој подлози (Сава)

Разлике су биле израженије када се анализира број индивидуа у узорцима прикупљеним на различитим подлогама, нарочито код група Gastropoda, Oligochaeta и Diptera (слика 38). Ове групе организама преферирају подлоге са финијим наносом седимента што није случај код вештачке подлоге (броне, насипи, мостови) која је састављена од камених блокова.



Слика 38. Број индивидуа унутар најбројнијих група макробескичмењака у узорцима прикупљеним K&S методом на природној и вештачкој подлози (Сава)

Резултати непараметарског MW-U теста показују да параметаркао што су број осетљивих таксона, број таксона унутар група Bivalvia, Crustacea и Coleoptera Diptera, број индивидуа у оквиру група Coleoptera и Crustacea показују статистички значајну разлика ($p < 0,05$) (табела 9). Процентуални удео је значајно другачија код ксеносапробних и олигосапробних организама, секача као и организама који преферирају подлогу од глине, крупнијег песка и шљунка/камена. Остали анализирани параметри нису показали статистички значајне разлике у два различита сета узорака.

Табела 9. Резултати MW-U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих K&S методом са природне и вештачке подлоге на реци Сави (црвено – статистички значајне вредности за $p < 0,05$)

Биолошки параметри	U	Z	P- вредност	Z	P- вредност
Абунданца [ind/m ²]	36,00000	-1,33794	0,180917	-1,33794	0,180917
Број таксона	34,00000	1,47878	0,139201	1,48118	0,138559
Број фамилија	33,00000	1,54919	0,121336	1,55171	0,120732
Број родова	39,00000	1,12669	0,259876	1,12815	0,259257
Број осетљивих таксона	11,50000	3,06318	0,002190	3,15355	0,001613
Сапробни индекс (Zelinka и Marvan)	53,00000	0,14084	0,888000	0,14084	0,888000
Shannon индекс диверзитета	45,00000	0,70418	0,481322	0,70418	0,481322
BMWP Скор	29,00000	1,83086	0,067122	1,83205	0,066944
ASPT	44,00000	-0,77460	0,438579	-0,77460	0,438579
Број таксона Porifera	44,00000	-0,77460	0,438579	-1,52177	0,128067
Број таксона Turbellaria	40,00000	1,05627	0,290847	1,73619	0,082531
Број таксона Nematoda	35,00000	1,40836	0,159026	2,06835	0,038608
Број таксона Gastropoda	45,00000	0,70418	0,481322	0,71185	0,476560
Број таксона Bivalvia	25,50000	2,07733	0,037772	2,16104	0,030693
Број таксона Oligochaeta	42,50000	-0,88022	0,378739	-0,90124	0,367459
Број таксона Hirudinea	35,00000	1,40836	0,159026	2,05971	0,039427
Број таксона Crustacea	26,50000	-2,00691	0,044760	-2,06116	0,039289
Број таксона Ephemeroptera	30,00000	1,76045	0,078333	2,35852	0,018349
Број таксона Odonata	48,50000	0,45772	0,647157	0,46929	0,638865
Број таксона Heteroptera	45,00000	0,70418	0,481322	1,38170	0,167065
Број таксона Planipennia	50,00000	0,35209	0,724771	0,95346	0,340356
Број таксона Trichoptera	44,50000	0,73939	0,459672	0,75576	0,449794
Број таксона Coleoptera	25,00000	2,11254	0,034641	2,65091	0,008028
Број таксона Diptera	52,00000	0,21125	0,832689	0,21208	0,832044
Број таксона Bryozoa	50,00000	0,35209	0,724771	0,95346	0,340356
Број таксона Hydrachnidia	45,00000	0,70418	0,481322	1,38343	0,166534
ЕРТ-Таксони	39,00000	1,12669	0,259876	1,14582	0,251871
Број индивидуа Porifera	44,00000	-0,77460	0,438579	-1,52177	0,128067

Број индивидуа Turbellaria	40,00000	1,05627	0,290847	1,73619	0,082531
Број индивидуа Nematoda	35,00000	1,40836	0,159026	2,05544	0,039838
Број индивидуа Gastropoda	51,00000	-0,28167	0,778196	-0,28167	0,778196
Број индивидуа Bivalvia	45,50000	0,66897	0,503515	0,67006	0,502821
Број индивидуа Oligochaeta	39,00000	-1,12669	0,259876	-1,12742	0,259566
Број индивидуа Hirudinea	35,00000	1,40836	0,159026	2,05402	0,039975
Број индивидуа Crustacea	7,00000	-3,38006	0,000725	-3,39109	0,000696
Број индивидуа Ephemeroptera	30,00000	1,76045	0,078333	2,35715	0,018417
Број индивидуа Odonata	50,50000	-0,31688	0,751335	-0,31917	0,749599
Број индивидуа Heteroptera	45,00000	0,70418	0,481322	1,38170	0,167065
Број индивидуа Planipennia	50,00000	0,35209	0,724771	0,95346	0,340356
Број индивидуа Trichoptera	43,00000	0,84501	0,398103	0,85252	0,393926
Број индивидуа Coleoptera	25,00000	2,11254	0,034641	2,64820	0,008092
Број индивидуа Diptera	54,00000	-0,07042	0,943861	-0,07042	0,943861
Број индивидуа Bryozoa	50,00000	0,35209	0,724771	0,95346	0,340356
Број индивидуа Hydrachnidia	45,00000	0,70418	0,481322	1,38170	0,167065
ксеносапробни организми [%]	27,00000	-1,97170	0,048645	-2,00856	0,044585
олигосапробни организми [%]	18,00000	-2,60546	0,009175	-2,60546	0,009175
бетамезосапробни организми [%]	47,00000	-0,56334	0,573202	-0,56334	0,573202
алфамезосапробни организми [%]	54,00000	-0,07042	0,943861	-0,07042	0,943861
полисапробни организми [%]	43,00000	-0,84501	0,398103	-0,84501	0,398103
[%] Стругачи	50,00000	0,35209	0,724771	0,35209	0,724771
[%] Секачи	25,00000	2,11254	0,034641	2,11254	0,034641
[%] Колектори	38,00000	1,19710	0,231267	1,19710	0,231267
[%] Филтратори	48,00000	-0,49293	0,622066	-0,49293	0,622066
[%] Предатори	29,00000	1,83086	0,067122	1,83086	0,067122
[%] Организми који насељавају муљ	44,00000	0,77460	0,438579	0,77460	0,438579
[%] Организми који насељавају глину	13,00000	2,95755	0,003101	2,95755	0,003101
[%] Организми који насељавају песак	40,00000	1,05627	0,290847	1,05627	0,290847
[%] Организми који насељавају крупнији песак	26,00000	2,04212	0,041141	2,04212	0,041141
[%] Организми који насељавају шљунак/камен	27,00000	-1,97170	0,048645	-1,97170	0,048645
[%] Организми који насељавају алге, маховина, макрофите	33,00000	1,54919	0,121336	1,54919	0,121336
[%] Организми који насељавају финозрнасту фракцију	37,00000	1,26752	0,204970	1,26752	0,204970

Имајући у виду горе поменуте резултате, као и чињеницу да ово истраживање не обухвата део Саве узводно од места Храстник, који се разликује у односу на испитивани сектор, оправдано је очекивање да је укупан број таксона макробескичмењака много већи. То се потврдило истраживањима која су обављена 2014 и 2015. године у оквиру Међународног пројекта „Управљање ефектима вишеструких стресора у условима недостатка воде” – GlobAqua, који припада пројектима Седмог оквирног програма Европске Уније за истраживање, технолошки

развој и огледне активности (FP7 пројекат). Ово истраживање обухватило је цео ток Саве, а број забележених таксона био је 243, односно 338 (необјављени подаци). Додатни број таксона забележен је пре свега у оквиру група макробескичмењака, које укључују врсте карактеристичне за брзу воду и тврду подлогу (ЕРТ-таксони).

Временска ефикасност коришћених метода у овом случају није разматрана, јер су поређени подаци узети истом методом узорковања са различитог типа подлоге.

4.9. Поређење методологија узорковања на рекама Неретви и Босни са притокама

На 6 одабраних локалитета на рекама Неретви и Босни са притокама, Фојницом и Црном ријеком у Републици Босни и Херцеговини, уочена је богата фауна макроинвертебрата. Укупно је забележено 136 таксона. Забележене су групе Anelida (28 таксона Oligochaeta, 6 таксона Hirudinea), Diptera (21 таксон Chironomidae и 11 таксона из других група Diptera), 20 врста Trichoptera, 12 врста из реда Ephemeroptera. Plecoptera су заступљене са 8 врста. У групи Mollusca преовладавале су Gastropoda (10 таксона), док је забележена само једна врста шкољке *Unio crassus* (Philipsson 1788).

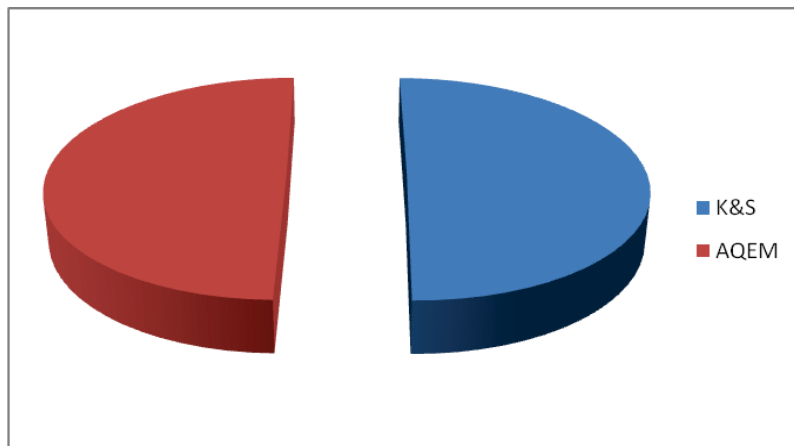
Међу идентификованим врстама превладавају организама који указују на бетамезосапробни степен органског загађења (22,36%). Следе групе, показатељи олигосапробног (11,55%) и алфамезосапробног (9,86%) загађења. Ксеносапробна и полисапробна група организама је заступљена са мање од 5%.

Анализом односа у заједници у оквиру функционалних група у исхрани најзаступљенији су сакупљачи са 35,73% и кидачи/стругачи са 18,45%, што је више од половине укупног броја забележених врста. Остатак чине представници група секача и предатора чија је појединачна процентуална заступљеност била мања од 10%, што је очекивано за овакав тип текућица.

Инсекти су присутни у свим рекама при чему у Црној ријеци и Фојници представљају доминантну групу у оквиру заједнице. Састав заједнице је веома разноврстан у рекама Неретва, Врело Босне и Фојници где је свих пет главних група заступљено са неколико врста. У рекама Фојница и Босна (нарочито у низводном делу тока, код Модриче) забележено је приближно 1000 таксона Oligochaeta.

Током истраживања коришћене су различите технике узорковања, да би се сакупили репрезентативни узорци, утврдила прикладна методологија и упоредила ефикасност узорковања.

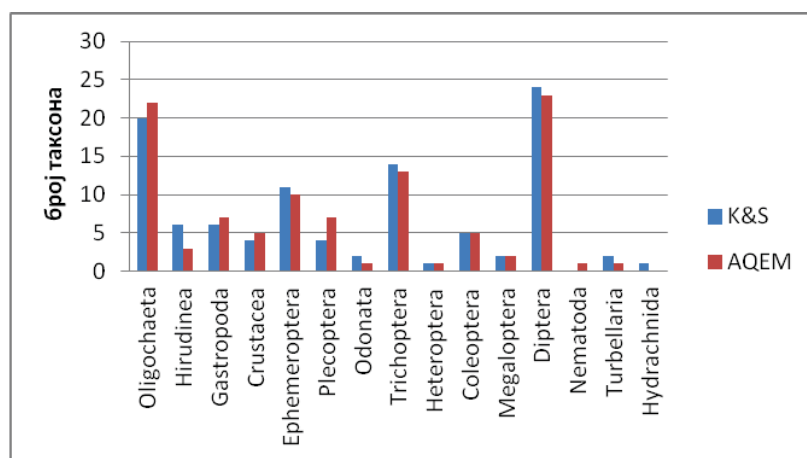
У овом делу представљени су резултати поређења ефикасности AQEM и K&S метода. Обављено је паралелно узорковање на шест тачака са обе технике. Укупан број таксона узетих различитим методама узорковања приказан је на слици 39. Иако се AQEM метода сматра детаљнијом, број таксона је готово исти као и у узорцима прикупљеним K&S методом, која се сматра једноставнијом.



Слика 39. Укупан број таксона у узорцима прикупљеним K&S и AQEM методама (Неретва и Босна са притокама)

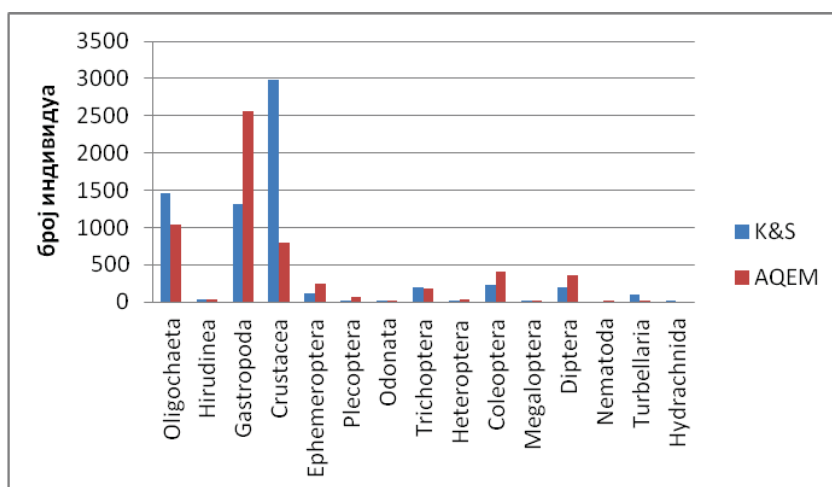
Неретва, Црна ријека и Босна код Модриче су пример где је већи број таксона забележен употребом K&S методе узорковања него употребом AQEM методе. Ово указује да примена релативно једноставније методе узорковања пружа такође детаљне резултате као и сложенија метода. У плићим рекама које се могу прегазити, као што је Црна ријека, AQEM узорак је детаљнији од K&S узорка.

Број таксона групе *Oligochaeta* је значајно висок, и у Фојници и у Босни, али је очигледна доминација ове групе само у случају реке Босне, нарочито низводно (1.000 индивидуа у K&S узорку и 500 индивидуа у AQEM узорку) (слика 40).



Слика 40. Број таксона унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним К&S и AQEM методама (Неретва и Босна са притокама)

Инсекти су били најзаступљенији на локалитетима на Црној ријечи и Фојници. У Неретви и Црној ријечи К&S методом је забележен већи број таксона (слика 40), али је више јединки сакупљено AQEM методом (слика 41). Узорци са Неретве и узорци са локалитета Врело Босне узети AQEM методом садрже углавном ларве Coleoptera (Elmidae). У Црној ријечи све инсекатске групе имају високу бројност, док је у Фојници и Босни, веома бројна била група Diptera, нарочито фамилија Chironomidae. У Црној ријечи осим инсеката, друге групе нису забележене. У Фојници је присутан и велики број таксона и висока бројност Chironomidae. Mollusca и Gastropoda имају највећи број јединки на локалитету Неретва (Житомислић), нарочито у узорку прикупљеном К&S методом који обухвата више обалску зону, и где је у вегетацијском појасу, био заступљен велики број Gammarida. Исти однос био је и на локалитету Врело Босне, где су у К&S узорку доминирале Gammarida.



Слика 41. Број индивидуа унутар група макробескичмењака у узорцима прикупљеним K&S и AQEM методама (Неретва и Босна са притокама)

На основу резултата MW-U теста уочава се данема статистички значајних разлика између два сета анализираних параметара добијених обрадом материјала прикупљањеног применом K&S и AQEM методе узорковања (табела 10). Само три параметра показују статистички значајну разлику: број таксона Trichoptera, број индивидуа Ephemeroptera и процентуална заступљеност филтратора.

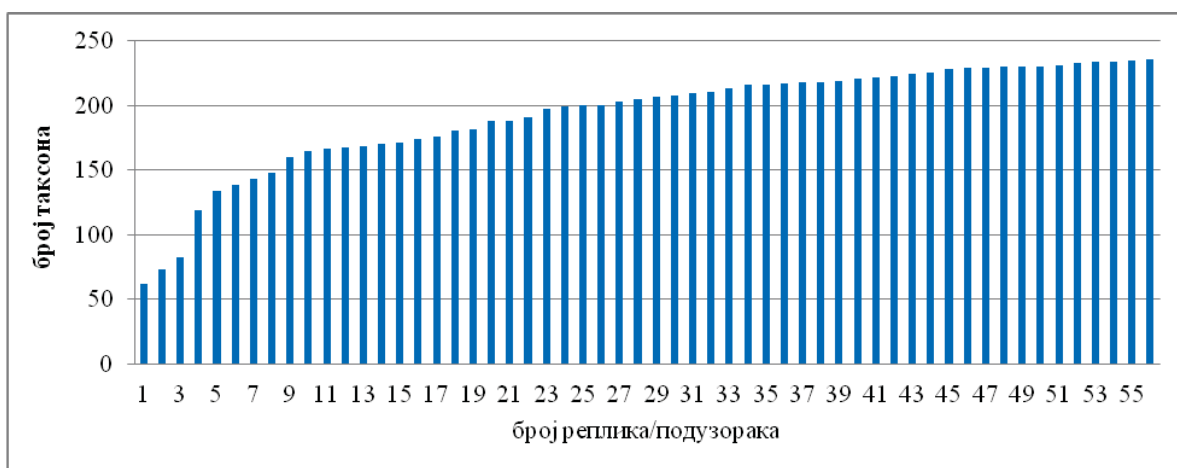
Табела 10. Резултати MW-U теста којим су поређена два сета параметара добијених анализом узорака узетих AQEM и K&S методама на рекама Неретва и Босна са притокама (црвено – статистички значајне вредности за $p < 0,05$)

Биолошки параметри	U	Z	P-вредност	Z	P-вредност
Абунданца [ind/m ²]	22,00000	-0,06667	0,946847	-0,06667	0,946847
Број таксона	14,00000	-1,13333	0,257075	-1,13961	0,254449
Број фамилија	14,00000	-1,13333	0,257075	-1,14600	0,251797
Број родова	14,50000	-1,06667	0,286123	-1,07377	0,282927
Број осетљивих таксона	13,00000	-1,26667	0,205275	-1,30146	0,193103
Сапробни индекс (Zelinka & Marvan)	15,50000	-0,93333	0,350649	-0,93436	0,350119
Shannon индекс диверзитета	18,00000	-0,60000	0,548507	-0,60000	0,548507
BMWP Скор	14,00000	-1,13333	0,257075	-1,13333	0,257075
ASPT	19,00000	-0,46667	0,640739	-0,46667	0,640739
Број таксона Turbellaria	16,50000	-0,80000	0,423711	-0,93095	0,351880
Број таксона Nematoda	18,00000	-0,60000	0,548507	-1,34164	0,179713
Број таксона Gastropoda	19,50000	0,40000	0,689157	0,41051	0,681432
Број таксона Oligochaeta	19,00000	-0,46667	0,640739	-0,47030	0,638142
Број таксона Hirudinea	21,00000	-0,20000	0,841481	-0,21438	0,830249

Број таксона Crustacea	18,50000	0,53333	0,593803	0,57979	0,562054
Број таксона Ephemeroptera	19,00000	-0,46667	0,640739	-0,47509	0,634720
Број таксона Odonata	12,00000	-1,40000	0,161514	-1,64391	0,100197
Број таксона Plecoptera	20,00000	-0,33333	0,738883	-0,37014	0,711275
Број таксона Heteroptera	18,50000	-0,53333	0,593803	-0,67987	0,496588
Број таксона Megaloptera	16,00000	-0,86667	0,386125	-1,21633	0,223860
Број таксона Trichoptera	7,00000	-2,06667	0,038766	-2,22089	0,026359
Број таксона Coleoptera	17,50000	-0,66667	0,504986	-0,68818	0,491341
Број таксона Diptera	15,00000	-1,00000	0,317311	-1,00778	0,313560
Број таксона Hydrachnidia	20,00000	0,33333	0,738883	0,74536	0,456057
ЕРТ-Таксони	13,00000	-1,26667	0,205275	-1,27795	0,201268
Број индивидуа Turbellaria	15,00000	-1,00000	0,317311	-1,10893	0,267460
Број индивидуа Nematoda	18,00000	-0,60000	0,548507	-1,34164	0,179713
Број индивидуа Gastropoda	17,50000	0,66667	0,504986	0,66740	0,504517
Број индивидуа Oligochaeta	15,00000	-1,00000	0,317311	-1,00442	0,315175
Број индивидуа Hirudinea	20,50000	-0,26667	0,789726	-0,26814	0,788589
Број индивидуа Crustacea	18,00000	0,60000	0,548507	0,64072	0,521703
Број индивидуа Ephemeroptera	5,00000	-2,33333	0,019631	-2,33590	0,019497
Број индивидуа Odonata	11,00000	-1,53333	0,125195	-1,79234	0,073080
Број индивидуа Plecoptera	20,50000	-0,26667	0,789726	-0,29532	0,767752
Број индивидуа Heteroptera	16,50000	-0,80000	0,423711	-1,00554	0,314638
Број индивидуа Megaloptera	15,00000	-1,00000	0,317311	-1,39443	0,163188
Број индивидуа Trichoptera	10,00000	-1,66667	0,095582	-1,67219	0,094488
Број индивидуа Coleoptera	17,00000	-0,73333	0,463356	-0,74488	0,456343
Број индивидуа Diptera	12,50000	-1,33333	0,182423	-1,33627	0,181461
Број индивидуа Hydrachnidia	20,00000	0,33333	0,738883	0,74536	0,456057
ксеносапробни организми [%]	19,00000	-0,46667	0,640739	-0,46718	0,640371
олигосапробни организми [%]	15,00000	-1,00000	0,317311	-1,00000	0,317311
бетамезосапробни организми [%]	19,00000	-0,46667	0,640739	-0,46667	0,640739
алфамезосапробни организми [%]	9,00000	-1,80000	0,071862	-1,80000	0,071862
полисапробни организми [%]	16,00000	-0,86667	0,386125	-0,86762	0,385603
[%] Стругачи	18,00000	-0,60000	0,548507	-0,60000	0,548507
[%] Секачи	19,00000	0,46667	0,640739	0,46667	0,640739
[%] Колектори	22,00000	-0,06667	0,946847	-0,06667	0,946847
[%] Филтратори	4,00000	-2,46667	0,013638	-2,46667	0,013638
[%] Предатори	12,00000	-1,40000	0,161514	-1,40000	0,161514
[%] Организми који насељавају муљ	19,00000	-0,46667	0,640739	-0,46667	0,640739
[%] Организми који насељавају глину	17,00000	-0,73333	0,463356	-0,73658	0,461379
[%] Организми који насељавају песак	21,00000	-0,20000	0,841481	-0,20000	0,841481
[%] Организми који насељавају крупнији песак	20,00000	0,33333	0,738883	0,33333	0,738883
[%] Организми који насељавају шљунак/камен	9,00000	-1,80000	0,071862	-1,80000	0,071862
[%] Организми који насељавају алге, маховина, макрофите	17,00000	-0,73333	0,463356	-0,73333	0,463356
[%] Организми који насељавају финозрнасту фракцију	14,00000	-1,13333	0,257075	-1,13333	0,257075

4.10. Анализа броја узорака потребних за истраживање и мониторинг

Како би се одредио укупан број узорака (подузорака или реплика) потребних за прикупљање података о разноврсности макробескичмењака на једном сектору реке, анализиран је кумулативни број врста у узорцима прикупљеним у горњем делу тока Дунава. У разматрање је узет сектор који је уједначен према општим природним карактеристикама и представља исти начелни тип реке (горњи Дунав – Robert и сар., 2003). У анализу је укључено укупно 56 узорака (слика 42), а из анализе су елиминисани узорци који потичу са локалитета који су значајно деградовани у погледу хидроморфолошких притисака.



Слика 42. Приказ кумулативног броја врста идентификованих у односу на број прикупљених узорака у горњем Дунаву

Као што се из слике 42 може закључити, кумулативан број идентификованих таксона уједначава се након десетог подузорка. Овај резултат индикује да је тај број оптималан за карактеризацију сектора у односу на разноврсност, по питању мониторинга.

Уколико је циљ истраживања израда листе таксона, пожељно је прикупити и већи број узорака, јер у готово сваком наредном узоруку идентификован нови таксон.

4.11. Ефикасност метода узорковања

Како би се упоредила економска ефикасност коришћених метода, разматрано је просечно време потребно да се прикупи узорак, број људи, трошкови превоза опреме и људи, као и додатна средства потребна за рад на терену (коришћење брода, чамца или платформе (табела 11). Подаци су прикупљени на основу теренских записа са истраживања, за све типове текућих вода, за период 2008-2014. Подаци о максималном броју локација на којима је могуће обавити истраживање у једном дану употребом појединих техника обрађивани су у периоду август-септембар (због дужине обданице).

Табела 11. Ефикасност прикупљања узорака код две тестиране методе узорковања

Метода	Просечно време узорковања [min]	Број мерења	Број људи	Додатна опрема	Максималан број број локација по дану
K&S	14±5	50	2		8
AQEM	40±7	10	2		4
<i>Polyp</i>	45±10	10	5	неопходан брод	4
<i>Air-lift</i>	50±10	20	5	неопходан брод или платформа	3
<i>Sürber</i>	32±9	50	2		5

Из табеле 11 може се закључити да је K&S метода најприхватљивија са аспекта средстава потребних за узорковање. У односу на број потребних људи на терену, узорковање *polyp* багером и *Air-lift* метода су скупље 2,5 пута у поређењу са K&S методом. Када се у разматрање узме и употреба брода или платформе, која је неопходна за узорковање *Polyp* и *Air-lift* методама, као и максималан број узорака по дану који је могуће прикупити (табела 11), K&S метода 3-4 пута економски исплативија од друге две технике.

У поређењу са AQEM техником, K&S метода је 2 пута ефикаснија у погледу утрошка финансијских средстава, ако разматрамо максималан број локација на којима је могуће обавити истраживање у једном дану. K&S метода је ефикаснија и у поређењу

са *Sürber* мрежом, ако разматрамо максималан број дневних локација – осам, односно пет.

5. ДИСКУСИЈА

Методологија узимања узорака водених макробескичмењака, у текућим и стајаћим водама и даље је отворено питање (Csányi и Рауновић, 2006; Вруа и сар., 2011; Граф и сар., 2015). Неопходно је уложити напор како би се постигла стандардизација методологија узорковања применљивих како у научне сврхе, тако и за рутински мониторинг статуса/квалитета вода. Веома је важно одабрати најприкладнију методу узорковања водених макробескичмењака, који се користе као биолошки елементи за одређивање квалитета воде у мониторинг програмима у складу са захтевима ОДВ.

Циљ коришћења различитих метода узорковања је одређивање њихове појединачне ефикасности (временске и финансијске), процена могућности коришћења у стандардним програмима мониторинга, као и процена могућности поређења добијених резултата са претходним истраживањима.

Узорци водених макробескичмењака из брдско-планинских текућица, прикупљени су у периоду пролеће - рано лето, како би се елиминисале разлике у заједници до којих долази услед временске динамике. Овај период је изабран за анализу фауне водених макробескичмењака ове групе текућих вода, јер је тада разноврсност највећа (Marković, 1995; Simić и Simić, 1999; Рауновић и сар., 1997, 1999, 2003, 2006а, 2006б). Идентификација материјала прикупљеног у овом периоду је поузданија, јер тада доминирају крупнији ларвени и нимфални стадијуми, за разлику од периода касно лето - јесен, када се бележи доста ларви у првом и другом стадијуму развића, нарочито представника фамилије Baetidae (Ephemeroptera) (Рауновић, 2006а), које су малих димензија и често компликоване за идентификацију.

Применљивост K&S методе узорковања врло је често потцењена у односу на њену ефикасност. Један од главних недостатака овог приступа је у томе што се најчешће ова метода сврстава у у групу квалитативних метода (García-Criado и Trigo, 2005). Ова техника се може третирати као семиквантитативна, уколико се дефинише временски интервал узорковања, или примени увек исти напор узорковања, чиме се обезбеђују поредиви подаци дуж просторног и временског градијента. Наши подаци показују да је K&S семиквантитативно узорковање ефикасније у односу на *Sürber* узорковање за прикупљање информација о општем диверзитету таксона, као и диверзитету унутар доминантних таксономских група у заједници малих и средњих токова са доминацијом крупног камена (Тубић и сар., 2016).

Сапробни индекс, параметар који се најчешће користи за процену статуса вода широм Европе (Birk и Hering, 2006), није показао значајну разлику резултата добијених

на основу материјала прикупљеног применом две различите методе узорковања. K&S метода је ефикаснија за утврђивање састава заједница макробескичмењака (Tubić и сар., 2016). Тестиране технике узорковања се са истом ефикасношћу могу примењивати за рутинско праћење еколошког статуса, али K&S метода је боље решење за истраживачке студије чији је циљ прикупљање информација о диверзитету. На основу изнетих података може се закључити да се две методе могу поредити у односу на сапробни индекс (Zelinka и Marvan, 1961), BMWP скор и ASPT (Armitage и сар., 1983). Слични резултати добијени су поређењем K&S методе и узимања узорака „U” мрежом (Brva и сар., 2011), где је пронађена сличност у односу на вредности параметара који одређују састав заједнице. У случају наведене студије (Brva и сар., 2011) узимање узорака „U” мрежом даје нешто боље податке о диверзитету и због тога поменути аутори дају предност овој методи за анализу биодиверзитета, иако је за прикупљање узорака на овај начин потребно више времена. K&S метода је ефикаснија у односу на *Sürber* методу јер је потребно мање времена за узорковање и економски је исплативије. Треба нагласити да је мање времена потребно и за обраду материјала прикупљеног K&S методом у односу на узорке прикупљене *Sürber* мрежом, али и у односу на друге методе узорковања, нпр. *polyp grab* техником (Csányi и Paunović, 2006a), Air Lift узорковањем (Brva и сар., 2011) или детаљну AQEM методу (AQEM Consortium, 2002).

Предност *Sürber* методе је у томе што даје квантитативне податке о заједници водених макробескичмењака, што је важно, уколико је циљ истраживања испитивање продуктивности водених екосистема, или процена доступности хране за бентиворне рибе.

Анализа узорака на изабраним водним телима у Босни и Херцеговини (реке које се могу прегазити и реке средње величине) фокусирана је на тестирање ефикасности детаљне MHS методе узорковања, са 20 подузорака распоређених у односу на заступљеност главних типова станишта према AQEM протоколу (AQEM Consortium, 2002) и K&S методе узорковања.

На основу анализе узорака прикупљених двома поређеним методама, добијени су готово идентични резултати, што је потврдила и статистичка анализа. Поставља се питање колико је подузорака неопходно да би се обавио рутински мониторинг и добио репрезентативан узорак, који довољно добро осликава састав заједнице водених макробескичмењака испитиваног подручја, на основу кога се процењује статус/потенцијал одабраног водног тела.

На локалитету Неретва (Житомилић), на коме је заступљен вегетацијски појас у приобалном региону, забележен је велики број *Gammarida*, нарочито у K&S узорку. Слична ситуација била је и на локалитету Врело Босне, где је у K&S узорку на сличан начин доминирала група *Gammarida*.

Овај податак иде у прилог чињеници да треба обратити пажњу на текућице са густим макрофитским покривачем који треба третирати као посебно микростаниште. Таква водна тела су честа на планинским заравнима, у тресетним подручјима, као и у мањим низијским рекама.

Неретва, Црна Ријека и Босна код Модриче су пример где је више таксона забележено употребом K&S методе узорковања него AQEM методом. Ово показује да примена једноставније методе узорковања пружа исто тако детаљне резултате као и комплекснија метода. У плићим рекама које се могу прегазити, као што је Црна Ријека, AQEM узорак је детаљнији од K&S узорка, чиме се наглашава употребљивост дефинисања пропорције станишта.

Неретва, као река средње величине на крашком подручју припада сливу Јадранског мора. За време овог истраживања уочене су неке тип-специфичне карактеристике заједнице. То се пре свега односи на популацију врсте *Emmericia patula* (Gastropoda) пронађену на локалитету Житомилић, као први налаз у региону. Значајно је споменути да је само у K&S узорцима регистрован овај таксон.

Узевши у обзир горе поменуте предности, као и претпоставку да узорковање у оквиру мониторинг програма треба да буде временски ефикасно и економски оправдано, K&S метода, као процедура семиквантитативног узорковања ручном мрежом може да се препоручи за даље разматрање о потенцијалној употреби за рутински мониторинг река које се могу прегазити.

Анализа фауне водених макробескичмењака већих равничарских река вршена је у периоду септембар - октобар (период ниских вода) како би се обезбедили поредиви подаци. У прилог овоме иде и чињеница да је узорке из великих река лакше прикупити у периоду ниских вода (Рауновић, 2007а).

Предуслов за одабир адекватне методологије узорковања је одређивање прецизних циљева истраживања. За процену стања сложених екосистема великих равничарских река, као што је Дунав, потребно је прикупити репрезентативне узорке са свих станишта на одабраним локалитетима, што није лако обавити једном методом. Коришћење комбинованих метода за еколошку процену статуса према ОДВ је изазов,

јер треба превазићи чињеницу да се референтни услови и ефикасност узорковања речног дна и приобалне зоне разликују. У овом раду разматране су и поређене готово све доступне методе за узорковање великих река: Хидраулични *polyp* багер, *Air-lift*, *Multicorer*, Дреца, MHS, K&S и роњење на дах.

На основу добијених резултата, поређење поменутих метода коришћених на типу реке као што је Дунав, је тешко, јер се поменути методолошки приступи не разликују само технички, већ и у погледу узорковања различитих просторних зона реке. Пре свега, треба напоменути да је за прве четири методе неопходан брод/чамац, на који се монтира опрема и обавља узорковање, што је и технички и финансијски захтевније, на супрот узорковању ручним мрежама (MHS, K&S), које пре свега, захтева много једноставнију опрему.

Узорковање помоћу хидрауличног *polyp* багера врши се са брода у обалском региону, у областима где се налази велико камење. У делу Дунава, низводно од Белегиша, ретко се налази на овакав тип подлоге, па се може закључити да је ова метода врло ограничена. На сектору Дунава, који обухвата 18 локалитета, на коме је обављено паралелно узорковање *polyp* багером и K&S методом, забележен је значајан број индивидуа у оквиру испитиване заједнице водених макробескичмењака. Ипак, K&S метода се показала као ефикаснија кад је у питању број таксона макробескичмењака у оквиру најзаступљенијих таксономских група. Начелно, може се закључити да су разлике у ефикасности ове две технике узорковања око 10-20%, осим у случају групе *Bivalvia*, јер је као додаток K&S методи, обављено претраживање терена роњењем на дах, што је важан део ове методе због специфичне дистрибуције врста ове групе.

Применом K&S технике и хидрауличног *polyp* багера обухваћен мањи сектор Дунава, због чега анализа и поређење ових метода узорковања није довољно поуздано.

Репрезентативно узорковање је тешко извести у доњм делу тока Дунава које се протеже од Београда до Ђердапске акумулације 1 и 2, због хидроморфолошких промена.

Главни проблем узорковања у великим рекама је на који начин квантификовати организме различитих величина, који имају другачије животне циклусе, различите еколошке захтеве (Ćányi и Рауповић, 2006, Tubić и сар., 2013). За репрезентативно узорковање потребно је прецизно проценити структуру станишта у великим водним телима, чиме би се успешно решили недостаци просторних и временских димензија.

У случају JDS 2 и JDS 3 истраживања коришћени су стандардизовани приступи узорковања приобалних делова реке, заједно са методама за узорковање дубљих делова реке за процену еколошког статуса, а вршена је и процена преференције према типу станишта специфичних таксона. Поређење метода за узорковање дубљих делова реке (*Air-lift/Multicorer*/дреца) и метода коришћених у приобалном региону (*MHS/K&S*), је тешко, јер се ови приступи не разликују само у погледу технике, већ се њима узоркују различите просторне зоне реке, што је потврђено и статистичким анализама.

Из резултата добијених анализом узорака са JDS2 истраживања може се закључити да је више таксона прикупљено *Air-lift/MHS/Multicorer* методама (362) у поређењу са *K&S*/дреца методама (220).

У прилог овоме говоре и радови бројних аутора Åarefjord (1972), Drake и Elliott (1982), Mackey (1972), Norris (1980) и Pearson и сар. (1973), који се односе на поређење *Air-lift* методе узорковања са другим доступним методама. На основу ових истраживања закључено је да су различити типови *Air-lift* узорковача ефикаснији за узорковање фауне макробескичмењака од осталих тестираних метода (дреце, багери).

Multicorer метода, коришћена је као алтернатива за *Air-lift* методу (JDS 2) на деловима тока Дунава са врло финим наносом седимената. Врста подлоге је ограничавајући фактор за употребу ове врсте узорковача, па се не користи често за узорковање, али даје релативно тачан састав заједнице бентосних организама узоркованих области. Ово се посебно односи на заједницу хирономида (Milbrink и Wiederholm, 1973), представника рода *Chaoborus* (Diptera) (Kajak и сар., 1978), на узорке узете из врло течног, фино гранулисаног седимента (Giani, 1974) или муља (Gale, 1975). Ова метода није погодна за узорковање фауне макробескичмењака која насељава крупније фракције супстрата, састављене од песка, ситнијег и крупнијег шљунка и камена, како наводи Prejs (1970). За превазилажење овог проблема аутори Taylor & Erman (1980) предлажу ангажовање ронилаца са опремом, који би ручно заривали узорковач у овакав тип подлоге. Слично овоме, постоји могућност за ручну употребу *corer* узорковача у плитким деловима тока.

Због ниског водостаја на одређеним локалитетима (девет тачака, углавном на притокама) током JDS 2 истраживања, као алтернатива *Air-lift* методи, примењена је метода *MHS* узорковања.

Air-lift/MHS/Multicorer методе су ефикасније у погледу стандардизованих података као квантитативне методе и покривају највећу површину екосистема.

Air-lift и *Multicorer* методе су ефикасније за прикупљање података о фауни дна на већим дубинама на стандардизован начин, што потврђују и резултати овог рада. У узорцима прикупљеним овим методама забележена је велика бројност група *Oligochaeta* и *Diptera* (углавном представника фамилија *Chironomidae*), али су и друге групе организама успешно прикупљене. Анализом узорака прикупљених модификованим FBA *Airlift* узорковачем (Rehofer, 1998), утврђене су значајне разлике у саставу заједнице дубоких зона реке и узорака узетих *Hesse* мрежом са шљунковите подлоге у приобалној зони. Ово указује на то да узорци узети само у приобалној зони или само у дубоким деловима река не дају репрезентативни приказ целокупне заједнице водених макробескичмењака у великим рекама. То потврђују и Neale и сар. (2006) који су поредили ефикасност и подобност доступних техника за узорковање водених макробескичмењака у великим рекама заснованих на систему оцене статуса Велике Британије (*Airlift*, дреца, узорковачи приобалних зона, ручне мреже). Они препоручују *Airlift* као најпогоднију методу, али искључиво за ефикасну процену квалитета воде у дубљим деловима реке. Активност узорковања треба усмерити и на приобална станишта једнако као и на дубља станишта реке.

K&S метода се показала се као адекватна за процену фауне макробескичмењака приобалне зоне и анализу различит услова леве и десне обале. Због повишеног нивоа воде низводно од Ђердапа 2 (локалитети JDS 65 до JDS 96), дреца је коришћена као алтернативна метода узорковања на укупно 32 профила (укључујући и 6 притока) Треба имати у виду да је заједница макробескичмењака приобалне зоне под утицајем хидролошких услова. Комбинација обе методе даје комплетније резултате за потребе истраживања приобалне зоне.

K&S узорковање током JDS 3 истраживања. спроведено је у деловима Дунава који се могу прегазити, док је узорковање дрецом фокусирано на дубља станишта како би се добле информације о дистрибуцији организама дуж попречног пресека речног корита. Узорковање дубљих делова реке дрецом коришћено је и због могућности поређења са подацима прикупљеним *Air-lift* методом, која је примењена за узорковање дубљих делова реке током JDS 2 истраживања 2007. године.

Многи аутори (Fast, 1968; Elliott и Drake, 1981a; Probert, 1984), су поредили ефикасност узорковања разним типовима дреца али не и са другим методама. Према подацима Drake-а и Elliott-а (1982) дреца је погодна за узимање узорака са супстрата састављених од шљунка до већег камења, али није погодна за узимање узорака са финог супстрата (муљ, глине) као ни са станишта са крупним каменом (матична стена).

Насупрот томе, *Air-lift* је погодан за употребу на супстрату састављеном од финијих фракција (муља и глине) до шљунка. Ове две методе узорковања најбоље је користити истовремено како би се осигурало да се читав спектар супстрата у дубоким рекама обухвати квалитативним узорковањем. Рад на терену је најбољи начин да се одреде најадекватније методе узорковања као и да се формира протокол за узорковање одређеног типа реке.

Вејџамин (1998) користи стандардизоване методе, које се примењују за узорковање фауне макробескичмењака у дубоким каналима, да би утврдио да ли методологија узорковања утиче на резултате, а самим тим и процену квалитета воде. Анализирани су резултати три технике узорковања на два локалитета, које укључују коришћење ручне мреже, дреце и багера. К&S метода и дреца су технике којима је прикупљен најразноврснији узорак са великим бројем таксона у односу на уложени напор узорковања. Ове две методе имале су и високе вредности биотичких скорова (BMWP и ASPT). Ипак, било је значајних разлика у резултатима добијеним анализом ових метода. Резултати оправдавају употребу К&S методе у комбинацији са дрецом, јер су утврђене значајне разлике фауни унутар узорака прикупљених овим методама, па је закључено да је неопходно користити обе методе да би се осигурао репрезентативни узорак целог водотока.

Ово сугерише да узорковање К&S методом треба да се ограничи на узорковање плићих делова реке и да треба користити друге методе као алтернативу за прикупљање узорака из дубљих делова. Утврђено је такође да је ручну мрежу тешко користити са брода/чамца (Bass et al. 2000).

Анализом узорака обухваћених овим радом донет је сличан закључак, што су потврдиле и статистичке анализе.

Велике реке састоје од два различита станишта: приобаља и много пространијег, дубљег дела, са већим протоком воде. Док је разноврсност станишта у приобаљу већа, дубљи део реке даје карактер целом сливу.

Резултати добијени анализом свих наведених истраживања обављених на Дунаву потврђују да је одређивање прецизних циљева истраживања предуслов за одабир адекватне методологије узорковања. Комбинација свих приступа везаних за специфична станишта пружа свеобухватан увид у састав фауне на одређеном локалитету за велике равничарске реке. Примена комбинованих метода узорковања на великим рекама омогућава да истраживање једнако буде усмерено на одређивање

еколошког статуса, биодиверзитета, као и на истраживање/распрострањење инвазивних врста.

Поређењем главних приступа који су примењени током JDS 3 и JDS 2 истраживања на основу таксономских група уочено је јасно раздвајање метода, што значи да се сваком методом обезбеђује узорковање јединствене фауне - фауне дубоке воде и фауне приобалне зоне.

Airlift узорци показују већу сличност са узорцима прикупљеним дрецом, док су MHS и K&S методе показале сличности јер обе покривају фауну приобаља, што је у складу са чињеницом да се фауна дубљих делова реке у одређеној мери разликује од фауне приобалне зоне.

На појединим секторима доступни типови станишта су хомогени, док су на другим разноврснији па би у таквим случајевима примена MHS методологије узимања узорака било најбоље решење.

Поређење броја индивидуа у оквиру таксона има ограничења. На локалитетима где је могуће узорковање са свих репрезентативних станишта, број индивидуа у оквиру нађених таксона се може поредити. У другим случајевима, када није могуће укључити све расположиве типове станишта у програм узорковања због великих димензија реке, овај начин анализе узорака може дати погрешну слику о односима у заједници (Marković и сар., 2012, Tubić и сар., 2013).

Постоји неколико локалитета на горњем и средњем току Дунава који имају добро дефинисан састав станишта. Прикупљени подаци на овим локалитетима су репрезентативни за међусобно поређење (између акумулације Габчиково и Дунафолдвара, горњег и средњег Мађарског дела Дунав) (Csányi и Рауповић, 2006).

У овом раду су анализирани и узорци добијени употребом *Van Veen* багера који је коришћен за узорковање у сектору Дунава под успором, у комбинацији са K&S методом. Ове две методе такође покривају две различите зоне, те се и анализирани параметри заједнице очекивано разликују, што је и статистички потврђено.

Према Elliot и Drake (19816), багери не остварују добре резултате на тврдим подлогама, нарочито на местима где је дубина воде већа од 1 m а брзина струјања већа од 0,5 m/s. Осим тога, из багера се често губи фини део фракције сакупљеног материјала приликом подизања, што представља губитак дела узорка (Danielson, 2014). Овај проблем се повећава уколико камен или крупнији предмети спрече правлно и комплетно затварање „вилаца“ багера. Ови проблеми ограничавају узорковање багерима на подлоге са финим седиментом, у споријим токовима и искључује их из

употребе у редовним биомониторинг програмима, где узорци морају бити прикупљени са различитих типова подлога. На Дунаву у дубокој води велике брзине и *Peterson* багер се лоше показао (Herrig 1975) у поређењу са *Airlift* и *corer* узорковачима дизајнираним за узорковање фауне која насељава супстрат са финим наносом седимента у дубљим деловима реке (Bretschko и Schönbauer, 1998). Сличани резултати добијени су и на реци Елби (Petermeier & Schöll 1996). Обе студије не препоручују багере за рутинско узорковање дубоких река.

Резултати свих метода узорковања се допуњују: MHS подаци се користе за процену статуса, док методе за узорковање дубљих делова реке (*Air-lift*, *Multicorer*, дреца и *Van Veen* багер) и K&S методадају више информација о биодиверзитету и просторно - временској дистрибуцији таксона макробескичмењака али и о вертикалној дистрибуцији организама.

На групу Mollusca треба посебно обратити пажњу, за њихово детаљно истраживање неопходно је спровести детљан мониторинг специфичних станишта. Роњење може да обезбеди додатне информације, нарочито о популацији шкољки које живе у дубљим обалним зонама (Tomović, 2015).

Важан аспект је и време потребно за обављање узорковања са брода на великим рекама. Ако се узму у обзир све активности везане за узорковање, које подразумевају време потребно за прикупљање података о локалитету (састав подлоге, ширина и дубина тока, ниво хидроморфолошке деградације итд), ношење опреме, узорковање, редукција узорака, сортирање, обележавање, конзервација и паковање узорака, потребно је просечно 2 сата по сваком локалитету. На овај начин, могуће је узорковати два, евентуално три локалитета у току дана, уколико пут између два локалитета траје мање од сат времена.

Обрада узорака подразумева два одвојена корака: 1) издвајање макробескичмењака из супстрата и 2) идентификацију и бројање. Време потребно да се издвоје и разврстају индивидуе макробескичмењака из узорака са великих река, прикупљених различитим методама, зависи од особе која обрађује узорак. Треба истаћи да величина узорка варира и у великој мери зависи од методе узорковања и особина локалитета, упркос покушајима да узорци буду униформни. Поређено је време потребно за обраду узорака прикупљених стандардним методама. Количина материјала сакупљена дрецом и *Airlift* методом није била велика, али уколико је на неком од локалитета био већи проценат финог наноса, време обраде узорака се пролонгирало. Сортирање узорака узетих *Airlift* методом је временски захтевније у односу на узорке

узете дрецом и ручном мрежом (Neale и сар., 2006). Треба имати у виду да поред одабира адекватне методологије узорковања и ниво таксономске детерминације организама у великој мери утиче на резултате процене еколошког статуса (Birk и сар., 2012б; Hering и сар., 2004).

Искуства и резултати ових истраживања могу значајно допринети развоју свеобухватне методологије узимања узорака у великим рекама.

Поређење резултата добијених током овог истраживања односи се на узорке са различитог типа подлоге (природне и вештачке) узете истом методом узорковања, ручном мрежом са свих расположивих микростаништа. Добијене разлике у броју таксономских група, као и у броју индивидуа су значајне и очекивано дају предност природној подлози. Статистичка анализа, ипак, не показује толико значајне разлике између два типа подлоге, што се може објаснити тиме да су поређени узорци узети са истог сектора, па је састав заједница макробескичмењака на различитим подлогама сличан.

Због различитих утицаја дуж тока, изазваних различитим окружењем (рељеф, геолошка подлога, надморска висина, нагиб корита и клима), ова река је хетерогена у погледу општих услова станишта. Због географског положаја, различите климе, сатава стена, педолошке разноликости и орографских карактеристика, слив реке Саве је један од најкомплекснијих у Европи што се тиче дистрибуције биљних и животињских организама (Loratin и Matvejev, 1995). Истраживање дистрибуције водених макробескичмењака реке Саве је комплексно питање.

Mihaljević и сар. (1998) током деветогодишњег истраживања на вештачким подлогама у средњем делу Саве издвајају Chironomidae и Oligochaeta као доминантне групе, што је у складу са резултатима наше студије за средињи део тока Саве. Група Mollusca је такође једна од главних компоненти заједнице макробескичмењака у средњем и доњем делу реке Саве (Matonićkin и сар., 1975; Raunović и сар., 2008б, 2012; Tomović и сар., 2010, Popović и сар., 2016) Mollusca и Oligochaeta представљају две највеће групе макробескичмењака у великим равничарским рекама (Šporka и Nagy, 1998; Raunović и сар., 2005, 2007а, 2007б; Atanacković и сар., 2011), у односу на број идентификованих врста и релативну абунданцу.

На основу налаза Urbaniča (2008) и Lucić и сар. (2015), река Сава може се прелиминарно поделити у пет различита сектора - алпски, субалпски, горња посавска равница, средња Сава и доња Сава, што је у складу са резултатима овог истраживања,

као и са општим природним карактеристика региона. Горњу Саву (горња геоморфолошка јединица која обухвата алпску, субалпску и горњу посавску равницу) карактеришу стрме падине, притоке и доминација подлоге са грубом фракцијом (SRBA, 2009; SRBMP, 2013). Према расположивим подацима, до ушћа Уне и Сиска доминира шљунак. На потезу између Сиска и Славонског Брода у подлози доминирају песк и шљунак, а низводно песак и муљ. Како је подлога један од најзначајнијих фактора који утичу на расподелу макробескичмењака (Allan, 1995) карактер промена у заједници је очекиван.

5.1. Оптимизација методологије узорковања водених бескичмењака за водене екосистеме Србије

Имајући у виду горе поменуте чињенице и методолошке проблеме везане за узорковања водених макробескичмењака, у овом раду се предлажу следећи поступци узорковања за различита водна тела:

За реке које се могу прегазити препорука је да се користи модификована AQEM метода узорковања. Као што је више пута поменуто у овом раду, AQEM метода је заснована на MHS шеми, која је дизајнирана за узорковање главних станишта, пропорционално њиховом присуству у зони узорковања (AQEM Consortium 2002). Број реплика би требало одредити према пропорцији главних типова станишта описаних у AQEM протоколу. Узорак би се састојао од 10 реплика прикупљених са свих типова микростаништа на истраживаном локалитету, од којих сваки заузима више од 5% површине. На основу приказаних резултата у овом раду, 10 реплика је процењено као довољан број подзорака за приказ репрезентативног састава заједнице водених макробескичмењака.

Треба имати на уму следећа чињенице током узорковања са микростаништа:

- У случају узорковања микростаништа са воденом макровегетацијом, узоркује се површина дна (25x25cm), заједно са вегетацијом,
- Организми са узорковане вегетације спрају се помоћу мреже,
- У узорковање се укључује и минерална подлога испитиваног подручја,
- Флотантна вегетација се узоркује заједно са материјалом са дна;
- Узоркује се доминантна вегетација.

На основу добијених резултата вишегодишњих истраживања може се истаћи да је AQEM процедура узорковања применљива само за веома плитка водна тела. Израз „воде које се могу прегазити” одговара водним телима максималне дубине до 1m (узорковње је ризично, посебно у брзим рекама, како због јаке струје, тако и због клизавог покривача од алги на камењу и нестабилног дна). Да је потребна велика провидност за визуелну процену микростаништа; мутне воде су проблематичне за AQEM узорковање, и да је у дубоким и/или мутним водама неопходно озбиљно теренско искуство како би се спровела адекватна стратегија.

K&S методу, која је једноставнија и економски исплативија, треба користити као алтернативу AQEM методи за рутински мониторинг, или као додатну процедуру, да би се добио што прецизнији списак таксона приликом анализе заједнице. Узорковање треба да буде стандардизовано на такав начин да се апроксимативно користи једнак напор при сваком узорковању, било да се користи иста дужина узорковања или да се спроводи исти број замаха приликом узорковања. Овако постављена K&S процедура даје семиквантитативне узорке. Узете узорке на овај начин могуће је поредити.

На великим и веома великим рекама, примена AQEM методе узорковања према MHS шеми, захтева другачији приступ, због другачијег разматрања топологије, димензија реке и статистичке обраде. На оваквим водним телима, са резервом треба третирати AQEM узорковање као квантитативну методу. Процена броја индивида по јединици површине (i/m^2) није релевантна у већим рекама, јер велики део речног дна није могуће прегазити и није довољно провидно за визуелну процену свих постојећих типова станишта. Груба процена микростаништа у плиткој обалској зони може се добити гажењем дуж сектора где се узоркује, тип подлоге се може проценити на основу осећаја под стопалима, а такође седимент се може извадити ручном мрежом тако да је у том случају могуће извршити и визуелну процену седимента. Сектор узорковања требало би да износи између 50 и 100m.

Релативни удео различитих станишта у плићој зони, у случају великих река често може бити само грубо процењен, због мале провидности и турбулентности. Због тога се за средње и велике низијске реке предлаже употреба комбинованих метода за узорковање макробескичмењака.

Због чињеница да је обалски регион средњих, великих и веома великих река најнасељенији и да има највећи диверзитет заједница макробескичмењака, препорука је да се посебна пажња усмери на овај део воденог екосистема. Предложена

модификована AQEM процедура узорковања (10 подузорака) је задовољавајућа и ефикасна за рутинску процену статуса/потенцијала. Као допуну, за рутински мониторинг, на одабраним местима узорковања, треба користити и дрецу, чија се употреба препоручује само на одабраним местима за узорковање на сектору где је безбедно користити мали чамац са мотором.

Као и у сличачају мањих река које се могу прегазити, K&S методу, треба користити као алтернативу AQEM методе за рутински мониторинг, или као додатну процедуру, за детаљнија истраживања.

Препоручује се роњење без опреме на дубине до 4m. Да би се квантификовале шкољке, јединке треба сакупити са површине 0,5x0,5m. За одређивање површине за узорковање, може се користити челични рам. Процедуру треба поновити најмање 5 пута.

За истраживачки мониторинг и научна истраживања, неопходно је испитати и дубље делове реке, како би се добиле информације о диверзитету и абунданци макробескичмењака у дубљој зони. Препоручљиво је да се редовно испитује дубљи део реке, мада мање фреквентно, да би се добили неопходни подаци о динамици овог, често значајног дела реке.

Узорковање дрецом се испоставило као технички једноставнија и економски исплативија метода у односу на друге тестиране методе (*Airlift*, *Multicorer* и багери), за истраживање дубљих делова реке.

6. ЗАКЉУЧЦИ

- MHS метода, која се врши према AQEM протоколу, погодна је за еколошку процену статуса како река које се могу прегазити, тако и средњих, великих и веома великих река у периоду ниских вода,
- MHS метода је стандардизована, стрес-специфичана метода, везана за специфична станишта, на основу које се може утврдити преференција за станиште различитих врста макробескичмењака,
- ОДВ-компатибилни MHS узорци, који се састоје од 20 (10) подзорака, могу се користити за стандардне анализе (сапробност),
- K&S метода је најприхватљивија, како технички тако и економски, за рутински мониторинг различитих водних тела,
- Уколико се стандардизује, коришћењем истог напора узорковања и временског интервала, подаци добијени узорковањем K&S методом, могу се рачунати као семиквантитативни и поредиви су,
- Узорци узети K&S методом се брже и лакше обрађују од узорака прикупљених осталим наведеним методама,
- На методе узорковања дубљих делова реке (*Airlift, multicorer*, дреца, багер) не утиче ниво воде и погодне су за прикупљање података са свих дубљих делова и станишта великих река,
- Пажљивим руковањем дрецом могу се обезбедити семи-квантитативни подаци,
- Роњење обезбеђује додатне информације нарочито о популацији шкољки које живе у дубљим зонама поред обале.
- Детаљно истраживања групе Mollusca захтева детљан мониторинг специфичних станишта.

7. ЛИТЕРАТУРА

- Åarefjord J. (1972). The use of an air-lift in freshwater bottom sampling. A comparison with the Ekman bottom sampler. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 18, 701-705.
- Allan D.J. (1995). *Stream Ecology - Structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, 388 pp.
- AQEM & STAR Site Protocol (2002): www.eu-star.at. Protocols
- AQEM Consortium (2002) Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002. Contract No: EVK1-CT1999-00027. 202 pp.
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. and Furse, M.T., (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, 17, 333-347.
- Atanacković A., Jakovčev-Todorović D., Simić V., Tubić B., Vasiljević B., Gačić Z. & Paunović M. (2011). Oligochaeta community of the main Serbian waterways. *Water Resarch and Management* 1(1): 47-54.
- Austrian Standards M 6119-2 (draft): Guidelines for the ecological study and assessment of rivers – Macrozoobenthos. Part 2: A Standardized Procedure for prorated Multi-Habitat-Sampling.
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder B. D. & J. B. Stribling (1999): Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. (2nd ed.) EPA/841-B-98-010. U.S. EPA. Office of Water, Washington, DC.
- Bass J. A. B., Wright J. F., Clarke R. T., Gunn R. J. M. & Davy-Bowker J. (2000). Assessment of sampling methods for macroinvertebrates (RIVPACS) in deep watercourses. Environment Agency R&D Technical Report E134. 57pp.
- Benjamin J. (1998). A comparative study of methods for sampling macroinvertebrates in Sussex Rifes. Unpublished report to Environment Agency, Southern Region. 103pp.
- Bick, H. (1971). The potentialities of ciliated Protozoa in the biological assessment of water pollution levels. In *Proceedings of the International Symposium on Identification and*

- Measurement of Environmental Pollutants, Ottawa, ON, June 14-17, 1971*, Chmn. I. Hoffman, pp. 305-9. National Research Council of Canada, Ottawa, ON.
- Birk S, van Kouwen L, Willby N. (2012a). Harmonising the bioassessment of large rivers in the absence of near-natural reference conditions - a case study of the Danube River. *Freshw Biol.*;57(8):1716–32.
- Birk S., Bonneb W., Borjac A., Brucetb S., Courratd A., Poikaneb S., Soliminie A., Bundb W., Zampoukasb N., Heringa D. (2012b). Three hundred ways to assess Europe’s surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological Indicators* 18: 31-41
- Birk S., Hering D. (2006) Direct comparison of assessment methods using benthic macroinvertebrates: A contribution to the EU Water Framework Directive intercalibration exercise. *Hydrobiologia* 566:401–415
- Blagojević M., Vlahović P., Gavrilović D., Gavrilović Lj., Dimitrijević R., Živojinović D., Mileusnić S., Simonović P., Stamenković S., Stanković S., Stepić M., Stefanović D., Tanasić S., Tešić M. & Ferjančić S. (2005). *Drina*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstava, Beograd, Zavod za udžbenike i nastavna sredstava, Srpsko Sarajevo, 487 p.
- Bretschko G. & Schönbauer B. (1998). Quantitative sampling of the benthic fauna in a large, fast flowing river (Austrian Danube). *Archiv für Hydrobiologie Supplement*, 115: 195-211.
- Brua RB, Culp JM, Benoy GA (2011). Comparison of benthic macroinvertebrate communities by two methods: Kick- and U-net sampling. *Hydrobiologia* 658:293–302
- Buffagni A. (2001). A Europe-wide system for assessing the quality of rivers using macroinvertebrates: The AQEM Project and its importance for southern Europe (with special emphasis on Italy). *J Limnol.*; 60 Supplement, 1):39–48.
- Carter C.E. (1978). The fauna of the muddy sediments of Lough Neagh, with particular reference to eutrophication. *Freshwat. Biol.*, 8, 547-559.
- Compin A., Cereghino R., (2007). Spatial patterns of macroinvertebrate functional feeding groups in streams in relation to physical variables and land-cover in southwestern France. *Landscape Ecology* 22: 1215 - 1225.

- Csányi B. & Paunović M. (2006). The Aquatic Macroinvertebrate Community of the River Danube between Klostenburg (1942 rkm) and Calafat – Vidin (795 rkm). *Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica* 14: 91–106.
- Csányi B. (2002) Joint Danube Survey: Investigation of the Tisza River and its tributaries. Final Report of the ICPDR/VITUKI, Budapest, 1-135.
- Csányi, B., Szekeres, J., György Á. I., Szalóky Z., Falka I. (2012). Methodology of Macroinvertebrate Survey on Large Rivers: A Case Study on the Romanian Lower Danube. *Water Research and Management*, Vol. 2, No. 2: 25-40
- Cummins K.W. (1962). An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *Am. Midl Nat.*, 67 477-504.
- Cummins, K.W, Klug, J.M. (1979). Feeding ecology of stream invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematic* 10, 147-172.
- Danielson, T. J., (2014). Protocols for Collecting Water Grab Samples in Rivers, Streams and Freshwater Wetlands. Maine Department of Environmental Protection, Augusta, ME. DEPLW0637A-2014.
- Davies, S.P., and L. Tsomides, (2002). Methods for Biological Sampling and Analysis of Maine's Rivers and Streams. Maine Department of Environmental Protection. Augusta, ME. DEP LW0387-B2002.
- Davies, S.P., Tsomides L., DiFranco J. and Courtemanch D. (1999). Biomonitoring retrospective: fifteen year summary for Maine rivers and streams. DEPLW1999- 26. Maine Department of Environmental Protection, Augusta, Maine. pp 190
- De Pauw N, Roels D, Fontoura AP. (1986). Use of artificial substrates for standardized sampling of macroinvertebrates in the assessment of water quality by the Belgian Biotic Index. *Hydrobiologia.*;133(3):237–58.
- Drake C.M. & Elliott J.M. (1982). A comparative study of three air-lift samplers for sampling benthic macro-invertebrates in rivers. *Freshwater Biology*, 12, 511-533.
- Elliott J.M. & Drake C.M. (1981a). A comparative study of four dredges used for sampling benthic macroinvertebrates in rivers. *Freshwater Biology*, 11, 245-261.
- Elliott J.M. & Drake C.M. (1981b). A comparative study of seven grabs used for sampling benthic macroinvertebrates in rivers. *Freshwater Biology*, 11, 99-120.

- EN 27828:1994 Water quality - Methods for biological sampling – Guidance on hand-net sampling of benthic macro-invertebrates.
- EN 28265:1994 Water quality - Methods of biological sampling – Guidance on the design and use of quantitative samplers for benthic macro-invertebrates on stony substrata in shallow waters.
- EN ISO 8689-2:1999 Biological classification of rivers PART 11 - Guidance on the presentation of biological quality data from surveys of benthic macro-invertebrates in running waters.
- EN ISO 9391:1995 Water quality - Sampling in deep waters for macroinvertebrates – Guidance on the use of colonisation, qualitative and quantitative samplers.
- Fast A.W. (1968). A drag dredge. *Progressive Fish Culturist*, 30, 57-61. 232.
- Fjerdingstad, E. (1965). Taxonomy and saprobic valency of benthic phytomicro-organisms. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* 50:475-604.
- Flannagan J.F. (1970). Efficiencies of various grabs and corers in sampling freshwater benthos. *J. Fish. Res. Board Can.*, 27, 1691-1700.
- Foissner, W. (1988). Taxonomic and nomenclatural revision of Sladeczek's list of ciliates (Protozoa: Ciliophora) as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 166: 1-64.
- Gale W.F. (1975) Bottom fauna of a segment of pool 19, Mississippi River, near Fort Madison, Iowa% 1967-1968. *Iowa State J. Res.*, 49, 353-372.
- García-Criado F, Trigo C. (2005). Comparison of several techniques for sampling macroinvertebrates in different habitats of a North Iberian pond. *Hydrobiologia*.;545(1):103–15.
- Gavrilović Lj. & Dukić D. (2002). *Reke Srbije*. Zavod za udzbenike i nastavna sredstva, Beograd, ISBN 86-17-06873-6.
- Giani N. (1974) Description d'un nouveau type de carottier pour les sediments tres fluides. *Ann. Limnol.*, 10, 99-108.
- Graf W, Csányi B, Leitner B, Paunovic M, Chiriac G, Stubauer I, Ofenböck T, Wagner F (2008) Macroinvertebrates. In: Liška I, Wagner F, Slobodník J (eds) *Joint Danube Survey Final Scientific Report*. Vienna: International Commission for the Protection of the Danube River – ICPDR; pp 41–53

- Graf W, Csányi B, Leitner P, Paunović M, Huber T, Szekeres J, Nagy C, Borza P. (2015). Macroinvertebrates. In: Liška I, Wagner F, Sengl M, Deutch K, Slobodnik J, editors. Joint Danube Survey 3 A Comprehensive Analysis of Danube Water Quality. Vienna: International Commission for the Protection of the Danube River - ICPDR; 81–99 p.
- Guhl, W. (1987). Aquatic Ecosystem Characterization by Biotic Indices. *Int. Revue. ges. Hydrobiol.* **72**, 4. 431-455.
- Hakala I. (1971). A new model of the Kajak bottom sampler and other improvements in the zoobenthos sampling technique. *Ann. Zool. Fenn.*, 8, 422-426.
- Hamilton A.L., Burton W. & Flannagan J.F. (1970). A multiple corer for sampling profundal benthos. *J. Fish. Res. Board Can.*, 27, 1867-1869.
- Hering, D., O. Moog, L. Sandin & P. F. M. Verdonschot (2004). Overview and application of the AQEM assessment system. *Hydrobiologia* 516: 1–20.
- Herrig H. (1975) Der Bodensauger – ein neuartiges Gerät zur Entnahme von Sohlenproben aus großen Fließgewässern. (The slurp gun – a novel device for river bottom sampling. – in German). *Deutsche Gewässerkdl. Mitteilungen* 19, 104-107.
- Hynes H.B.N. (1971). Benthos of flowing water. In W.T.Edmondson & G.C.Winberg (eds.), *A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters*. IBP Handbook No. 17. Oxford: Blackwell. pp.
- ISO 5667-3:1995 Water quality - Sampling - Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples.
- ISO 7828:1985 Water quality - Methods of biological sampling - Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macroinvertebrates.
- Kajak Z., Rybak J. & Ranke-Rybicka B. (1978) Fluctuations in numbers and changes in the distribution of *Chaoborus flavicans* (Meigen) (Diptera, Chaoboridae) in the eutrophic Mikolajskie Lake and dystrophic Lake Flosek. *Ekol. Pols.*, 26:259-272.
- Kolkwitz, R. (1950). Ökologie der Saprobien. *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene.* 4:1-64.
- Kolkwitz, R. and Marsson M. (1908). Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 26A:505-19.

- Kolkwitz, R. and Marsson M. (1909). Okologie der tierischen Saprobien. Beitrage zur Lehre von des biologischen Gewasserbeurteilung. *1 internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 2:126-52.
- Liebmann, H. (1951). The biological community of *Sphaerotilus* floes and the physico-chemical basis of their formation. *Vom Wasser* 20:24.
- Liebmann, H. (1962). *Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie*, Band I, 2 Auflag. Verlag R. Oldenbourg, Miinchen.
- Lopatin IK, Matvejev SD (1995) Kratka zoogeografija sa osnovama biogeografije i ekologije bioma Balkanskog poluostrva. Knjiga 1, Univerzitetiiski udžbenik, Ljubljana, 166 pp
- Lucić, A., Paunović, M., Tomović, J., Kovačević, S., Zorić, K., Simić, V., Atanacković, A., Marković, V., Kračun-Kolarević, M., Hudina, S., Lajtner, J., Gottstein, S., Milošević, Đ., Anđus, S., Žganec, K., Jaklič, M., Simčić, T., Vilenica, M. (2015). Aquatic macroinvertebrates of the Sava River. Pp. 335-359. In: Milačić, R., Ščančar, J. & Paunović, M. (eds.). *The Handbook of Environmental Chemistry Vol. 31: The Sava River*. Springer, Heidelberg, New York, Dordrecht, London.
- Macan T. T. (1958). Methods of sampling the bottom fauna in stony streams. *Mitt. Int Ver. Limnol.*, 8, 1-21.
- Mackey A.P. (1972). An air-lift for sampling freshwater benthos. *Oikos*, 23, 413-415.
- Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. *Gen. Systems* 3, 36-71.
- Marković V., Atanacković A., Tubić B., Vasiljević B., Simić V., Tomović J., Nikolić V. & Paunović M. (2011). Indicative status assessment of the Velika Morava River based on aquatic macroinvertebrates. *Water Research and Management* 1(3): 47-53.
- Marković, V., Atanacković, A., Tubić, B., Vasiljević, B., Kračun, M., Tomović, J., Nikolić, V., Paunović, M. (2012). Indicative status assessment of the Danube River (Iron Gate sector 849 - 1,077 rkm) based on the aquatic macroinvertebrates. *Water Research and Management* 2 (2): 41-46
- Marković V., Tomović J., Atanacković A., Kračun-Kolarević M., Ilić M., Nikolić V., & Paunović M. (2014). Macroinvertebrate communities along the Velika Morava River. *Turkish Journal of Zoology* 39: 210-224.

- Marković J. (1990). Enciklopedijski geografski leksikon Jugoslavije. Sarajevo. Svjetlost. ISBN 978-86-01-0265-3
- Marković, Z. (1995). Reka Đetinja. Makrozoobentos u oceni kvaliteta vode. Ministarstvo za zaštitu životne sredine Republike Srbije, Naučno-istraživački centar, Užice. pp.131.
- Marković, Z. (1998). Izvori brdsko-planinskih područja Srbije - ekološka studija makrozoobentosa. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu. 318.
- Marković, Z., Mitrović-Tutundžić, V., Savić, I., Ranđelović, N. (1997). Analysis of spring to stream fauna transition by example of the river Banja source (Serbia, Yugoslavia). *Ekologija* 32, 2, 57-63.
- Mason J.C. (1976). Evaluating a substrate tray for sampling the invertebrate fauna of small streams, with comment on general sampling problems. *Arch. Hydrobiol.*, 78, 51-70.
- Matoničkin I, Pavletić Z, Habdija I, Stilinović B (1975) Prilog valorizaciji voda ekosistema rijeke Save. Sveučilišna Naklada Liber 95, Zagreb [Contribution to evaluation of the Sava River ecosystem. University of Zagreb and Liber University Press 95]
- Merritt R.W., Cummins K.W. & Resh V.H. (1978). Collecting, sampling, and rearing methods for aquatic insects. In R.W.Merritt & K.W.Cummins (eds.), *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*, Dubuque, Iowa, USA: Kendall-Hunt Publ. Co.
- Merritt, R.W., V.H. Resh, Cummins K.W. (1996). Design of Aquatic Insect Studies: Collecting Sampling, and Rearing Procedures. p. 12-28 *in* *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. R.W. Merritt and K.W. Cummins eds. 3rd edition. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Mihaljević Z, Kerovec M, Tavčar V, Bukvić I (1998). Macroinvertebrate community on an artificial substrate in the Sava River: long-term changes in the community structure and water quality. *Biologia, Bratislava* 53(5):611–620
- Milacic R., Scancar J., Murko S., Kocman D., Horvat M. (2010). A complex investigation of the extent of pollution in sediments of the Sava River. Part 1: selected elements. *Environ Monit Assess*;163:263–75.
- Milbrink G. & Wiederholm T. (1973) Sampling efficiency of four types of mud bottom samplers. *Oikos*, 24, 479-482.

- Milbrink G. & Wiederholm T. (1973). Sampling efficiency of four types of mud bottom samplers. *Oikos*, 24, 479-482.
- Milošević Đ. (2013). Larve porodice Chironomidae (Diptera, Insecta) sliva Južne Morave i njihova primena u proceni ekološkog statusa tekućih vodenih ekosistema - Doktorska disertacija, Univerzitet u Kragujevcu, 182 p.
- Moog O., Brunner, S., Humpesch, U.H. and Schmidt - Kloiber, A. (2000). The distribution of benthic invertebrates along the Austrian stretch of the River Danube and its relevance as an indicator of zoogeographical and water quality patterns. Part 2. *Archiv für Hydrobiologie*. 115: 473-509.
- Moog O., Chovanec A., Hinteregger H. & A. Römer (1999): Richtlinie für die saprobiologische Gewässergütebeurteilung von Fließgewässern. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien: 144 p.
- Mundie J.H. (1971). Sampling benthos and substrate materials down to 50 microns in size in shallow streams. *J. Fish. Res. Board Can.*, 28, 849-860.
- Murray-Bligh, J. A. D. (1999). Procedures for collecting and analysing macro-invertebrate samples. *Quality Management Systems for Environmental Monitoring: Biological Techniques*, BT001. (Version 2.0, 30 July 1999), Environment Agency, Bristol.
- Neale MW, Kneebone NT, Bass JAB, Blackburn JH, Clarke RT, Corbin TA, Davy- Bowker J, Gunn RJM, Furse MT, Jones JI. (2006). Assessment of the Effectiveness and Suitability of Available Techniques for Sampling Invertebrates in Deep Rivers. North South Shared Aquatic Resource (NS Share).
- Norris R.H. (1980). An appraisal of an air-lift sampler for sampling stream macroinvertebrates. *Bulletin of the Australian Society of Limnology*, 7: 9-15.
- Pantle R., Buck H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas - und Wasserfach* 96 (18): 604.
- Paunović M, Borković S, Pavlović S, Saičić Z, Cakić P (2008) Results of the 2006 Sava survey – aquatic macroinvertebrates. *Arch Biol Sci* 60:265–270.
- Paunović M, Jakovčev-Todorović D, Simić V, Stojanović B, Cakić P (2007) Macroinvertebrates along the Serbian section of the Danube River (stream km 1429-925). *Biologia*, Bratislava 62:1–9.

- Paunović M, Simić V, Jakovčev-Todorović D, Stojanović B (2005) Results on macroinvertebrate community investigation in the Danube River in the sector upstream the Iron Gate (1083-1071 km). *Arch Biol Sci* 57:57–63.
- Paunović M, Simić V, Simić S, Vuković D, Petrović A, Vasiljević B, Zorić K, Tomović J, Atanacković A, Marković V (2011) Biological Quality Elements in WFD implementation in Serbia—typology, reference conditions and ecological status class boundaries. Technical Report, Contracts.
- Paunović M, Tomović J, Kovačević S, Zorić K, Žganec K, Simić V, Atanacković A, Marković V, Kračun M, Hudina S, Lajtner J, Gottstein S, Lučić A (2012) Macroinvertebrates of the Natural Substrate of the Sava River – preliminary results. *Water Res Manag* 2(4):32–39.
- Paunović M. (2007a). Struktura zajednica makroinvertebrata kao indikator tipova tekućih voda Srbije. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu.
- Paunović M., Simić V., Pantović N., Đikanović V., Slavevska-Stamenković V. & Cakić P. (2010). Water quality assessment based on saprobiological analyses of the macroinvertebrate communities in the Zapadna Morava river basin. BALWOIS 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia - 25-29 May 2010.
- Paunović M., Vassilev V., Cheshmedjiev S. & Simić V. (2008a). Procena stanja životne sredine i rizika na slivu reke Timok. Regional environmental Center, 58 p.
- Paunović, M., Jakovčev-Todorović, D., Simić, V., Stojanović, B., Veljković, A. (2006a). Species composition, spatial distribution and temporal occurrence of mayflies (Ephemeroptera) in the Vlasina River (Southeast Serbia). *Archive Biological Sciences*, 58 (1), 37-43.
- Paunović, M., Jakovčev-Todorović, D., Simić, V., Stojanović, B., Petrović, A. (2006b) Trophic relations between macroinvertebrates in the Vlasina River (Serbia). *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 58 (2), 105-114.
- Paunović, M., Kalafatić, V., Jakovčev, D. & V. Martinović-Vitanović (1997). Periphyton and Benthos of the Vlasina River. 32. Arbeitstagung der IAD, SIL, Wissenschaftliche Kurzreferate, 193-198, Wien.

- Paunović, M., Kalafatić, V., Jakovčev, D., Martinović-Vitanović, V. (2003). Oligochaetes (Annelida, Oligochaeta) of the River Vlasina (Southeast Serbia) - diversity and distribution. *Biologia (Bratislava), Section Zoology*. **58/5**, 903-911.
- Paunović, M., Kalafatić, V., Martinović, J.M., Jakovčev, D., Martinović-Vitanović, V. (1999). The Vlasina River - Water quality, environmental quality assessment and preservation. The 28th Annual Conference of Yugoslav Water Pollution Control Society "Water Pollution Control 1999", Conference Proceedings, 37-46. [in Serbian].
- Pearson R.G., Litterick M.R. & Jones N.V. (1973). An air-lift for quantitative sampling of the benthos. *Freshwater Biology*, 3, 309-315.
- Pehofer H. E. (1998). A new quantitative air-lift sampler for collecting invertebrates designed for operation in deep, fast-flowing gravelbed rivers. *Archiv für Hydrobiologie Supplement*, 101: 213- 232.
- Petermeier A. & Schöll F. (1996) Das hyporheische Interstitial der Elbe – Methodenrecherche. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. BfG-1038.
- Pielou, E.C. (1966). The measurement of diversity *in* different types of biological collections. *Journal of Teoretical Biology*, 13, 131-44 pp.
- Popović, N., Đuknić, J., Čanak-Atlagić, J., Raković, M., Tubić, B., Anđus, S., Paunović, M. (2015). The relation between chironomid (Diptera: Chironomidae) assemblages and environmental variables: The Kolubara River case study. *Archives of Biological Sciences*. DOI:10.2298/ABS150521123P
- Popović, N., Đuknić, J., Čanak Atlagić, J., Raković, M., Marinković, N., Tubić, B., Paunović, M. (2016). Application of Water Pollution Index in the assessment of the ecological status of rivers – the Sava case study. *Acta Zoologica Bulgarica*, 68, 1, 97-102.
- Prejs K. (1970). Some problems of the ecology of benthic nematodes (Nematoda) of Mikolajskie Lake. *Ekol. Pols.*, 18: 225-242.
- Probert P.K. (1984). A comparison of macrofaunal samples taken by box corer and anchor-box dredge. *NZOI Records*, 4 (13), 149-15.
- RBC Report (2007). Characterization Report for the Kolubara River Basin. EC CARDS Regional Programme 2003 "Pilot River Basin Plan for Sava River".

- Resh V.H. (1979). Sampling variability and life history features: basic considerations in the design of aquatic insect studies. *J. Fish. Res. Board Can.*, 36, 290-311.
- Resh VH, McElravy EP. (1993). Contemporary quantitative approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates..* p. 159–94.
- Resh VH, Norris RH, Barbour MT. (1995). Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates. *Aust J Ecol.*;20:108–21.
- Robert S., Birk S. & Somenhauser M. (2003). Typology of the Danube River – part 1: Top-down approach. In: *UNDP/GEF Danube Regional Project, Activity 1.1.6*, pp. 51–59. *Typology of Surface Waters and Definition of Reference Conditions for the Danube River –Final report.*
- Rosenberg, D.M., Resh, V.H. (eds), (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* Chapman & Hall, New York, London. 488 pp.
- Schönbauer B. (1999). Spatio-temporal patterns of macrobenthic invertebrates in a free-flowing section of the River Danube in Austria. *Archiv für Hydrobiologie. Supplement* 115 (3): 375-397.
- Shannon, C.E., Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication.* The Univ. of Illinois, Press, Urbana, IL.
- Simić S. & Simić V. (2009). *Ekologija kopnenih voda (Hidrobiologija I).* Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu; Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu, ISBN 978-86-7078-062-0
- Simić, V., Simić, S. (1999). Use of the river macrozoobenthos of Serbia to formulate a biotic index. *Hydrobiologia.* 416: 51-64. Netherlands.
- Simpson E.H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688
- Sladeczek, V. (1965). The future of the saprobity system. *Hydrobiologia* 25:518-37.
- Sladeczek, V. (1973). System of water quality from the biological point of view. *Archiv für Hydrobiologie Ergebnisse der Limnologie* 7:1-218.
- Slobodnik, J., Hamchevichi, C., Liška, I., Shearman, A., Csányi, B., Makovinská, J., Paunović, M., Tóthová, L., Stahlschmidt-Allner, P., Allner, B. (2005). Final report on

- sampling, chemical analysis and ecotoxicological studies. AquaTerra – Integrated Modelling of the river–sediment–soil–groundwater system; advanced tools for the management of catchment areas and river basins in the context of global change, Integrated Project, Thematic Priority: Sustainable development, global change and ecosystems, Deliverable No.: BASIN 5.11, 148 p.
- Službeni glasnik (2011). Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda. 74/2011
- Šporka F, Nagy S. (1998). The macrozoobenthos of parapotamon-type side arms of the Danube river and its response to flowing conditions. *Biologia* 53(5):633–643
- SRBA (2009) Sava River Basin analysis. ISRBC, Zagreb (<http://www.savacommission.org/>). Accessed 08.03.2014
- SRBMP (2013) Draft Sava River Basin management plan. International Sava River Basin Commission (ISRBC), Zagreb, with financial support of the European Union, 236 pp. http://www.savacommission.org/dms/docs/dokumenti/srbmp_micro_web/srbmp_final/sava_rbm_draft_eng_03_2013.pdf. Accessed 08.03.2014
- StatSoft Inc. (2004): STATISTICA, version 7, <http://www.statsoft.com>
- Stefanović, K., Nikolić, V., Tubić, B., Tomović, J., Atanacković, A., Simić, V., Paunović, M. (2009). Aquatic macroinvertebrates of the Jablanica River, Serbia. *Archives of Biological Sciences, Belgrade*, Vol. 61, No. 4, pp 787-794.
- Taylor T. P. & Erman DC. (1980). The littoral bottom fauna of high elevation lakes in Kings Canyon National Park. *Calif. Fish Game*, 66, 112-119.
- Tomović J, Vranković J, Zorić K, Borković Mitić S, Pavlović S, Saičić Z, Paunović M (2010) Chapter 12 Malakofauna of the Serbian stretch of the Danube River and studied tributaries (the Tisa, Sava and Velika Morava). In: Paunović M, Simonović P, Simi V, Simić S (eds) *Danube in Serbia – Joint Danube survey 2*. Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management – Directorate for Water, University of Kragujevac, Faculty of Science, Institute for Biology and Ecology, University of Belgrade, Institute for Biological Research “Sinis̃a Stanković”, Belgrade, pp 207–224
- Tomović J. (2015). *Ekologija, biodiverzitet i konzervacija slatkovodnih školjki familije Unionida u Srbiji - Doktorska disertacija*, Univerzitet u Kragujevcu, 157 p.

- Torsten K, Milačić R, Smital T, Thomas K, Vraneš S, Tollefsen K-E. (2008). Chronic toxicity of the Sava River (SE Europe) sediments and river water to the algae *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Water Res*, 42:2146–56.
- Trozic-Borovac S., Hafner D., Sarac M., Skrijelj R., Antunović M., Gajević M., Loncarevic A. (2011). Qualitative And Quantitative Composition Of Benthos Community In Evaluation Of Water Quality Of Neretva River At Visici And Zitomislici Sites. V International Conference “AQUACULTURE & FISHERY” - Conference Proceedings, 307-314 p.
- Tubić, B. P., Popović, N. Z., Raković, M.J., Petrović, A. S., Simić, V. M., Paunović, M. M. (2016). Comparison of the effectiveness of kick and sweep hand net and Surber net sampling techniques used for collecting aquatic macroinvertebrate samples. *Archives of Biological Sciences*. DOI:10.2298/ABS160622087T
- Tubić B, Simić V, Zorić K, Gačić Z, Atanacković A, Csányi B, Paunović M (2013) Stream section types of the Danube River in Serbia according to the distribution of macroinvertebrates. *Biologia* 68(2):294–302.
- Urbanič G (2008) Redelineation of European inland water ecoregions in Slovenia. *Rev Hydrobiol* 1:17–25.
- Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell J. R., Cushing C. E., 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130 – 137.9 .
- Wallace J.B., Webster J.R. (1996). The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology* 41:115–139.
- Waters T.F. & Resh V.H. (1979). Ecological and statistical features of sampling insect populations in forest and aquatic environments. In G.P.Patil & M.Rosenzweig (eds.), *Contemporary Quantitative Ecology and Related Econometrics*, Fairland, Maryland: Int. Co-op. Publ. House.
- WFD (2000). Water Framework Directive- Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC - Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy.
- Zelinka, M. & Marvan, P. (1961). Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. – *Arch. Für Hydrobiol.*, Stuttgart, 57: 389-407.

<http://www.fhmzbih.gov.ba/latinica/O-NAMA/FHMZ-registar.php>

www.fliessgewaesserbewertung.de

https://en.wikipedia.org/wiki/Airlift_pump

www.fliessgewaesserbewertung.de

8. ПРИЛОЗИ



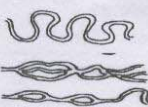

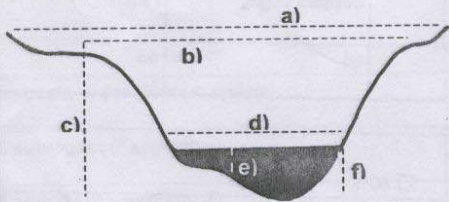
Прилог 1. Пример протокола за попуњавање на терену (JDS 2)

JDS11

site name	date	sample no.	investigator
Škečava Metronice	5.09.2008.	2	Đukić
Site related information: Site description			
1 map (No., scale)	2 stream name	Sava	
	3 stream system (river flowing into the sea)	Donau	
	4 country	Srbija	
	5 federal state	Srbija	
	6 map no.		
	7 longitude (degree, min, sec)	E 19° 36' 48"	
	8 latitude (degree, min, sec)	N 44° 57' 41,2"	
	9 distance to source [km]		
10 stream order (Strahler system)	11 slope of the valley floor [%]		
12 subregion (if applicable)	13 ecoregion and ecoregion no.		
14 altitude of sampling site [m a. s. l.]	15 altitude class		
16 catchment area [km ²] at sampling site	17 size class based on catchment area		
18 Geology (dominant type)	19 geology class		
20 stream type (mark system and fill in name) <input type="checkbox"/> System A <input type="checkbox"/> System B			
21 photographs (a. downstream)		(b. upstream)	
22 short description			

- PAGE 1 - AQEM

site name	date	sample no.	investigator
Sample related information, to be recorded at each sampling date (copy if necessary)			
23 MINERAL SUBSTRATES (5% steps, mark substrates <5% with 'X')		% of coverage (5% classes); sum of mineral and biotic microh. = 100%	no. of replicates for sample
			x = artificial substrate 'technolithal'
hygropetric sites			
water layer on solid substrates			<input type="checkbox"/>
megalithal >40 cm			
large cobbles, boulders and blocks, bedrock			<input type="checkbox"/>
macrolithal >20 cm to 40 cm			
coarse blocks, head-sized cobbles, with a variable percentages of cobble, gravel and sand			<input type="checkbox"/>
mesolithal >6 cm to 20 cm			
fit to hand-sized cobbles with a variable percentage of gravel and sand			<input type="checkbox"/>
microlithal >2 cm to 6 cm			
coarse gravel, (size of a pigeon egg to child's fist) with variable percentages of medium to fine gravel			<input type="checkbox"/>
akal >0.2 cm to 2 cm			
fine to medium-sized gravel		5	1
sand and mud		95	
silt, loam, clay (inorganic)			
phytal			
floating stands or mats of macrophytes, lawns of bacteria or fungi, and tufts, often with aggregations of detritus, moss or algal mats			
algae			
filamentous algae, algal tufts			
submerged macrophytes			
macrophytes, including moss and Characeae			
emergent macrophytes			
e.g. <i>Typha</i> , <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i>			
living parts of terrestrial plants			
fine roots, floating riparian vegetation			
xylal (wood)			
tree trunks, dead wood, branches, roots			
CPOM			
deposits of coarse particulate organic matter, e.g. fallen leaves			
FPOM			
deposits of fine particulate organic matter			
organic mud			
mud and sludge (organic) = pelal			
debris			
organic and inorganic matter deposited within the splash zone area by wave motion and changing water levels, e.g. mussel shells, snail shells			
sewage bacteria, -fungi and sapropel			
sewage bacteria and -fungi, (<i>Sphaerotilus</i> , <i>Leptomitus</i>), sulphur bacteria (e.g. <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothrix</i>), sludge			
		→ sum = 100%	sum = 20

site name	date	sample no.	investigator
Sample related information, to be recorded just once			
Stream morphology and hydrology at sampling site (☺ = one mark, ☹ = more than one mark possible)			
25 valley form ☺ <input type="checkbox"/> canyon <input type="checkbox"/> V-shaped valley <input type="checkbox"/> trough		<input type="checkbox"/> meander valley <input checked="" type="checkbox"/> U-shaped valley <input type="checkbox"/> plain floodplain	
26 channel form ☺ <input type="checkbox"/> meandering <input type="checkbox"/> braided <input type="checkbox"/> anabranching		<input type="checkbox"/> sinuate <input checked="" type="checkbox"/> constrained (natural) <input type="checkbox"/> constrained (artificial)	
27 cross section 		a) width of floodplain [m] _____ b) flood prone area width [m] _____ c) entrenchment depth [m] _____ d) average stream width [m] _____ e) mean depth water body [m] _____ f) maximum depth water body [m] _____	
28 relation riffles/pools [share of pools%] estimated for a stretch 20 x av. stream width or 100 m, whichever is longer			
29 debris dams ☺ (POM accumul. >0.3 m³) at sampling site <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> few <input type="checkbox"/> several <input type="checkbox"/> many		30 logs ☺ (>10 cm Ø) at sampling site <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> few <input type="checkbox"/> several <input type="checkbox"/> many	
31 bank and bed fixation ☹			
	left shoreline	bed	right shoreline
concrete without seams	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
concrete with seams	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wood	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
trees	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stone plastering with interstices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stone plastering without interstices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
other materials _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
no bank fixation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32 dams <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?	33 oth. transv. structures <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?	34 pulse releases <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?	35 water abstract. <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?
36 stagnation <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?	37 torrent modification <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?	38 channelg. for navigation <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?	39 straightening <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?
40 removal of CWD <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?	41 cut-off meanders <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?	42 scouring [m bel. surface] <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no [m] <input type="checkbox"/> ?	43 culverting <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?
44 fire incident <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ?	45 waste <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no	46 others	

Прилог 2. Spisak literature koja se koristi za identifikaciju vodenih beskičmeňaka u Odeľeňu za hidroekologiju i zaštitu voda (ИБИСС)

Mollusca

- CLENCH, J. W. 1959. Mollusca. 1117-1160. In: Edmondson, W.T. ed. Freshwater Biology. 2nd edition. John Wiley & Sons, Seattle.
- MACAN, T.T. 1969. A key to the British Fresh and Brackish Water Gastropods. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 13.
- SANSONI, G. 1998b. Bivalvi. In: Atlante per il riconoscimento dei Macroinvertebrati dei corsi d'acqua Italiani. Provincia Autonoma di Trento. Agenzia Provinciale per la Protezione dell' Ambiente, 3rd edition, Trento, 154-161.
- ZHADIN, V.I. 1952. Mollusks of Fresh and Brackish Waters of the U.S.S.R. Izdatel' stvo Akademii Nauk SSSR, Moskva, Leningrad.
- BUFFAGNI, A. 1997. Taxonomic and Faunistic notes on the *Caenis pseudorivulorum* group Ephemeroptera, Caenidae. Istituto di Ricerca Sulle Acque C.N.R. Via Della Mornera 25. I-20047 Brugherio MI, Italie.
- BUFFAGNI, A. 1998. *Heptagenia longicauda*, nuova per l' Italia, nel fiume Po Ephemeroptera Heptageniidae. Boll. Soc. Entomol. Ital. 1301, 13-16.
- BUFFAGNI, A. 1999. Tassonomia Faunistica ed Ecologia di alcune specie Italiane del genere *Caenis* Ephemeroptera, Caenidae. Fragmenta entomologica Roma 311, 1- 13.
- ELLIOTT, J.M. & U.H. HUMPESCH 1983. A key to the Adults of the British Ephemeroptera with notes on their ecology. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 47, 1-101.
- GRANDI, M. 1960. Ephemeroidea. In: Fauna d' Italia, Volume III. Edizioni Calderini, Bologna.
- KLAPALEK F. & K. GRUENBERG 1909. Ephemera, Plecoptera, Lepidoptera. Heft 8. In: Brauer, A. ed. 1961. Die Suesswasserfauna Deutschlands. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- MACAN, T.T. 1979. A key to the nymphs of British Ephemeroptera. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 20 3rd edition, 1-79.

Oligochaeta

- BRINKHURST, R.O. & B.G.M.Ed. JAMIESON 1971. Aquatic Oligochaeta of the World. Edinburg, 860 pp.
- CEKANOVSKAYA, O.V. 1962. The aquatic Oligochaete fauna of the USSR. Opred. Faune SSSR 78: 411 pp.
- HRABĚ, S. 1954. Málošřetináci - Oligochaeta. Klíč zviřeny ĀSR. Praha 1: 287-323.

-
- HRABE, S. 1981. Vodní máloštětinatci Oligochaeta Československa. Acta Universitatis Carolinae - Biologica 1-2 1979: 167 pp.
- NIELSEN, C.O. & B. CHRISTENSEN 1959. The Enchytraeidae: Critical revision and taxonomy of European species. Studies on Enchytraeidae. Natura jutlandica 8-9: 167 pp.
- NIELSEN, C.O. & B. CHRISTENSEN 1961. The Enchytraeidae: Critical revision and taxonomy of European species. Suppl. 1. Natura jutlandica 10: 23 pp.
- NIELSEN, C.O. & B. CHRISTENSEN 1963. The Enchytraeidae: Critical revision and taxonomy of European species. Suppl.2. Natura jutlandica 10: 19 pp.
- SPERBER, C. 1950. A guide for the determination of the European Naididae. Zool. Bidr.Upps., 29: 78 pp.
- WACHS, B. 1967. Die häufigsten hämoglobinführenden Oligochaeten der mitteleuropäischen Binnengewässer. Hydrobiologia 30, 225-247.

Hirudinea

- ELLIOTT, J.M. & K.H. MANN 1979. A key to the British freshwater leeches with notes on their life cycles and ecology. Freshw. Biol. Ass. Sci. Publ. 40, 72 pp.

Heteroptera

- GULDE, J. ed. 1935. Die Wanzen Mitteleuropas. XII.Teil. Verlag des Internationalen Entomologischen Vereins e. V., 105 pp.
- SAVAGE, A.A. 1989. Adults of the British Aquatic Hemiptera Heteroptera. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 50, 1-173.
- TAMANINI, L. 1979. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane. Eterotteri acquatici Heteroptera: Gerromorpha, Nepomorpha. No 6. Consiglio Nazionale delle Ricerche, 106 pp.

Megaloptera, Neuroptera

- ELLIOTT, J.M. 1996. A key to the larvae and adults of british freshwater Megaloptera and Neuroptera. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 54, 68 pp.

Ephemeroptera

- BELFIORE, C. 1983. Efemerotteri Ephemeroptera. In: Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/201 Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane 24, 113 pp.

- BELFIORE, C. & E. GAINO 1984. Le specie italiane del genere *Habrophlebia* Eaton, 1841 Ephemeroptera, Leptophlebiidae. Boll. Ass. romana Ent. 39, 11-18.
- BELFIORE, C. & A. BUFFAGNI 1994. Revision of the Italian species of the *Ecdyonurus helveticus* - group: taxonomy of the nymphs Ephemeroptera, Heptageniidae. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 67, 143-149.
- ELLIOTT, J.M. & U.H. HUMPECH 1983. A key to the Adults of the British Ephemeroptera with notes on their ecology. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 47, 1-101.
- ELLIOTT, J.M., U.H. HUMPECH & T.T. MACAN 1988. Larvae of British Ephemeroptera: a key with ecological notes. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 49, 1-145.
- ENGBLOM, E. 1996. Ephemeroptera. Mayflies. 13-53. In: Nilsson, A.N. ed.. Aquatic Insects of North Europe. A taxonomic handbook. Vol 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera and Lepidoptera. Apollo Books, Stenstrup, 274 pp.
- GRANDI, M. 1960. Ephemeroidea. In: Fauna d' Italia, Volume III. Edizioni Calderini, Bologna.
- MACAN, T.T. 1952. Taxonomy of the British species of Leptophlebiidae Ephem.. Hydrobiologia 4, 363-376.

Plecoptera

- HYNES, H.B.N. 1977. A Key to the adults and nymphs of the British Stoneflies Plecoptera. With notes on their Ecology and Distribution. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No.7, 90 pp.
- SCHMEDTJE, U., P. ZWICK & A. WEINZIERL 1992. Plecoptera. In: Schmedtje, U. & Kohmann, F. ed.. Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten Makroorganismen. Landesamt f. Wasserwirtschaft 2/88, 133-149.
- ZWICK, P. 1980. Plecoptera Steinfliegen. Handbuch der Zoologie IV Band: Arthropoda, 2. Hälfte: Insecta, 2. Teil: Spezielles. Walter de Gruyter, Berlin, New York, 115 pp.

Coleoptera

- HOLMEN, M. 1987. The aquatic Adephaga Coleoptera of Fennoscandia and Denmark. I. Gyrinidae, Haliplidae, Hygrobiidae and Noteridae. Fauna Entomologica Scandinavica 20, 1-168.
- NILSSON, A.N. & M. HOLMEN 1995. The aquatic Adephaga Coleoptera of Fennoscandia and Denmark. II Dytiscidae. Fauna Entomologica Scandinavica 32, 1-192.

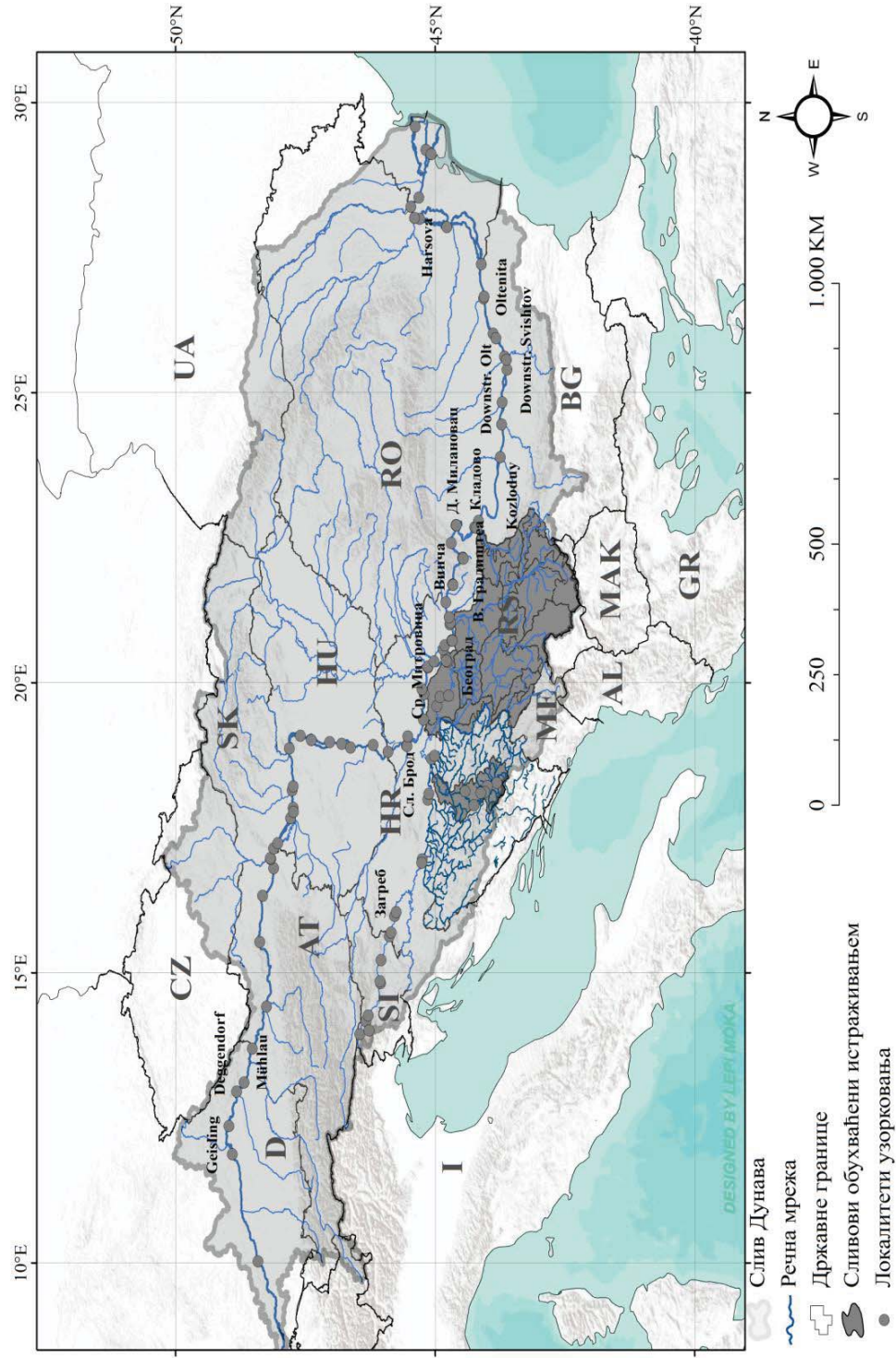
Trichoptera

- MACAN, T.T. 1973. A key to the adults of the British Trichoptera. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 28, 151 pp.
- MALICKY, H. 1983. Atlas of European Trichoptera. The Hague, 298 pp.
- WALLACE, I.D., B. WALLACE & G.N. PHILIPSON 1990. A key to the case-bearing caddis larvae of Britain and Ireland. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 51, 1-237.

Diptera

- BRUNDIN, L. 1983. The larvae of Podonominae Diptera: Chironomidae of the Holarctic region - Keys and Diagnoses. Ent. Scan. Suppl. 19, 23-31.
- CRANSTON, P.S. 1983. The larvae of Telmatogetoninae Diptera: Chironomidae of the Holarctic region - Keys and Diagnoses. Ent. Scan. Suppl. 19, 17-22.
- CRANSTON, P.S., D.R. OLIVER & O.A.SAETHER 1983. The larvae of Orthoclaadiinae Diptera: Chironomidae of the Holarctic region - Keys and Diagnoses. Ent. Scan. Suppl. 19, 149-291.
- FITTKAU, E.J. & S.S. ROBACK 1983. The larvae of Tanypodinae Diptera: Chironomidae of the Holarctic region - Keys and Diagnoses. Ent. Scan. Suppl. 19, 33-110.
- KNOZ, J. 1965. To identification of Czechoslovakian black-flies Diptera, Simuliidae. Folia prirod. Fak. Univ. Purkyne Biol. 2, 6, 5, 1-142.
- OLIVER, D.R. 1983. The larvae of Diamesinae Diptera: Chironomidae of the Holarctic region - Keys and Diagnoses. Ent. Scan. Suppl. 19, 115-138.
- PINDER, L.C.V. & F. REISS 1983. The larvae of Chironominae Diptera: Chironomidae of the Holarctic region - Keys and Diagnoses. Ent. Scan. Suppl. 19, 293-435.
- SAETHER, O.A. 1983. The larvae of Prodiamesinae Diptera: Chironomidae of the Holarctic region - Keys and Diagnoses. Ent. Scan. Suppl. 19, 141-147.

Прилог 3. Локалитети узорковања у оквиру истраживаних водотокова у периоду 2004-2016. година



БИБЛИОТЕЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА



Универзитет у Крагујевцу
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
ИНСТИТУТ ЗА БИОЛОГИЈУ И ЕКОЛОГИЈУ



Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

Редни број	
Тип записа	Текстуални штампани материјал
Врста рада	Докторска дисертација
Аутор	Бојана Тубић
Ментор	др Момир Пауновић, научни саветник
Наслов рада	Тестирање различитих метода узорковања макробескичмењака у воденим екосистемима и могућности стандардизације
Језик публикације	Српски (ћирилица)
Језик извода	Српски
Земља публикавања	Србија
Година публикације	2016.
Издавач	Ауторски репринт
Место и адреса	Радоја Домановића 12 34000 Крагујевац, Србија
Научна област	Биологија
Научна дисциплина	Хидробиологија
Предметна одредница/кључне речи	водени макробескичмењаци; методе узорковања; ефикасност узорковања; стандардизација; дизајн истраживања
Чува се	У библиотеци Природно-математичког факултета у Крагујевцу, Р. Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија
Важна напомена	
Извод	
<p>Заједнице водених макробескичмењака имају особине које их сврставају у добре и поуздане показатеље промена еколошких услова који владају и сукцесивно се мењају у акватичном екосистему. Прегледом примене Оквирне директиве о водама у европским земљама, уочено је да су, у већини случајева, водени макробескичмењаци коришћени као примарни типолошки биолошки елемент, као и да су референтни услови засновани, углавном, на истраживањима поменуте групе хидробионата.</p>	

Савремена истраживања у Европи везана су за преглед и проналажење функционалних метода узорковања макробескичмењака у циљу имплементације Оквирне директиве о водама. Теренски рад је предуслов за све даље анализе заједнице макробескичмењака, те је од изузетног значаја избор ефикасних метода у односу на тип екосистема и циљ студије. Недостатак финансијских и стручних ресурса за мониторинг и примењена истраживања захтевају да се одреди ефикасна методологија за прикупљање биолошких узорака и изврши хармонизација приступа због могућности поређења података. Примењена истраживања зависе од расположивих финансијских средстава и научног циља.

У овом раду разматране су различите технике прикупљања узорака за изучавање заједница водених макробескичмењака, специфичности везане за узорковање појединих фаунистичко-еколошких група, као и потешкоће везане за истраживање типова водних тела, понаособ, на основу материјала прикупљеног са укупно 320 локалитета у периоду 2004-2016. на разноврсним типовима, пре свега, текућих вода у Србији. Део података који је разматран са циљем утврђивања ефикасности појединих метода односи се и на локалитете ван Србије – материјал са Дунава (сектор дужине 2 500 km, од Регензбурга до делте Дунава), Саве (цео ток реке, у дужини од 937 km) и река Неретва и Босна са притокама (у Босни и Херцеговини).

Представљен је детаљан протокол прикупљања материјала и пратећих података, што подразумева опис методологије узорковања водених макробескичмењака, избор и карактеризацију локалитета, приказ процедуре обраде материјала, као и разматрање метода за анализе резултата.

Анализа резултата вршена је употребом програмских пакета ASTERICS 4.0.4 (AQEM Consortium, 2002) и "Statistica" верзија 7 (StatSoft, Inc., 2004). Поређење различитих метода узорковања везаних за заједницу водених макробескичмењака, као и за појединачне групе макробескичмењака у оквиру ове заједнице, уз поређење са претходним публикацијама које разматрају ову проблематику, дало је одговоре везане за стандардизацију методологије, утицај појединачних метода узорковања на резултате истраживања везане за разноврсност и просторну динамику заједнице водених макробескичмењака у различитим воденим екосистемима.

На основу добијених резултата извршена је оптимизација методологије узорковања водених бескичмењака за водене екосистеме Србије, предложена је методологија за одређени тип екосистема као и избор адекватних метода за одређени тип истраживања, као и за специфичну групу организама (шкољке) са посебним акцентом на велике и веома велике реке (по типологији текућих вода Србије), које представљају комплексне екосистеме.

Датум прихватања теме од стране ННВ	
Датум одбране	
Чланови комисије	Проф. др Владица Симић, председник комисије Научни сарадник др Наташа Поповић Доцент др Ана Петровић



Универзитет у Крагујевцу
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ИНСТИТУТ ЗА БИОЛОГИЈУ И ЕКОЛОГИЈУ

Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија



KEY WORDS DOKUMENTATION

Accession number	
Type of record	Textual material, printed
Contents code	PhD thesis
Author	Bojana Tubić
Mentor	Dr Momir Paunović,
Title	Testing different methods for sampling macroinvertebrates in aquatic ecosystems and examination of the possibility for their standardization
Language of text	Serbian (Roman) (scr)
Language of abstract	Serbian (Roman) / English
Country of publication	Serbia
Publication year	2016.
Publisher	Copyright reprint
Publisher place	Radoja Domanovića 12 34000 Kragujevac, Serbia
Scientific field	Biology
Scientific discipline	Hydrobiology
Key words	aquatic macroinvertebrates; sampling technique; sampling efficiency; standardization; study design
Holding data	In library of Faculty of Science, Kragujevac 34000 Kragujevac, Serbia, R. Domanovića 12
Note	

Abstract

Aquatic macroinvertebrate communities possess certain characteristics which render them as reliable indicators of environmental changes in aquatic ecosystems. In the review of the application of the Water Framework Directive in European countries, it was observed that in most cases water macroinvertebrates serve as the significant typological element, and that the reference conditions are based mainly on the researched group of hydro-biota.

Current research in Europe is aimed at reviewing and establishing practical methods for sampling macroinvertebrates in order to ensure the successful implementation of the Water Framework Directive. Field work is the first step in every analysis of an macroinvertebrate community and the choice of efficient methods with regard to the type of ecosystem and goals of the study is of a great importance. Insufficient financial and technical

resources for monitoring and applied research require the establishment of an effective methodology for collecting biological samples and a harmonized approach to insure data comparability. Applied research depends on the available financial resources and the scientific objective.

This paper presents different sampling techniques for the study of aquatic macroinvertebrate communities. It examines the problems encountered during sampling of specific faunistic ecological groups and different types of water bodies. The material was collected at 320 sites located primarily along different running waters in Serbia, from 2004 to 2016. To establish the efficiency of a particular method, we used data that was collected at sites outside of Serbia as follows: (i) the Danube River (a 2,500 km long sector from Regensburg to the Danube Delta); (ii) the Sava River (the entire course of the river with a length of 937 km); (iii) the rivers Neretva and Bosna in Bosnia and Herzegovina, including their tributaries.

A detailed protocol for collecting material and supporting data is presented, including description of aquatic macroinvertebrate sampling techniques, selection and characterization of the sites, reviews of procedures used for the processing of the sampled material, as well as a discussion of the methods employed for the analysis of the obtained results.

The results were analyzed with the software package ASTERICS 4.0.4 (AQEM Consortium, 2002) and "Statistica" Version 7 (StatSoft, Inc., 2004). Comparison of the different sampling methods for aquatic macroinvertebrate communities and specific groups within communities provided answers with regard to the standardization of the methodologies, the effects of the individual sampling methods on the results related to the diversity and spatial dynamics of the aquatic macroinvertebrate communities in different aquatic ecosystems.

Based on the obtained results, we optimized the aquatic macroinvertebrate sampling methodology for the aquatic ecosystems in Serbia. Also, methodologies for specific types of ecosystems and appropriate methods of selection for specific types of research are suggested, as well as methodologies best suited for a specific group of organisms (Mussels), with emphasis on large and very large rivers (based on the National typology of running waters in Serbia) which represent complex ecosystems.

Accepted by Scientific Board on	
Defended on	
Commission	Prof. Vladica Simić, PhD, President of the Commission Research Associate, Nataša Popović, PhD Associate Professor, Ana Petrović, PhD

БИОГРАФИЈА

Бојана Тубић, рођена је 22.01.1976. године у Смедеревској Паланци, где је завршила Основну школу и Гимназију. Биолошки факултет Универзитета у Београду (студијска група Биологија) уписала је школске 1993/1994 године и дипломирала 2002. са просечном оценом 8,34 и оценом 10 на дипломском испиту.

Школске 2008/2009. године уписује Докторске академске студије биологије на Институту за биологију и екологију Природно–математичког факултета Универзитета у Крагујевцу.

Од јула 2003. **Бојана Тубић** запослена је на Одељењу за хидрокологију и заштиту вода Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић” у Београду, као истраживач приправник У децембру 2009. године распоређена је на радно место млађег асистента и стиче звање истраживач сарадник.

Бојана Тубић бави се истраживањем разноврсности и просторне динамике заједнице водених бескичмењака, еколошкм интеракцијама водених макробескичмењака, утицајем параметара окружења на заједнице водених организама, као и применом макроинвертебрата у биолошком мониторингу, укључујући и развој индекса еколошког статуса за текуће воде Србије.

У текућем пројектном периоду **Бојана Тубић** учествује у реализацији два пројекта: „Еволуција у хетерогеним срединама: механизми адаптација, биомониторинг и конзервација биодиверзитета“ ОИ 173025 и „Мерење и моделирање физичких, хемијских, биолошких и морфодинамичких параметара река и водних акумулација“ ТР 37009 Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Осим тога учествује у активностима текућеих међународних пројеката: GLOBAQUA - Седми оквирни програм Европске комисије – FP7 (бр. 603629-ENV-2013-6.2.1) и STAWA – Процена еколошког статуса водних тела у сливу реке Саве. Стратегија ЕУ за Дунавски регион, СТАРТ - Дунавски регионални фонд за пројекте (Позив 1, бр. 09_PA04-C1).