



Univerzitet u Novom Sadu
Prirodno-matematički fakultet
Departman za biologiju i ekologiju



Primena digitalnih UAV ortofotosnimaka u integrisanom monitoringu makrofita reke Dunav

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:
Prof. dr Snežana Radulović

Kandidat:
Maja Novković

Novi Sad, 2024

ZAHVALNICA

Zahvaljujem se svom mentoru, prof. dr Snežani Radulović na vođenju, pomoći i usmeravanju prilikom izrade ove doktorske disertacije. Zahvaljujem se na godinama rada, truda i energije koje je uložila u mene i moj rad. Hvala joj za sve čemu me je naučila, za svaki otvoreni novi horizont, za svaki savet i za svaki trenutak podrške.

Zahvaljujem prof. dr Dušanki Cvijanović za veliki trud, zalaganje, pomoć i znanje koje mi je pružila tokom izrade ove doktorske disertacije i svih godina zajedničkog rada. Hvala joj na tome što je uvek bila tu za mene.

Zahvaljujem prof. dr Goranu Anačkovu na konstantnoj profesionalnoj i ličnoj podršci od prvog dana mog zaposlenja na Departmanu, kao i na smernicama u finalnoj fazi izrade doktorske disertacije i neprocenjivim terenskim iskustvima.

Zahvaljujem dr Ani Anđelković, na savetima i pomoći prilikom izrade doktorske disertacije i zajedničkom odrastanju na našoj grupi za ekologiju biljaka.

Posebno zahvaljujem prof. dr Nusretu Dreškoviću na korisnim smernicama u finalnoj fazi izrade ove doktorske disertacije, ali i na prilici da stečena znanja direktno upotrebim na velikom projektu kojim profesor rukovodi. Posebna mi je čast činjenica da je prof. Drešković prihvatio da bude predsednik komisije za odbranu moje doktorske disertacije.

Zahvaljujem se i profesorima dr Minučeru Mesarošu i dr Dragoslavu Paviću, kao i Branislavu Veskoviću i Nikoli Lukičiću na pomoći prilikom terenskih istraživanja.

Zahvaljujem se Vanji, Sretenu, Milanu i Jeleni, na podršci, vetru u leđa, rečima i drugarstvu.

Zahvaljujem svojim roditeljima za sigurnost, oslonac, безусловnu ljubav i neograničenu podršku u svemu što želim i radim.

Hvala mojoj celoj porodici i svim prijateljima, koji su svi jedno veliko društvo, a naročito mojoj drugarici Babi za koju nisam bila sigurna da li da je pomenem prvu ili ostavim za kraj..

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА¹

Врста рада:	Докторска дисертација
Име и презиме аутора:	Маја Новковић
Ментор (титула, име, презиме, звање, институција):	др Снежана Радуловић, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет
Наслов рада:	Примена дигиталних UAV ортофотоснимака у интегрисаном мониторингу макрофита реке Дунав
Језик и писмо рада:	Српски језик (латиница)
Физички опис рада:	Унети број: Страница_____241 Поглавља_____7 Референци_____253 Табела_____32 Слика_____73 Графикона_____12 Прилога_____6
Научна област:	Екологија
Ужа научна област (научна дисциплина):	Екологија
Кључне речи / предметна одредница:	Мониторинг, Макрофите, Река, Дунав, Акватична станишта, Географски инфомациони системи (ГИС), Даљинска детекција, Беспилотне летелице (UAV)
Апстракт на језику рада:	Један од основних недостатака бројних еколошких метода представља недостатак егзактности мера квантификације феномена који се истражује. У случају метода истраживања и мониторинга акватичних макрофита ово се односи на релативне ординалне скале помоћу којих се одређују количине макрофита на пробним површинама или дуж трансеката. Ординалне вредности представљају велики изазов за статистичку обраду и моделовање еколошких података. Како би ове мере што веродостојније представиле реалну ситуацију на стаништима и као такве могле бити кориштене у софтверским анализама трансформишу се у нумеричке вредности на различите начине. Приликом поменутих процеса, апроксимације реалног стања помоћу релативних мера и њихове накнадне трансформације у нумеричке вредности долази до губитка прецизних информација о суптилним, али и наглим

¹ Аутор докторске дисертације потписао је и приложио следеће Обрасце:

5б – Изјава о ауторству;

5в – Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и дозвола за објављивање личних података;

5г – Изјава о коришћењу.

Ове Изјаве се чувају у институцији у штампаном и електронском облику и не кориче се са радом.

променама на станишту које су у случају управљања водама од изузетне важности. Ова проблематика адресирана је кроз низ анализа података прикупљених мониторингом реке Дунав током *Joint Danube Survey 3 (JDS3)* акције које су за циљ имале издвајање доминантних детерминанти дистрибуције макрофита дуж реке Дунав. Различити аспекти акватичних макрофита, структура и дистрибуција, еколошке карактеристике, нумерички показатељи еколошког и трофичког статуса на основу макрофита су тестирани у односу на физичко-хемијске, хемијске, хидроморфолошке параметре станишта и CORINE начина употребе земљишта у приобаљу (укупно 189 срединских варијабли). Употребом ординационих ССА и RDA анализа издвојене су варијабле које су се показале као најсигнификантније у смислу дистрибуције врста и еколошких карактеристика акватичне вегетације дуж Дунава, док су применом RF и BRT алгоритама машинског учења анализирани индекси еколошког и трофичког статуса река. Средински еколошки фактори који су се у највећем броју спроведених анализа издвојили као доминантни су Хлорофил а, Калијум (укупан), Натријум (укупан), Растворен кисеоник, Сулфати (SO4--), Бране, Површина, Површинска брзина воде, Проток воде, RKM, Средња дубина узорка, Пашњаци (5км), Виногради (5км), Глифосат и АМПА, Атразин и његови деривати, Диметаклор, Динотерб, Карбетамид. Током читавог процеса утврђивања одредница акватичне вегетације дуж Дунава намеће се проблем употребе и конверзије ординалних вредности Келерове скале која је кориштена приликом мониторинга овог биолошког елемента квалитета реке Дунав.

Нове технологије беспилотних летелица које се последње деценије спорадично, у појединачним студијама, користе за мапирање акватичних макрофита представљају део потенцијалног решења проблема релативних мера количине и дистрибуције макрофита у рекама и језерима. Могућност, оправданост и начини увођења беспилотних летелица у процес мониторинга су тестирани дуж главног тока реке Дунав, као и на акватичним стаништима небрањеној, плавној зони Дунава. Тип летелице је биран у складу са карактеристикама појединачних водних тела и техничким могућностима различитих врста дрона. Тестирање УАВ технологије на главном току реке Дунав извршено је у оквирима стратегије за мониторинг акватичних макрофита према JDS које се имплементирају под покровитељством Интернационалне комисије за заштиту реке Дунав (*International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR*), а која је у складу са Европским стандардом EN 14184: 2003, односно EN 14184: 2014. У складу са линеарном формом трансеката за деонице главног тока реке одабране су летелице типа фиксног крила у комбинацији са RGB и мултиспектралним (MSP) камерама. У случају водних тела у плавној зони изабране летелице су били дронави типа коптера са ротационим крилима и RGB камерама. Њихова могућност вертикалног полетања и слетања, као и релативно мала површина водних тела, углавном неправилног облика смештених дубоко у рипаријалним шумама је упућивала на овакав избор. Паралелно са летачким мисијама извршено је и стандардно, традиционално истраживање вегетације на истим локалитетима, методама трансекта у случају главног тока реке и методом плота у случају водних тела плавне зоне.

	<p>На основу прикупљених фотографија израђено је 39 RGB ортомозаика у плавној зони Дунава, као и шест ортомозаика на основу RGB фотограметрије и пет на основу MSP фотограметрије за деонице главног тока реке. Ортомозаици су обрађени и сегментисани. Израчунати су низови спектралних и текстурних индекса чије су средње вредности по сегменту кориштене као класификациони атрибути приликом објектне (OBIA) класификације ортомозаика, на основу којих су израђене дигиталне мапе дистрибуције акватичних макрофита за сваки локалитет. Подаци прикупљени традиционалним теренским приступом употребљени су у процесу издвајања сетова сегмената за обучавање и валидацију обуке <i>Random forest</i> (RF) класификационог алгоритма OBIA анализе. Тачност класификације је евалуирана методама „по пикселу“ и „по полигону“. За обе групе станишта, и оба приступа мониторингу (RGB и MSP) постигнути су задовољавајући резултати. Тачност класификације по полигону је очекивано била генерално нижа од прецизности по пикселу, а средње вредности за обухваћене локалитете износиле су редом KI 0.67; OA 76% и KI 0.78; OA 86%. Тачност финалних фотограметријских продуката – дигиталних мапа је просечно износила 0.79 за KHI и 88% OA. Уочено је да мултиспектрална фотограметрија дала боље резултате и да као таква представља оптималнији приступ за мапирање акватичне вегетације. Традиционалним методама забележено је 59 таксона акватичних макрофита, док је са ортомозаика прочитано 34 категорије акватичних макрофита. С’ обзиром да прочитане категорије најчешће представљају еколошке категорије макрофита, може се закључити да је флористичка резолуција традиционалних метода виша. Међутим, UAV технологија омогућава праћење апсолутних мера покривности подручја макрофитама, што представља битан искорак у решавању проблема релативности мера квантификације акватичних макрофита поменутог на самом почетку.</p> <p>Резултати истраживања указују да резолуција информација добијених мониторингом беспилотним летелицама може сигнификантно да допуни резолуцију прикупљених података традиционалним методама. Такође може да повећа просторну и временску резолуцију прикупљених података, омогући креирање временских серија и евалуирање динамике макрофита истраживаних деоница. Поред повећања резолуције и егзактности података, нове технологије максимално оптимизују финансијске и временске оквире менаџмента и мониторинга акватичних екосистема.</p> <p>Методологија предложена у овој докторској дисертацији омогућава: успешно прикупљање адекватних аерофотографија беспилотним летелицама, прикупљање теренских података за потребе израде дигиталних мапа макрофита, обраду аерофотографија и генерисање ортомозаика, рачунање спектралних и текстурних индекса на основу изворних канала аерофотографија, обраду ортомозаика у смислу сегментације и класификације, израду дигиталних интерактивних ортомапа и читавање еколошких информација са креираних дигиталних мапа.</p>
Датум прихватања теме од стране надлежног већа:	16.5.2024.

Датум одбране: (Попуњава накнадно институција)	
Чланови комисије: (титула, име, презиме, звање, институција)	Председник: др Нусрет Дрешковић, редовни професор, Универзитет у Сарајеву, Природно-математички факултет Члан: др Снежана Радуловић, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет Члан: др Горан Аначков, редовни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет Члан: др Душанка Цвијановић, ванредни професор, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет Члан: др Ана Анђелковић, научни сарадник, Институт за заштиту биља и животну средину
Напомена:	

KEY WORD DOCUMENTATION²

Document type:	Doctoral dissertation
Author:	Maja Novković
Supervisor (title, first name, last name, position, institution)	dr Snežana Radulović, full professor, University of Novi Sad, Faculty of Science
Thesis title in English:	UAV Digital Orthophoto in integrated macrophyte monitoring of the Danube River
Language and script:	Serbian language (Latin)
Physical description:	Number of: Pages_____241 Chapters_____7 References_____253 Tables_____32 Illustrations_____73 Graphs_____12 Appendices_____6
Scientific field:	Ecology
Scientific subfield (scientific discipline):	Ecology
Subject, Key words:	Monitoring, Macrophytes, River, Danube, Aquatic habitats, Geographic Information Systems (GIS), Remote Sensing, Unmanned Aerial Vehicles (UAV)
Abstract in English:	One of the fundamental shortcomings of numerous ecological methods represents the lack of exactness of the quantification measures for the explored phenomenon. In the case of the aquatic macrophytes research and monitoring methods, this refers to the ordinal scales used to determine the abundance of macrophytes within the plots or along transects. Ordinal values represent a major issue for statistical processing and modeling of ecological data. In order to represent the state of the habitats as truthfully as possible and to be used in software analyses, ordinal values are transformed into numerical values in different ways. During the processes of approximation of the real state of habitats using relative measures and their subsequent transformation into numerical values, there is a loss of information about subtle and

² The author of the doctoral dissertation has signed the following Statements:

5б – Statement on the authorship,

5в – Statement that the printed and e-version of the doctoral dissertation are identical and authorization to use personal data,

5r – Copyright statement.

The paper and e-versions of Statements are held at the institution and are not included into the printed thesis.

sudden changes in the habitat, which can be extremely important for water management.

The issue was addressed through a series of analyzes which aimed to identify the dominant determinants of the distribution of macrophytes along the Danube River, based on the data collected through Joint Danube Survey 3 (JDS3) expedition. Different aspects of aquatic macrophytes, species structure and distribution, ecological traits distribution, indexes of ecological and trophic status were tested in relation to physico-chemical, chemical, hydromorphological and CORINE land use parameters (189 environmental variables). CCA and RDA ordination analyzes were used to determine the variables that best explain the variance in the macrophyte species and ecological traits distribution data along the Danube. While the RF and BRT machine learning algorithms were used to analyse ecological and trophic status indices. Environmental factors that were recognized as dominant during the most of conducted analyzes are Chlorophyll a, Potassium (total), Sodium (total), Dissolved oxygen, Sulfates (SO₄²⁻), Dams, Area, Surface water velocity, Water flow, RKM, Mean sample depth, Pastures (5km), Vineyards (5km), Glyphosate and AMPA, Atrazine and its derivatives, Dimetachlor, Dinoterb, Carbetamide. During the entire process the problem of the ordinal values of the Kohler scale and their conversion in appropriate numerical values was present.

New technologies of unmanned aerial vehicles, which have sporadically been used to map aquatic macrophytes in the individual studies for the past decade, represent part of a potential solution to the problem of relative measures of the amount and distribution of macrophytes in rivers and lakes. The possibility, justification and methods of introducing of unmanned aerial vehicles in the monitoring process were tested along the main course of the Danube River, as well as in aquatic habitats in the flood zone of the Danube. The type of aircraft was chosen in accordance with the characteristics of individual water bodies and the technical capabilities of different types of drones. The testing of UAV technology along the main course of the Danube River was carried out within the framework of the "Joint Danube Survey" - Joint Danube Survey (JDS) aquatic macrophytes monitoring strategy. JDS monitoring actions are realized under the auspices of the International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR), and macrophytes monitoring strategy is in accordance with the European standard EN 14184: 2003, i.e. EN 14184: 2014. In compliance with the linear form of the transects along the main course of the river, fixed-wing type aircraft in combination with RGB and multispectral (MSP) cameras were selected. In the case of water bodies in the flooding zone, the chosen aircrafts were copter-type drones with rotary wings and RGB cameras. Their ability of vertical take off and landing (VTOL), as well as the relatively small area of water bodies, mostly of irregular shape located deep in riparian forests, suggested usage of this type of aircraft. In parallel with the flying missions, a standard, traditional survey of the vegetation was carried out in the same localities, using transect method along the main course of the river and the plot method in the case of water bodies of the flood zone.

Totally, 39 RGB orthomosaics were created for waterbodies within the flooding zone of the Danube, as well as six RGB and five multispectral orthomosaics for sections of the main course of the river. All orthomosaics are processed and segmented. A series of spectral and textural indices were calculated for each orthomosaic. The mean values

	<p>of indices per segment were used as classification attributes during the object (OBIA) classification of the orthomosaic. Digital maps of the aquatic macrophytes distribution were created for each sampling site. The data collected through the traditional field survey approach were used in the process of extracting the training and validating datasets for the RF classification algorithm of OBIA analysis. Classification accuracy was evaluated using both, "per pixel" and "per polygon" methods. Classification process yielded satisfactory results for both habitat types, and both monitoring approaches (RGB and MSP). As expected, the accuracy of the classification per polygon was generally lower than the accuracy per pixel, and the mean values for the covered localities were respectively KI 0.67; OA 76% and KI 0.78; OA 86%. The accuracy of the final photogrammetric products - digital maps of aquatic macrophytes averaged 0.79 for KHI and 88% OA. It was observed that multispectral photogrammetry gave better results and as such represents a more optimal approach for mapping aquatic vegetation. In total, 59 taxa of aquatic macrophytes were recorded using traditional methods, while 34 categories of aquatic macrophytes could be extracted from the orthomosaics. Given that the macrophytes categories mostly represent the ecological categories (life form traits) of macrophytes, it can be concluded that the floristic resolution of traditional survey methods was higher. However, UAV technology enables the monitoring of the absolute cover values of aquatic macrophytes within the research units, which represents an important step forward in solving the problem of relative quantification measures of aquatic macrophyte mentioned at the very beginning.</p> <p>The research results indicate that the resolution of information obtained by monitoring using unmanned aerial vehicles can significantly supplement the resolution of data collected by traditional methods. It can also increase the spatial and temporal resolution of the collected data, enable the creation of time series and the evaluation of macrophyte dynamics of the investigated sections. In addition to increasing the resolution and accuracy of data, new technologies maximize the financial and time frameworks of management and monitoring of aquatic ecosystems.</p> <p>The methodology proposed in this PhD thesis enables: successful collection of adequate aerial photographs by unmanned aerial vehicles, collection of field data for the creation of digital maps of macrophytes, processing of aerial photographs and generation of orthomosaics, calculation of spectral and textural indices based on the original channels of aerial photographs, processing of orthomosaics in terms of segmentation and classification, creation of digital interactive orthomaps and extraction of environmentally significant information from the created digital maps.</p>
Date of endorsement by the scientific board:	16.5.2024.
Date of defence: (Filled in by the institution)	
Thesis defence board: (title, first name, last name, position, institution)	Chair: dr Nusret Drešković, full professor, University of Sarajevo, Faculty of Science Member: dr Snežana Radulović, full professor, University of Novi Sad, Faculty of Science

	<p>Member: dr Goran Anačkov, full professor, University of Novi Sad, Faculty of Science</p> <p>Member: dr Dušanka Cvijanović, associate professor, University of Novi Sad, Faculty of Science</p> <p>Member: dr Ana Anđelković, research associate, The Institute for Plant Protection and Environment</p>
Note:	

Sadržaj

UVOD	1
1.1 Monitoring velikih reka	4
1.2 Joint Danube Survey, JDS	5
1.3 Ekološki status velikih reka	6
1.4 Ekološki faktori koji utiču na distribuciju makrofita duž reke Dunav	8
1.5 Aerofotografija i bespilotne letelice u ekologiji i monitoringu makrofita	9
1.6 Tehnologija bespilotnih letelica i aerofotografije u ekologiji i monitoringu makrofita	12
CILJ RADA	15
MATERIJAL I METODE	17
3.1 Osnovne karakteristike istraživanog područja	18
3.1.1. Podaci preuzeti sa JDS3 ekspedicije.....	18
3.1.2. Podaci prikupljeni terenskim istraživačkim radom.....	19
3.2 Determinante distribucije makrofita duž reke Dunav	26
3.2.1. Makrofite.....	27
3.2.2. Sredinski ekološki faktori.....	42
3.2.3. Međusobni odnosi ekoloških faktora.....	45
3.2.4. Odnosi između makrofita i sredinskih faktora staništa.....	45
3.3 Tehnologija bespilotnih letelica i aerofotografije u ekologiji i monitoringu makrofita	50
3.3.1 Terensko istraživanje makrofita.....	50
3.3.2. Snimanje makrofita bespilotnim letelicama.....	52
3.3.3 Izrada ortomozaika.....	57
3.3.4 Izrada mapa disrtibucije makrofita.....	62
3.3.5 Analiza mapa distribucije makrofita.....	73
3.4. Uvođenje tehnologije bespilotnih letelica u standardan monitoring reke Dunav	74
REZULTATI I DISKUSIJA	76
4.1 Determinante distribucije makrofita duž reke Dunav	77
4.1.1 Makrofite.....	77
4.1.2 Sredinske varijable.....	81

4.1.3. Odnosi između makrofita i sredinskih faktora staništa.....	81
4.1.4. Determinante distribucije makrofita duž toka reke Dunav	99
4.2 Tehnologija bespilotnih letelica i aerofotografije u ekologiji i monitoringu makrofita	107
4.2.1 Makrofite	107
4.2.2 Aerofotografije makrofita	109
4.2.3. Digitalne mape distribucije makrofita	116
4.3. Predlog metodologije upotrebe bespilotnih letelica i aerofotografije u monitoringu makrofita	147
4.4. Uvođenje tehnologije bespilotnih letelica u standardan monitoring reke Dunav	151
ZAKLJUČAK	157
5.1. Determinante distribucije akvatične vegetacije u antropogeno multistresnom okruženju reke Dunav	158
5.2. Predlog metodologije monitoringa akvatične vegetacije upotrebom bespilotnih letelica.....	158
5.3. Upotreba bespilotnih letelica u svrhe monitoringa akvatične vegetacije velikih reka, plavnih područja i riparijalnih ekosistema	158
LITERATURA	159
PRILOG	179

LISTA SKRAĆENICA

- BRT – Algoritam stabala poboljšane regresije, eng. *Boosted Regression Trees*
- CCA analiza - Kanonijska korespondentna analiza - eng. *Canonical Correspondence Analysis*
- DCA analiza - Detrendovana korespondentna analiza - eng. *Detrended correspondence analysis*
- DSM - Digitalni model površine – eng. *Digital Surface Model*
- EC – Evropska komisija - eng. *European Commission*
- EQR – Vrednost indeksa ekološkog statusa - eng. *Ecological quality ratio*
- GSD – Udaljenost između centara dva susedna piksela, rezolucija - eng. *Ground sampling data*
- HU_RI - Referentni indeks
- HU_RI_EQR - Vrednost indeksa ekološkog statusa na osnovu Referentnog indeksa
- ICPDR - Internacionalna komisija za zaštitu reke Dunav – eng. *International Commission for the Protection of the Danube River*
- JDS - Zajedničko istraživanje reke Dunav – eng. *Joint Danube Survey*
- JPEG – kompresovani format fajla slike – eng. *Joint Photographic Experts Group*
- KI – Kappa indeks – eng. *Kappa index*
- KHI – Kappa hat indeks, eng. *Kappa hat index*
- LiDAR - Lidar - *Light Detection and Ranging*
- LRw - Velike reke – eng. *Large rivers*
- LSMS – Algoritam za segmentaciju ortomozaika, eng. *Large Scale Mean Shift*
- MIDCC – Multifunkcionalna integrisana studija koridora i basena reke Dunav - eng. *Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment*
- MIR - Vrednost
- M_{MP} - Vrednost indeksa ekološkog statusa - eng. *Module Macrophyte Assessment*
- MRK - Reke centralno nemačkih uzvišenja i Alpa koje teku po krečnjačkoj kamenitoj i stenovitoj podlozi; MRK - eng. *Calcareous rhithral running waters of the Central German Upland, the Alpine Foreland and the Alps*
- MSP - multispektralno

MTR – Srednja trofička vrednost, eng. *Mean trophic rank*

OA – Generalna tačnost, eng. *Overall accuracy*

OBIA - Objektna klasifikacija fotografija - eng. *Object-based image classification*

obsRMNI – Uočena vrednost RMNI indeksa, eng. *Observed RMNI*

RDA - Redundantna analiza - eng. *Redundancy Analysis*

RF – Algoritam slučajna/nasumične šume, eng. *Random Forest*

RGB – Crveno-Zeleno-Plavo – eng. *Red-Green-Blue*

RI - Referentni indeks

SAR - Radar – eng. *Synthetic Aperture Radar*

Sl. Glasnik RS – Službeni glasnik Republike Srbije

TNg - Velike reke severno nemačkih nizija; *TNg* – eng. *Large running waters of the North German Lowland*

UAV - Bepilotne letelice - *Unmanned aerial vehicle*

VTOL – Vertikalno poletanje i sletanje, eng. *Vertical take off and landing*

WFD - Okvirna direktiva o vodama – eng. *Water Framework Directive*

LISTA ILUSTRACIJA

Slika 3.1. Mapa istraženih lokaliteta tokom JDS3 ekspedicije

Slika 3.2. Mapa lokaliteta na kojima je vršeno snimanje makrofita bespilotnim letelicama (1 - Markova bara, 2 - Osmica, 3 - Tosina bara, 4 - Bara tri mosta, 5 - Tuškoš, 6 - Doktor pumpa, 7 - Hašaški dunavac, 8 - Begečka jama, 9 - Petrovaradinski dunavac, 10 - Patrijaršijska tonja, 11 - Karlovački dunavac, 12 - Agla, 13 - Rupa, 14 - Rupa pod nasipom, 15 - Šlajz 3, 16 - Šlajz 1, 17 - Šlajz 2, 18 - Velika Tonja, 19 - Tikvara, 20 - Arkanj, 21 - Pančevo, 22 - Dubovac 1, 23 - Dubovac 2, 24 - Bara Slatina, 25 - Dunav Slatina, 26 - Labudovo Okno)

Slika 3.3. Istraživani lokaliteti na području Apatinskog rita, SRP "Gronje Podunavlje"

Slika 3.4. Istraživani lokaliteti na u plavnom području između Plavne i Bačkog Novog Sela

Slika 3.5. Istraživani lokalitet na području PP "Begečka jama"

Slika 3.6. Istraživani lokaliteti na području SRP "Koviljsko-petrovaradiski rit"

Slika 3.7. Istraživane deonice nizvodno od Pančeva

Slika 3.8. Istraživane deonice uzvodno od Dubovca

Slika 3.9. Istraživane deonice nizvodno od Dubovca na lokalitetu Slatina

Slika 3.10. Istraživana deonica na Labudovom oknu

Slika 3.11. Uzorkovanje makrofita mačkom

Slika 3.12. Uzorkovanje makrofita rukom

Slika 3.13. Generalna šema uzorkovanja makrofita prikazana na deonici Slatina - Dunav glavnog toka Dunava dužine 1km sa belim oznakama koje ukazuju na početak i kraj transekta, zelenim oznakama koje ukazuju na mesta obaveznog zaustavljanja radi detaljnog istraživanja makrofita prema JDS protokolu i kružnim oznakama koje ukazuju na potencijalna dodatna zaustavljanja i popisivanje makrofita metodom plota

Slika 3.14. Različite vrste bespilotnih letelica korištene za prikupljanje aerofotografija makrofita: a) Inspire 1, b) Phantom 4, c) Phantom 4 PRO, d) eBee Sensefly

Slika 3.15. a) Računar pomoću kog se kreira, formatira i pokreće letačka misija prilikom prikupljanja aerofotografija ronom tipa krila b) planirane prikupljanja fotografija

Slika 3.16. Sukcesivne ortogonalne aerofotografije prikupljene pomoću letelice tipa krila

Slika 3.17. Prikaz lokaliteta Dunav-Slatina (a) sa putanjom leta i originalnom orijentacijom prikupljenih fotografija (b) u World Imagery (ArcGIS Pro) prikazu, generisanim inicijalnim i finalnim tačkama vezivanja susednih fotografija (c), kalibrisanim i geometrijski modifikovanim fotografijama (d)

Slika 3.18. Finalni ortomozaik istraživane deonice lokaliteta Dunav-Slatina prikazan preko Google Earth osnove

Slika 3.19. Prikaz lokaliteta Slatina_ Dunav: (a) sa putanjom leta (b) lokacijom prikupljenih fotografija i (c), mapama refleksija za svaki zabeleženi kanal

Slika 3.20. MSP ortomozaik lokaliteta Slatina_ Dunav prikazan u "lažnom" koloritu dobijenom kombinacijom NDVI indeksa, zelenog i NIR kanala prikazan preko Google Earth osnove

Slika 3.21. RGB ortomozaik istraživane deonice lokaliteta Dunav-Slatina preklopljen sa finalnim slojem (layer-om) segmentacije

Slika 3.22. Izdvojen detalj RGB ortomozaika Dunav-Slatina uveličan (a) sa preklopljenjem sa finalnim slojem (layer-om) segmentacije (b)

Slika 3.23. Set izdvojenih segmenata za obuku klasifikacionog algoritma na primeru deonice Slatina-Dunav

Slika 3.24. Set izdvojenih segmenata za validaciju klasifikacionog algoritma na primeru deonice Slatina-Dunav

Slika 3.25. Prikaz generisane digitalne ortomape distribucije makrofita duž deonice Dunav-Slatina

Slika 4.1. Nepotpun ortomozaik na lokalitetu Patrijaršijska Tonja 2019. godine

Slika 4.2. Šematski prikaz osnovnih faza predložene metodologije mapiranja makrofita upotrebom tehnologije bespilotnih letelica

Slika 4.3. Paralelni prikaz putanja kretanja čamca tokom terenskog istraživanja za vreme JDS4 ekspedicije i planova letova u eMotion 3 softveru koji bi obuhvatili isto područje sa naznačenim vremenom potrebnim za istraživanje čamcem u odnosu na let drona

Grafik 4.1. Distribucija brojnosti Hydrophyta, Amphiphyta, Helophyta i Bryophyta duž Dunava

Grafik 4.2. Distribucija brojnosti submerznih i flotantnih *Hydrophyta* duž Dunava

Grafik 4.3. Distribucija vrednosti indeksa diverziteta makrofita duž Dunava

Grafik 4.4. Distribucija vrednosti indeksa ekološkog i trofičkog satusa istraženih deonica duž Dunava

Grafik 4.5. CCA analiza distribucije karateristika makrofita po lokalitetu i relevantnih sredinskih faktora

Grafik 4.6. CCA analiza distribucije karateristika makrofita po lokslitetu i relevantnih sredinskih faktora

Grafik 4.7. CCA analiza distribucije karateristika makrofita po lokalitetu i relevantnih sredinskih faktora

Grafik 4.8. CCA analiza distribucije karateristika makrofita po lokalitetu i relevantnih sredinskih faktora

Grafik 4.9. RDA analiza distribucije karateristika životnih formi biljaka i relevantnih sredinskih faktora

Grafik 4.10. RDA analiza distribucije reproduktivnih karateristika biljaka i relevantnih sredinskih faktora

Grafik 4.11. RDA analiza ekoloških afiniteta biljaka i relevantnih sredinskih faktora

Grafik 4.12. Prikaz varijacija visina leta i rezolucije generisanih ortomozaika. Veličina piksela je pomnožena sa 1000 kako bi obe vrednosti mogle biti prikazane na jednom grafiku. Za sve lokalitete je prikazan i tip kamere, kao i rezolucija fotografija koje snimaju.

Slika 7.1. Arkanj 2017

Slika 7.2. Šlajz 1 2017

Slika 7.3. Šlajz 2 2017

Slika 7.4. Arkanj 2018

Slika 7.5. Šlajz 2 2018

Slika 7.6. Patrijaršijska Tonja 2018

Slika 7.7. Velika Tonja 2018

Slika 7.8. Agla – Kurjačka greda 2018

Slika 7.9. Arkanj 2019

Slika 7.10. Šlajz 1 2019

Slika 7.11. Šlajz 2 2019

Slika 7.12. Šlajz 3 2019

Slika 7.13. Doktor Pumpa 2019

Slika 7.14. Patrijaršijska Tonja 2019

Slika 7.15. Hašaški dunavac 2019

Slika 7.16. Rupa 2019

Slika 7.17. Tikavara 2019

Slika 7.18. Velika tonja 2019

Slika 7.19. Karlovački dunavac 2019

Slika 7.20. Petrovaradinski dunavac 2019

Slika 7.21. Begečka jama 2019

Slika 7.22. Rupa pod nasipom 2019

Slika 7.23. Arkanj 2020

Slika 7.24. Bara tri mosta 2020

Slika 7.25. Markova bara 2020

Slika 7.26. Doktor Pumpa 2020

Slika 7.27. Osmica 2020

Slika 7.28. Patrijaršijska tonja 2020

Slika 7.29. Hašaški dunavac 2020

Slika 7.30. Rupa 2020

Slika 7.31. Rupa pod nasipom 2020

Slika 7.32. Šlajz 1 2020

Slika 7.33. Šlajz 2 2020

Slika 7.34. Šlajz 3 2020

Slika 7.35. Agla - Kurjačka Greda 2020

Slika 7.36. Begečka jama 2020

Slika 7.36. Begečka jama 2020

Slika 7.37. Tuškoš 2020

Slika 7.38. Tošina bara 2020

Slika 7.39. Petovaradinski dunavac 2020

Slika 7.40. Slatina – Bara 2020

Slika 7.41. Slatina – Dunav 2020

Slika 7.42. Dubovac A 2020

Slika 7.43. Dubovac B 2020

Slika 7.44. Labudovo okno 2020

Slika 7.45. Pančevo 2020

LISTA TABELA

Tabela 3.1. Karakteristike istraživanih deonica glavnog toka reke Dunav

Tabela 3.2. Kohler-ova petostepena skala sa opisom kategorija prema JDS metodologiji

Tabela 3.3. Spisak vrsta u izdvojenim matricama makrofita korištenim u analizama

Tabela 3.4. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju RI indeksa (Melzer 1988; Kohler & Janauer 1997)

Tabela 3.5. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju RI indeksa (Engloner, 2012)

Tabela 3.6. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju MIR indeksa (Szozkiewicz i sar., 2020)

Tabela 3.7. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju TIM indeksa (Melzer 1988; Kohler & Janauer 1997)

Tabela 3.8. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju MTR indeksa

Tabela 3.9. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju RMNI indeksa

Tabela 3.10. Lista ekoloških karakteristika makrofita korištenih u analizama

Tabela 3.11. CORINE land cover klasifikacija upotrebe zemljišta

Tabela 3.12. Spisak lokaliteta na kojima je izvršeno mapiranje makrofita pomoću bespilotnih letelica, godina u kojoj je lokalitet istražen sa tipom fotografije koja je snimana, modelom letelice i kamere, kao i informacijama o načinu terenskog istraživanja makrofita

Tabela 3.13 Lista spektralnih indeksa koji su izračunati za svaki ortomozaik, a čije su srednje vrednosti po segment predstavljale attribute za klasifikaciju ortomozaika

Tabela 3.14. Lista teksturnih ineksa koji su izračunati za svaki ortomozaik, a čije su srednje vrednosti po segment predstavljale attribute za klasifikaciju ortomozaika

Tabela 4.1. Numerički pokazatelji makrofita

Tabela 4.2. Lista varijabli koje su se izdvojile kao relevantne i signifikantne tokom preliminarnih CCA analiza za sva četiri seta podataka

Tabela 4.3. CCA analize relacija distribucije makrofita i signifikantnih i relevantnih ekoloških faktora svaku od podgrupa ekoloških faktora (matrica Hydrophyta+Helophyta+Amphiphyta)

Tabela 4.4. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama CCA analize

Tabela 4.5. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama CCA analize (matrica Hydrophyta+Helophyta)

Tabela 4.6. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama CCA analize (matrica Hydrophyta)

Tabela 4.7. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama CCA analize (matrica Edifikatora)

Tabela 4.8. Lista varijabli koje su se izdvojile kao relevantne i signifikantne tokom preliminarnih RDA analiza za sva tri seta podataka

Tabela 4.9. RDA analize relacija distribucije ekoloških karakteristika makrofita i signifikantnih i relevantnih ekoloških faktora svaku od podgrupa ekoloških faktora

Tabela 4.10. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama RDA analize (matrica distribucije karateristika životnih formi biljaka)

Tabela 4.11. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama RDA analize (matrica distribucije reproduktivnih karakteristika biljaka)

Tabela 4.12. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama RDA analize (matrica distribucije ekoloških afiniteta i tolerantnosti biljaka)

Tabela 4.13. Spisak najznačajnijih sredinskih varijabli u analizi HU_RI vrednosti

Tabela 4.14. Spisak najznačajnijih sredinskih varijabli u analizi HU_RI_EQR vrednosti

Tabela 4.15. Spisak najznačajnijih sredinskih varijabli u analizi MIR vrednosti

Tabela 4.16. Spisak najznačajnijih sredinskih varijabli u analizi MTR vrednosti

Tabela 4.17. Spisak najznačajnijih sredinskih varijabli u analizi obsRMNI vrednosti

Tabela 4.18. Spisak sredinskih faktora koji su izdvojeni kao signifikantni u svim analizama

Tabela 4.19. Spisak zabeleženih taksona makrofita i algi zabeleženih tokom trenskih istraživanja akvatičnih staništa duž toka reke Dunav u Srbiji

Tabela 4.20. Karakteristike letelica, kamera, prikupljenih fotografija i lokaliteta na kojima je izvršeno mapiranje makrofita pomoću bespilotnih letelica

Tabela 4.21. Lista kategorija definisanih prilikom izrade digitalnih mapa distribucije makrofita

Tabela 4.22. Rezultati optimizacije algoritma klasifikacije RGB ortomozaika kreiranih na osnovu fotografija prikupljenih dronovima tipa koptera u plavnoj zoni Dunava u Srbiji

Tabela 4.23. Rezultati optimizacije algoritma klasifikacije RGB ortomozaika kreiranih na osnovu fotografija prikupljenih dronovima tipa krila duž deonice glavnog toka reke Dunav

Tabela 4.24. Rezultati optimizacije algoritma klasifikacije MSP ortomozaika kreiranih na osnovu fotografija prikupljenih dronovima tipa krila duž deonice glavnog toka reke Dunav

Tabela 4.25. Mere preciznosti i uspešnosti klasifikacije ortomozaika u svakoj od faza, inicijalnoj klasifikaciji, reklasifikaciji sa ciljem poboljšanja digitalnih mapa i spajanja podkategorija u kategorije i kreiranje finalnih digitalnih mapa

Tabela 4.26. Detaljne informacije o preciznosti klasifikacije ortomozaika za svaku kategoriju makrofita na lokalitetima u plavnoj zoni Dunava.

Tabela 4.27. Detaljne informacije o preciznosti klasifikacije RGB ortomozaika za svaku kategoriju makrofita na lokalitetima duž glavnog toka Dunava

Tabela 4.28. Detaljne informacije o preciznosti klasifikacije MSP ortomozaika za svaku kategoriju makrofitna na lokalitetima duž glavnog toka Dunava

LISTA PRILOGA

Prilog 1. Lista sredinskih faktora korištenih u analizama relacija sa makrofitama sa datim minimalnim, maksimalnim vrednostima, kao i medijanom za svaku varijablu

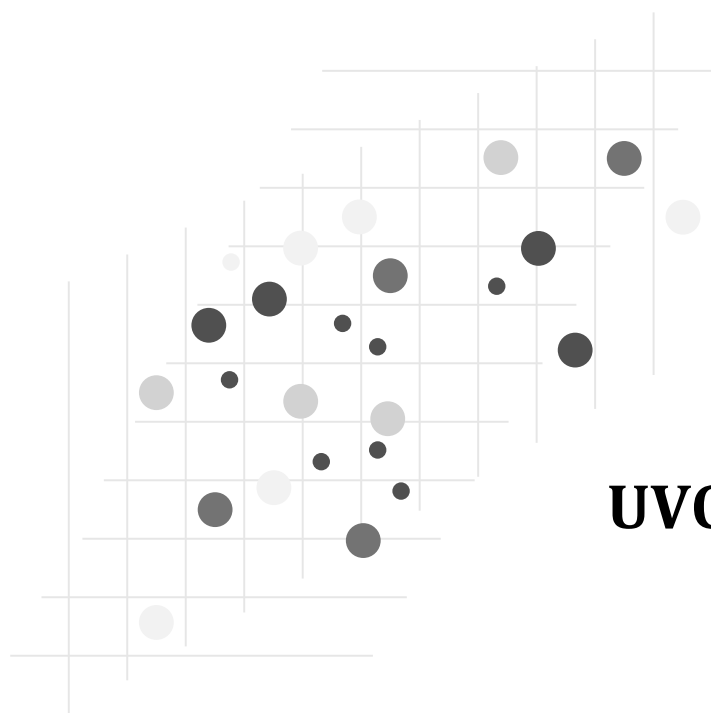
Prilog 2. Vrednosti numeričkih pokazatelja makrofita po transektu

Prilog 3. Lista lokaliteta u plavnoj zoni Dunava obrađenih upotrebom UAV pristupa u istraživanju makrofita. Za svaki lokalitet prikazani su ortomozaik i finalna digitalna ortomapa makrofita, kao i legenda sa procentualnim udelom i apsolutnim područjem koje okupira svaka od izdvojenih grupa

Prilog 4. Lista lokaliteta u duž glavnog toka Dunava obrađenih upotrebom UAV pristupa u istraživanju makrofita. Za svaki lokalitet prikazani su RGB i MSP ortomozaik i finalne digitalne ortomape makrofita, kao i legende sa procentualnim udelom i apsolutnim područjem koje okupira svaka od izdvojenih grupa.

Prilog 5. Originalna tabela izveštaja istraživanja makrofita tokom JDS4 istraživanja deonica reke Dunav u Srbiji

Prilog 6. Tabela makrofita zabeleženih tokom istraživanja deonica reke Dunav u Srbiji u okviru ove studije



UVOD

Monitoring diverziteta, strukture i numeričkih pokazatelja stanja biote u rekama i jezerima čini okosnicu fundamentalnih i aplikativnih istraživanja kopnenih akvatičnih ekosistema. Zbog integralne uloge makrofita u vodenim ekosistemima, one su jedan od obaveznih bioloških elemenata za procenu kvaliteta reka i jezera prema Okvirnoj direktivi o vodama (*Water Framework Directive, WFD*; EC, 2000; Moreno i sar., 2022; Benjamin i sar., 2021) . Makrofite su i jedan od ključnih elemenata u okviru EUNIS klasifikacionog sistema staništa (eng. *European Nature Information System*, Evropski informacioni sistem o prirodi) koji se koristi za izveštavanje o životnoj sredini i kao alat u procesu proglašenja Natura 2000 staništa, EU direktive o pticama i staništima, Council Directive 92/43/EEC; Council Directive 79/409/EEC, a koordiniran je i sa EMERALD mrežom Bernske konvencije (eng. *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*) (EEA, 2023). Informacioni sistem EUNIS takođe predstavlja osnovu znanja za implementaciju Strategije biodiverziteta (eng. *Biodiversity Strategy*) za 2030. godinu koja predstavlja ključni deo Evropskog zelenog dogovora (eng. *European Green Deal*) (EEA, 2023; European Commission, 2024). Istraživanje i monitoring makrofita se decenijama unazad odvija u skladu sa smernicama tradicionalnih metoda od kojih se izdvajaju metode transektu i plota (Kuemmerlen i sar., 2019, Cruzan i sar., 2014) dok se evaluacija makrofita u okviru istraživanih površina pretežno vrši pomoću skala abundanci starih više od 40. godina. U različitim fazama razvoja i aspektima istraživanja makrofita, a u zavisnosti od cilja, metodološki postupci podrazumevaju prikupljanje podataka veće ili manje rezolucije. Osnovni parametri u fitocenološkim istraživanjima su relativna zastupljenost i struktura vrsta u zajednicama, u slučaju procene ekološkog statusa sastav i distribucija akvatične flore, dok se prilikom karakterizacije i klasifikacije vodenih staništa uglavnom beleže i odabrane ekološke karakteristike i forme vrsta.

Imajući u vidu da se na podacima prikupljenih monitoringom zasnivaju ocene kvaliteta staništa (Herrero i sar., 2018), koje predstavljaju osnov za uspostavljanje upravljačkih mera zaštite ili restauracije staništa, reprezentativno uzorkovanje i odgovarajuća metodologija su od presudnog značaja. Međutim, usled potrebe za vremenskom optimizacijom monitoringa, istraživanje makrofita se u najvećem broju slučajeva svede na minimalnu adekvatnu površinu, sa prilično robusnom metodologijom uzorkovanja. Ovakav pristup se kosi sa činjenicom da je zbog strukturne uloge koju makrofite imaju u vodenim ekosistemima, prilikom istraživanja pored florističkog sastava

neophodno utvrditi i strukturu, odnosno distribuciju makrofita, što zahteva istraživanje većih prostranstava u odnosu na većinu drugih bioloških grupa (Birk i sar., 2012). U ovakvim situacijama su uobičajena tradicionalna robusna istraživanja sa čamaca i brodova ili snimcima iz vazduha (Benjamin i sar., 2021), koji proizvode podatke izuzetno niske rezolucije (Biggs i sar., 2018; Birk i sar., 2012; Madsen & Wersal, 2012). Piégay i sar., (2020) još naglašavaju da terenske metode istraživanja rečnih koridora uglavnom pružaju vremenski i prostorno ograničene uvide u procese koji se odvijaju duž vodotoka, bez jasne procene procesa koji se dešavaju uzvodno ili lateralno od istraživane deonice.

Pored utvrđivanja i praćenja stanja akvatičnih ekosistema, cilj monitoringa podrazumeva i prikupljanje podataka za analize relacija između različitih stanišnih karakteristika i antropogenih pritisaka sa ciljem razumevanja stanja i funkcionisanja ekosistema. U eri sve jačeg antropogenog pritiska na visoko ugrožena akvatična staništa (Schinegger i sar., 2016), dolazi do međusobno uslovljenog negativnog uticaja velikog broja stresora na biotu i akvatične ekosisteme (Lemm i sar., 2017; Herrero i sar., 2018). Prisustvo mnogostrukih međusobno uslovljenih stresora predstavlja i jedan od uzroka neefektivnog upravljanja ugroženim ekosistemima (Lemm i sar., 2017) upravo zbog nepoznavanja kombinovanih efekata postojećih stresora (Hering i sar., 2015). Planiranje i implementacija konzervacionih i restauracionih aktivnosti zahteva detaljno poznavanje ovih kompleksnih interakcija i trenutnog statusa ekosistema (Schinegger i sar., 2016). Međutim, utvrđivanje i pravilna karakterizacija kompleksa, relacija između pojedinačnih faktora, kao i relacija koje imaju sa biotom, u realnim ekosistemima predstavlja svojevrsan metodološki izazov (Lemm, i sar., 2017). Naročito u situacijama evaluacije realnih ekosistema s obzirom na mogućnost postojanja faktora na staništima koji nisu obuhvaćeni studijom i čiji uticaji nisu testirani (Feld i sar., 2016; Lemm i sar., 2017). U studijama koje su direktno usmerene samo na makrofite i na njihove relacije sa ekološkim faktorima, u najvećem broju slučajeva primenjuju se metode koje omogućavaju prikupljanje podataka veće rezolucije, ali sa utroškom mnogo veće količine vremena i novca u odnosu na ono koje može biti opredeljeno za standardan kontinuiran monitoring .

Implementacija Okvirne direktive o vodama je pre više od 20 godina podstakla razvoj brojnih indikatora ekološkog statusa kopnenih voda, čije se stanje uglavnom posmatra kao odgovor na promene određenih stresora (Hering i sar., 2015). Direktiva se u domenu

identifikacije i mapiranja zaštićenih područja u skladu sa Članom 6 i Aneksom IV oslanja na konzervacione indikatore staništa koji su definisani pod okriljem evropskih direktiva o staništima i pticama (Council Directive 92/43/EEC; Council Directive 79/409/EEC). Međutim u svetlu uslova multistresa kojima su vode danas izložene potrebno je holistički sagledati funkciju svakog od tih indikatora i težiti ka integrisanoj holističkoj proceni stanja ekosistema (Hering i sar., 2015). Potrebno je razmotriti i testirati mogućnosti koje pružaju nove tehnologije poput biomarkera stresa, genetičkog bar-kodiranja, daljinske detekcije, i utvrditi da li mogu da zamene ili dopune klasične tipove indikatora (Hering i sar., 2015) i na taj način dovedu do poboljšanja razumevanja procesa i stanja ekosistema. Uljučivanje dostupnih modernih tehnologija i alata u već postojeće okvire rada ili kreiranje potpuno novih pristupa se u današnje vreme koje zahteva konstantno povećanje efikasnosti i egzaktnosti metoda istraživanja i evaluacije nameće kao imperativ.

1.1 Monitoring velikih reka

U eri velikog antropogenog pritiska na rečne ekosisteme, praćenje i evaluacija njihovog stanja, konzervacija, kao i potencijalna restauracija predstavlja prioritet na globalnom nivou. Podaci potrebni za određivanje stanja vodnih tela se prikupljaju tokom akcija monitoringa. Monitoring velikih internacionalnih rečnih sistema predstavlja kako logistički, tako i metodološki izazov. Naime, Okvirna direktiva o vodama (European Commission, 2000) predviđa izradu jedinstvenih planova upravljanja za svaki rečni sliv na teritoriji Evropske unije sa učešćem svih zemalja kroz koje se basen prostire kao i njihovu reviziju i ažuriranje na svakih šest godina. Prema Planu upravljanja, a u skladu sa Direktivom, monitoring elemenata kvaliteta potrebnih za utvđivanje ekološkog statusa/potencijala površinskih voda, između ostalih i makrofita, predstavlja obavezu svake države. Obzirom na potrebu integracije podataka prilikom izrade i evaluacije Planova upravljanja, kao i analiza podataka monitoringa, ovi sistemi bi trebalo da budu međusobno usaglašeni i uporedivi (ICPDR, 2009; 2015b), ali i primenjivi u svim zemljama kroz koje se basen prostire (Hering i sar., 2015).

U većini podunavskih država postoji duga tradicija istraživanja makrofita, samim tim i velika varijabilnost metoda. Metoda transekta predstavlja zlatni standard za reke, sa tim da

postoji varijabilnost svih ostalih aspekata metode, od dužine transeka, preko ocene abundance, učestalosti, kao i načina evaluacije prikupljenih podataka (Birk i sar., 2010; WISER). S obzirom na zajednički cilj postavljen u okviru Direktive u poslednjih 20 godina, a to je dostizanje dobrog kvaliteta voda, evropske zemalje usklađuju programe monitoringa kao osnove za utvđivanje stanja voda, naročito na nivou pojedinačnih basena. Prilikom provere ispravnosti (eng. *fitness check*) Direktive u 2019. godini (European Commission, 2019) aktivnosti monitoringa i interkalibracije metoda su prepoznate kao jedna od determinanti dotadašnjeg uspeha implementacije Direktive. U slučaju monitoringa makrofita ovaj proces se ogleda u implementaciji evropskog standarda EN 14184 i izračunavanju ekološkog statusa vodnih tela na osnovu prikupljenih podataka.

1.2 Joint Danube Survey, JDS

Zbog neusaglašenosti nacionalnih metoda monitoringa maršrutna istraživanja *Joint Danube Survey* (JDS) pod rukovodstvom Internacionalne komisije za zaštitu reke Dunav (*International Commission for the Protection of the Danube River*, ICPDR) se tretiraju kao istraživački monitoring Dunava, ali i kao alat za harmonizaciju metoda na nivou basena, dopunu podataka koji nedostaju na nacionalnom nivou, osnovu za testiranje novih metoda, provere uticaja hemijskih jedinjenja prisutnih u različitim sredinama (ICPDR 2009; 2015b).

Joint Danube Survey (JDS) ekspedicije predstavljaju jednu od najznačajnijih aktivnosti vezanih za harmonizaciju metoda monitoringa na nivou dunavskog basena. Osim toga, ove ekspedicije predstavljaju izvor uporedivih podataka na osnovu kojih je moguće izvršiti integrisanu procenu stanja reke Dunav, kao i testirati uticaje različitih ekoloških faktora na stanje elemenata kvaliteta. Ovaj vid maršrutnih istraživanja predstavlja do sada najsveobuhvatniji vid monitoringa velikih reka. Od 2001. godine, kada je sproveden prvi put u vidu maršrutnog istraživanja JDS se pod pokroviteljstvom ICPDR-a realizuje na svakih šest godina i obuhvata preko 800 hemijskih, bioloških, ekotoksikoloških, radioloških, hidromorfoloških parametara (ICPDR, 2015a). Monitoring makrofita je u svim ekspedicijama, osim prve, vršen u skladu sa Evropskim standardom EN 14184: 2003, odnosno EN 14184: 2014. Na unapred određenim lokalitetima uzorkovanja duž svake obale istražene su po tri deonice dužine 1km. Beleženo je prisustvo, abundanca i životna forma

svake vrste makrofita i algi (ICPDR 2002; 2002a; 2008; 2015; 2021). Na osnovu prikupljenih podataka izvode se klase ekološkog statusa deonica na osnovu makrofita. Međutim, tendencija pogoršanja ekološkog statusa od izvora ka ušću reke koja je utvrđena na osnovu podataka sa ekspedicija u analizama nije mogla biti opravdana promenama faktora na koje makrofite tipično reaguju. Evaluacijom rezultata sprovedenih monitoringa u prvom, ali i u drugom izdanju Plana upravljanja za sliv reke Dunav (*Danube River Basin District Management Plan*, DRBMP) je iskazana potreba za daljim razvojem metoda procene ekološkog statusa na osnovu makrofita za reku Dunav, sa naglaskom na specifikaciju metoda za različite ekoregione i deonice reke (ICPDR, 2009; 2015b). U ažuriranom izdanju DRBMP iz 2021. godine se ističe veliki napredak u harmonizaciji metoda monitoringa, a ogleda se u angažmanu nacionalnih istraživačkih timova koji su tokom poslednjeg četvrtog JDS-a vršili evaluaciju predefinisanih deonica Dunava upotrebom uniformne metodologije usvojene na sastancima i radionicama koje su prethodile ekspediciji (ICPDR, 2021a).

1.3 Ekološki status velikih reka

Ekološki status ili potencijal površinskih voda se određuje na osnovu stanja elemenata kvaliteta ovih staništa. Elementi kvaliteta površinskih voda se dele u tri velike grupe – biološke, hemijske i fizičko-hemijske i hidromorfološke koji su od značaja za biološke elemente datog tipa i kategorije vodnih tela (Sl. Glasnik RS, br74/2011; European Commission, 2000). Na osnovu vrednosti indikatora zabeleženih tokom monitoringa izvode se kategorije ekološkog statusa za svaki element pojedinačno u odnosu na stepen odstupanja od referentnih vrednosti specifičnih za svaki tip vodnog tela (European Commission, 2000). Metode procene ekološkog statusa velikih reka predstavljaju izazov dominantno zbog problema teškog definisanja referentnih uslova, prisustva višestrukih pritisaka i uticaja invazivnih alohtonih vrsta i uticaja klimatskih promena na biološke zajednice (ICPDR, 2021a).

Velike reke poput Dunava duž svog toka nekoliko puta menjaju tip vodnog tela kome pripadaju što odabir odgovarajuće metode procene ekološkog statusa čini još težim. Tradicionalna robusna podela prema Lászlóffy (1965) izvršena prema geologiji basena deli reku Dunav na tri velike deonice gornji, srednji i donji, a u istom izdanju autor predlaže i

podelu toka reke na šest deonica u odnosu na nagib toka, temperaturu vode i odabrane hidromorfološke karakteristike. Nešto kompleksnija i novija podela rečnog toka Dunava je konstruisana za potrebe JDS1 studije i deli reku na devet deonica (Literáthy i sar., 2002) u zavisnosti od stanišnih karakteristika i tipa antropogenog uticaja. Podela koja se trenutno koristi u JDS studijama konstruisana je 2006. godine (Moog i sar.) i deli tok Dunava na 10 deonica na osnovu hidromorfoloških i stanišnih karakteristika reke. Upravo zbog navedenog tipološkog diverziteta utvrđivanje uniformnog sistema ocene ekološkog statusa na osnovu makrofita predstavlja veliki izazov. U izveštajima sa JDS3 ekspedicije je upotrebljeno tri vrste indeksa kako bi se što sveobuhvatnije opisao ekološki status reke Dunav na osnovu makrofita. Tumačenjem dobijenih rezultata izveden je zaključak da je za svaki od testiranih indeksa potrebna adaptacija u mislu kalibracije indeksa spram tipa deonice koji se evaluira (ICPDR, 2015). Ovakva sveobuhvatna analiza ekološkog statusa reke na osnovu makrofite izostaje u izveštajima za poslednjeg JDS4 istraživanja gde se kao razlozi izostanka navode nerelevantnost makrofita kao elementa kvaliteta, nepostojanje indeksa za određeni tip vodotoka, nepostojanje makrofita ili njihova mala abundanca, nedovoljna za izračunavanje indeksa (ICPDR, 2021). U poslednjoj ažuriranoj verziji DRBMP iz 2021. godine prikazana je podela rečnog toka Dunava na 63 vodna tela za koje je izračunat ekološki status u odnosu na sve elemente kvaliteta prema WFD (ICPDR, 2021a). Evaluacija ekološkog statusa je urađena na osnovu podataka sa JDS4 (51 lokalitet) i TNMN (Međunarodna monitoring mreža, eng. *Trans National Monitoring Network*) (ICPDR, 2021a). Ovo implicira da je u slučaju makrofita ekološki status prosečnog vodnog tela dužine i po nekoliko desetina kilometara određen spram vrednosti zabeleženih u tri istražena kilometra vodotoka tokom JDS4 ekspedicije, s' obzirom da nadzorni monitoring 2 u okviru TNMN mreže ne obuhvata makrofite kao element kvaliteta koji se prati.

Ekološki status je u direktnoj korelaciji sa konzervacionim i restauracionim aktivnostima tj upravljanjem vodnim telima koje je današnjoj situaciji multistresnih uslova pod kojima se nalaze akvatični ekosistemi nužno. Deonice velikih reka koje imaju dobar ili odličan ekološki status predstavljaju područja od izuzetne konzervacione vrednosti na kojima bi trebalo implementirati odgovarajuće mere zaštite, u skladu sa procenjenim konzervacionim statusom na osnovu indikatora propisanih domenskim konvencijama i direktivama, konkretno uključivanjem u Natura 2000, EMERALD i nacionalne mreže

zaštićenih područja. Usvajanjem EU Strategije o biodiverzitetu za 2030. godinu, dodatni akcenat je stavljen na upravljanje rečnim slivovima, kao i povećanje napora u zaštiti i obnavljanju prirodnih ekosistema i na održivom korištenju resursa (European Commission, 2021; European Commission, 2020). Sve to je od suštinskog značaja za očuvanje i obnavljanje biodiverziteta u jezerima, rekama, močvarama i estuarima, kao i za sprečavanje i ograničavanje štete od poplava (ICPDR, 2021a).

1.4 Ekološki faktori koji utiču na distribuciju makrofita duž reke Dunav

U visoko antropogeno uslovljenim okruženjima kao što je reka Dunav biota je paralelno izložena mnogostrukim pritiscima odnosno stresu koji oni izazivaju. Multistres u vodenim ekosistemima danas predstavlja više pravilo nego izuzetak (Lemm i sar., 2019; Nõges i sar., 2016; Anđelković i sar., 2016), a samim tim predstavlja i temu brojnih istraživanja (Lemm i sar., 2019; Feld i sar., 2018; Herrero i sar., 2018; Grizzetti i sar., 2017; Lemm i sar., 2017; Nõges i sar., 2016; Schinegger i sar., 2016; Feld i sar., 2016; Rico i sar., 2016; Baattrup-Pedersen i sar., 2016; Côté i sar., 2016; Hering i sar., 2015; Navarro-Ortega i sar., 2015). Stresori su veoma često međusobno uslovljeni, te dolazi do njihovog antagonističkog, aditivnog i sinergističkog dejstva (Feld i sar., 2016; Hering i sar., 2015). Poseban izazov predstavlja utvrđivanje relacija između pojedinačnih faktora unutar kompleksa i njihove međusobne uslovljenosti (Grizzetti i sar., 2017; Nõges i sar., 2016). Sa druge strane, cilj predstavlja utvrđivanje mehanizama dejstva kompleksa dominantnih ekoloških faktora na distribuciju i karakteristike vrsta, strukturu zajednica i kvalitet vodenih staništa (Grizzetti i sar., 2017; Nõges i sar., 2016), kako bi u slučaju neadekvatnog ekološkog statusa vodnih tela ciljano i adekvatno mogle biti primenjene reparativne mere. Međutim, u slučaju setova podataka prikupljenih monitoringom u kojima je broj uzoraka srazmerno mali u odnosu na broj varijabli koje se testiraju javlja se i metodološki problem pravilnog određivanja intenziteta i tačnosti izdvojenih relacija. Samim tim ispitivanje multistresnih uslova u akvatičnim ekosistemima predstavlja izazov kako za istraživače, tako i za upravljače vodnim telima (Feld i sar., 2016; Hering i sar., 2015), posebno u smislu utvrđivanja relacija antropogenih pritisaka i visoko inegrativnih činilaca vodenih ekosistema, kao što su ihtiofauna i makrofite (Birk i sar., 2012). U analizama ovog tipa se preporučuje upotreba

abundance, količine ili ekoloških karakteristika (traits) pojedinačnih vrsta (Baatrup-Pedersen i sar., 2016), pre nego preračunatih indeksa, kao i izmerenih vrednosti pojedinačnih stresora, pre nego ocene prisutnosti pritiska (Feld i sar., 2016). Ukoliko se ovakve analize izvedu i interpretiraju na adekvatan način rezultati se mogu koristiti kao smernice pri uspostavljanju mera sa ciljem poboljšanja kvaliteta akvatičnih ekosistema (Grizzetti i sar., 2017; Feld i sar., 2016;). U ovoj disertaciji se kroz nekoliko morfoloških celina istraživanja postavlja pitanje adaptacije postojećih praksi u monitoringu makrofita, načina analize dobijenih podataka, kao i testiranja spektra parametara koji bi potencijalno mogli predstavljati determinante strukture i distribucije makrofita u rekama.

1.5 Aerofotografija i bespilotne letelice u ekologiji i monitoringu makrofita

Jedan od osnovnih problema monitoringa makrofita tradicionalnim metodama sa čamca, sa obale ili iz vode se ogleda u tome što ne postoji apsolutna kvantifikacija količine makrofita prisutnih u evaluiranom transektu ili se takve vrednosti preračunavaju na osnovu terenski zabeleženih relativnih ocena. Relativne ocene prisutnosti su kao takve podložne subjektivnoj proceni istraživača, naročito prilikom monitoringa velikih reka poput Dunava, gde se ocenjuje prisustvo makrofita na velikim deonicama - transektima dužine 1km, bez tačno definisane širine što opet dovodi do konceptualnog problema same metodologije i relevantnosti prikupljenih podataka. Metoda transekta daje ideju o relativnoj prisutnosti vrsta u okviru istraženog transekta, ali ne postoji informacija o distribuciji i rasporedu vrsta unutar njega. Metode plota sa druge strane smanjuju izvore ovakvih grešaka s' obzirom da istraživači definišu veličinu plota koju mogu efikasno da evaluiraju i izvodi se stacionarna evaluacija makrofita unutar plota sa mogućnošću mnogo precizije analize. Međutim metoda plota ne sadži informacije o postojanju i distribuciji makrofita van izdvojenih malih, uglavnom najreprezentativnijih delova staništa. Madsen & Wersal, (2012) naglašavaju važnost precizne kvantifikacije u metodama monitoringa makrofita, kako bi podaci mogli biti adekvatno matematički i statistički obrađeni.

Napredak tehnologije podstiče razvoj novih metoda monitoringa stanja ekosistema (Bellia i sar., 2020). Prilikom razvoja metoda je potrebno testirati i utvrditi na koji način adaptacije ili izmene metode doprinose povećanju preciznosti i rezolucije postojećih metoda,

koje su tradicionalno u upotrebi. Nove metode bi trebalo da budu široko primenljive, ali i efikasne u smislu izračunavanja ekološkog statusa i usluga ekosistema (Hering i sar., 2015). Adekvatna integracija novih tehnologija i pristupa sa klasičnim metodama istraživanja makrofita može da doprinese povećanju rezolucije prikuljenih podataka i egzaktnosti standardnog monitoringa makrofita. Daljinsko očitavanje i modelovanje predstavljaju korisne alate za prikupljanje podataka o antropogenim pritiscima, naročito u slabije istraženim područjima (Grizzetti i sar., 2017), ali i za prikupljanje hidroloških, hidromorfoloških i ekoloških podataka (Manfreda i sar., 2018). Aerofotografije prikupljene pomoću balona, cepelina, aviona i satelita predstavljaju vid daljinske detekcije makrofita čiji je potencijal prepoznat još pre nekoliko decenija (Husson, 2012), a čija se upotreba preporučuje kao dopuna terenskom istraživanju makrofita već više od 20 godina (Kolada i sar., 2009). Međutim, zbog teškoća u implementaciji ovih visokobudžetnih tehnologije, kao i neadekvatne vremenske rezolucije podataka (osim aviosnimaka), prostorne rezolucije snimaka, kao i vremena potrebnog za evaluaciju snimaka, ova metodologija ima ograničenu primenjivost u standardnom monitoringu vodenih staništa (Cohen i Lewis, 2019; Whitehead i sar., 2014; Kolada i sar., 2009). Da bi bile široko primenjive nove tehnologije moraju biti finansijski i logistički pristupačne, i na adekvatan način da odgovarati na potrebe krajnjih korisnika (Cohen i Lewis, 2019). U tom smislu je razvoj tehnologije bespilotnih letelica (*Unmanned aerial vehicle*, UAV) omogućio veoma efikasno prikupljanje podataka sa visokom prostornom, vremenskom i spektralnom rezolucijom, koje pruža veliku fleksibilnost i otvara niz mogućnosti primene u monitoringu (Cohen i Lewis, 2019; Manfreda i sar., 2018; Müllerová i sar., 2017), dok je razvoj GIS-a omogućio nove alate za monitoring i mapiranje (Jaskula i sar., 2019). Visoka spektralna rezolucija je uslovljena razvojem lakih optičkih senzora koji omogućavaju RGB, multispektralno, hiperspektralno i termalno snimanje, kao i prikupljanje podataka radarima i lidarima (*Synthetic Aperture Radar (SAR)*; *Light Detection and Ranging (LiDAR)*) (Cohen i Lewis, 2020; Piégay i sar., 2020; Manfreda i sar., 2018). Upotreba bespilotnih letelica sa ciljem monitoringa akvatične vegetacije u poslednjoj deceniji daje ohrabrujuće rezultate u pravcu mapiranja flotantnih, emerznih, submerznih makrofita i riparijalne vegetacije, (Kislik i sar., 2020; Taddia i sar., 2020; Stocks i sar., 2019; Ventura i sar., 2018; Brinkhoff i sar., 2018; Díaz-Varela i sar., 2018; Husson i sar., 2017; Husson, 2016; Venturi i sar., 2016; Chabot i sar., 2017; Marcaccio i sar., 2015; Husson i sar.,

2014; Husson, 2012), detekciju specifičnih ekoloških grupa (Villoslada i sar., 2020; Husson i sar., 2016; 2017; Flynn & Chapra, 2014; Visser i sar., 2013), mapiranja nativnih i invazivnih vrsta (Benjamin i sar., 2021; Brooks i sar., 2021; Bolch i sar., 2021; Brooks i sar., 2020; Cohen i Lewis, 2020; Chabot i sar., 2018, 2017; Hill i sar., 2017; Pande-Chetri, 2017; Samiappan i sar., 2017; Lishawa i sar., 2017).

S obzirom da je ovakav način istraživanja makrofita još uvek u povoju i da ne postoje uniformne metode koje omogućavaju univerzalnu primenljivost bespilotnih letelica, sve dosadašnje studije se mogu smatrati pionirskim istraživanjima u okviru jedne nove multidisciplinarnе oblasti koja u budućnosti može višestruko poboljšati i optimizovati način prikupljanja podataka o akvatičnoj vegetaciji.

Sinhronizovanjem dve metode, tradicionalne terenske i metode daljinske detekcije (bespilotne letelice) sa prilagođenim propozicijama leta i načinima snimanja omogućava se prikupljanje podataka o makrofitama veće rezolucije i njihovu kasniju korelaciju sa drugim elementima kvaliteta i ekološkim faktorima. Takođe, konkretnim uvidom u realnu sliku terena i tipova staništa bilo bi moguće uraditi precizniju interkalibraciju metodologije uzorkovanja kao i ocene stanja međusobno udaljenih i tipološki različitih deonica velikih hidrosistema kao što je Dunav. Ovom metodologijom bi mogao biti vršen i monitoring makrofita ritova, plavnih zona i vlažnih područja uz reke čije istraživanje predstavlja metodološki izazov, i vrlo često izostaje, iako se upravo oni smatraju centrima biodiverziteta rečnih ekosistema (Rommel i sar., 2022; Damnjanović i sar., 2018) i ne bi trebalo da budu zanemareni. Na ovaj način postoji i mogućnost poređenja i harmonizacije metoda monitoringa za lotičke i lentičke delove rečnog sistema.

Pored navedenog sa istih snimaka bi mogli biti očitani i utvrđeni dodatni antropogeni pritisci koji se javljaju u samom rečnom koritu, ali i duž obalskog pojasa. To bi dalo bazu za izradu preciznijih mapa stresa duž vodotoka i basena.

Uvođenjem nove tehnologije dobija se na objektivnosti, kalibraciji, interkalibraciji i harmonizaciji metoda; očitavanju i beleženju karakteristika i pritisaka u rečnom koritu, na obalama i priobalju; prikupljanju podataka i sa teško dostupnih deonica. Standardizacijom metode, ovi alati bi omogućili obradu većih prostranstava u kraćim vremenskim okvirima, ali i veću vremensku rezoluciju monitoringa. Na taj način može biti praćena vremenska dinamika makrofita, hidromorfološke karakteristike i pritisci duž vodotoka, što obezbeđuje

pravovremeno reagovanje u slučaju beleženja negativnih promena na staništu (Bellia i sar., 2020).

1.6 Tehnologija bespilotnih letelica i aerofotografije u ekologiji i monitoringu makrofita

Tehnologija prikupljanja i obrade UAV podataka u ekologiji predstavlja svojevrsan sistem dualnosti koji u svakoj fazi procesa.

Prvi korak predstavlja odabir adekvatnog tipa letelice koja će biti korištena u svrhu mapiranja. Trenutno su u ekologiji u upotrebi dva osnovna tipa letelica, dronovi tipa koptera (eng. *multirotor copter-type, rotary-wing drone*) i dronovi tipa krila (eng. *fixed-wing drone*). Dronovi tipa koptera su trenutno zastupljeniji u najvećem delu zbog dostupnosti, stabilnosti, lakoće manevrisanja i upravljanja i cene, međutim u domenu mapiranja velikih područja (većih od 1km²) zbog brzina koje postižu, kao i potpne automatizacije letova dronovi tipa krila predstavljaju efikasnije rešenje (Tmušić i sar., 2020, Cohen i Lewis, 2019, Suzuki i sar., 2016) i kao takvi postaju sve zastupljeniji u studijama koje se bave monitoringom akvatičnih staništa, naročito ukoliko se radi o maršutnim istraživanjima.

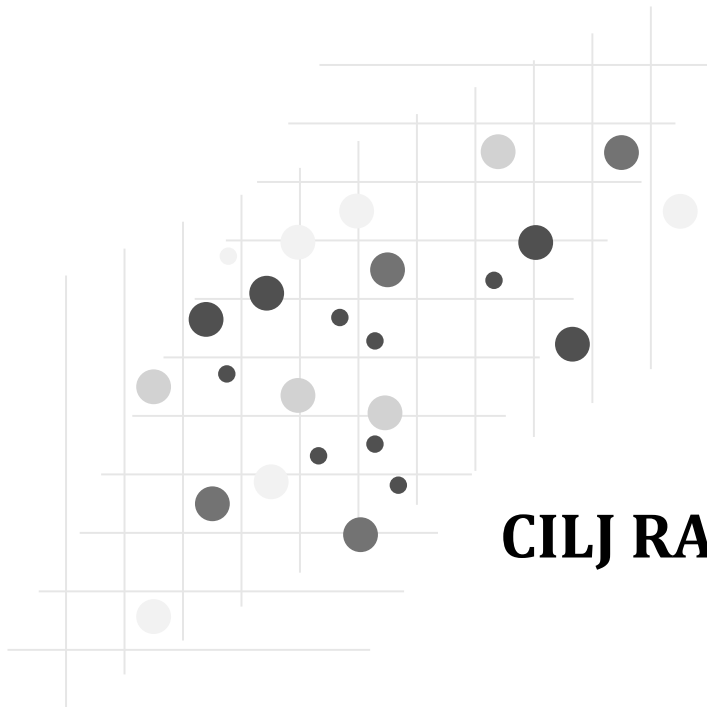
Drugi korak predstavlja izbor senzora za prikupljanje podataka. U slučaju mapiranja makrofita najčešće korišćen senzor jeste fotokamera. Fotografije predstavljaju mreže piksela, gde svaki piksel fotografije beleži nivo osvetljenosti (količinu zračenja) u određenom delu spektra koja biva reflektovana od objekata na površini koja se fotografiše. Nivo osvetljenosti se kvantifikuje numeričkom vrednošću odnosno digitalnim brojem piksela. Kod standardnih RGB (eng. *Red-Green-Blue*) fotografija kamera beleži nivo osvetljenja u tri prilično široke zone sunčevog zračenja (crvenoj – eng. *red* – R; zelenoj – eng. *green* – G; plavoj – eng. *blue* – B). Vrednosti za svaku zonu se zapisuju u zasebnom kanalu (eng. *band*), te su RGB fotografije zapravo trokanalni zapisi. Multispektralne kamere beleže kolekcije jednokanalnih fotografija, gde se svaka fotografija snima posebnim sensorom koji precizno beleži količinu osvetljenosti u ograničenom uskom opsegu talasnih dužina. U prvoj fazi primene UAV tehnologije u istraživanju makrofita u većini studija su korištene RGB kamere (Ventura i sar., 2018; Visser i sar., 2018; Stocks i sar., 2019; Pande-Chetri i sar., 2017; Michez i sar., 2016; Marcaccio i sar., 2015; Visser i sar., 2015; Flynn and Chapra, 2014; Husson i sar.,

2017; 2016; 2014; 2012), međutim sa razvojem specijalizovanih multispektralnih kamera namenjenih upravo za snimanje pomoću dronova, mnoštvo studija je fokusirano upravo na upotrebu i testiranje mogućnosti ovih kamera (Agioutanti i sar., 2022; Song i sar., 2020; Villoslada i sar., 2020; Taddia i sar., 2020; Brooks i sar., 2019; De Luca i sar., 2019; Brinkhoff i sar., 2018; Chabot i sar., 2018; 2017).

Nakon prikupljanja podataka sledi faza obrade UAV snimaka i izrade fotogrametrijskih produkata – ortomozaika, oblaka tačaka, digitalnih modela površina (*Digital Surface Model, DSM*), 3D modela područja, itd. Ortomozaici predstavljaju ortogonalne modele rektifikovanih fotografija prikupljenih bespilotnim letelicama. Prilikom spajanja fotografija vrši se njihova geometrijska korekcija i balansiranje boja, tako da finalni produkt predstavlja ortogonalnu projekciju istraživanog područja.

Klasifikacijom ortomozaika vrši se izrada digitalnih mapa područja. Dominantno se koriste dva pristupa u klasifikaciji ortomozaika – sistem klasifikacije piksel-po-piksel (eng. *pixel-based image classification*) i objektna klasifikacija (eng. *object-based image analysis/classification - OBIA*). Klasifikacija fotografije piksel-po-piksel funkcioniše upravo onako kako joj ime govori, vrši se klasifikacija jednog po jednog piksela na osnovu spektralnih karakteristika (Benjamin i sar., 2021; Pande-Chetri i sar., 2017). Ovaj pristup je prvi razvijen, a kreiran je za potrebe klasifikacije satelitskih snimaka i kao takav korišten u najvećem broju pionirskih studija, naročito onih koje se temelje na UAV fotogrametrijskim proizvodima grublje rezolucije. Međutim, povećanje rezolucije snimaka prikupljenih bespilotnim letelicama nije uvek dovelo do povećanja preciznosti piksel-po-piksel klasifikacije fotografije (Benjamin i sar., 2021). Objektna klasifikacija predstavlja noviji pristup, a temelji se na segmentaciji fotografije na fragmente koji obuhvataju diskretne i homogene celine objekata na fotografiji i naknadnu klasifikaciju izdvojenih celina (Benjamin i sar., 2021). Pored upotrebe spektralnih karakteristika objekata ovaj pristup ima tendenciju uključivanja i drugih kontekstualnih informacija o svakom segmentu (teksturane karakteristike, kao i oblik i veličina segmenata/objekata) u process klasifikacije (Benjamin i sar., 2021; Sibaruddin i sar., 2018). Pored direktnih mera, u studijama se beleži i uključivanje izvedenih spektralnih i teksturnih karakteristika – indeksa u process klasifikacije ortomozaika. Sa poboljšanjem rezolucije UAV snimaka objektna klasifikacija se izdvaja kao adekvatniji pristup (Rommel i sar., 2022; Sibaruddin i sar., 2018; Pande-Chetri i sar., 2017) i

koristi u čitavom nizu studija (Brooks i sar., 2019; Diaz-Varela i sar., 2018; Ventura i sar., 2018; Sibaruddin i sar., 2018; Pande-Chetri i sar., 2017; Husson i sar., 2017; 2016; Chabot i sar., 2017, 2018; Visser i sar., 2015; 2013). Veoma značajan aspekt klasifikacije predstavlja i stepen autonomije procesa, kao i sam izbor klasifikatora. U pogledu autonomije procesa postoje dve, odnosno tri osnovne kategorije: nenadgledana (eng. *unsupervised*), nadgledana (eng. *supervised*) (Mehmood i sar., 2022). Nenadgledani klasifikatori rade automatski, evaluiraju piksele i na osnovu vrednosti generišu određen broj kategorija, najzastupljeniji klasifikatori ove kategorije su *k-means* i *ISODATA*. Navedeni pristup se koristi u situacijama kada ne postoje referentni terenski podaci za ciljane kategorije ili kao preliminarna analiza za nadgledane algoritme. Nadgledani klasifikatori zahtevaju postojanje referentne baze iz koje će naučiti karakteristike piksela ili objekata koji pripadaju određenim klasama (Mehmood i sar., 2022). Najzastupljeniji klasifikatori ove kategorije su: *k-Nearest-Neighbor*, *Maximum likelihood*, *Minimum distance*, *Support Vector Machine*, *Principal components*, *Artificial Neural Networks*, *Random Forest*. Među klasifikatorima se nadgledani algoritmi mašinskog učenja izdvajaju kao najmoćniji i najpouzdaniji, a među njima se ističe algoritam *Random forest* (Villoslada i sar., 2020; van Iersel i sar., 2018; Husson i sar., 2017; 2016).



CILJ RADA

Osnovni ciljevi istraživanja podrazumevaju:

1) Utvrđivanje determinanti distribucije akvatične vegetacije u antropogeno multistresnom okruženju reke Dunav na osnovu do sada sprovedenih akcija monitoringa.

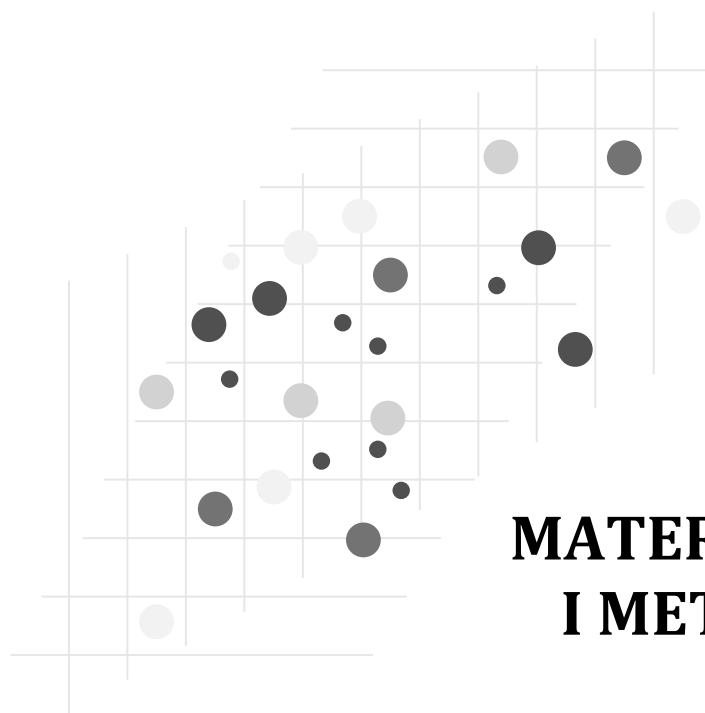
Utvrđivanje relacija između različitih ekoloških faktora: fizičko-hemijskih i hemijskih parametara vode, hidromorfoloških karakteristika obale i korita, kao i načina upotrebe zemljišta (land use) omogućuje utvrđivanje postojanja multistresa duž rečnog toka Dunava. Primenom klasičnog pristupa - testiranjem prisustva i abundance pojedinačnih vrsta (klasičan pristup), ali pristupa baziranog na svojstvima vrsta (trait based approach) i funkcionalnih grupa makrofita formiranih na osnovu relevantnih bioloških i ekoloških karakteristika može se utvrditi aspekt akvatične vegetacije koji je najsenzitivniji na promene u ekosistemu, a koji bi u budućnosti uz dodatna testiranja mogao da predstavlja pouzdan indikator stanja staništa.

2) Predlog metodologije monitoringa akvatične vegetacije upotrebom bespilotnih letelica

Utvrđivanjem propozicija leta i tehničkih karakteristika potrebne opreme, kao i pratećeg terenskog rada bilo bi moguće standardizovati metodu i omogućiti njenu široku upotrebu u istraživanju akvatične vegetacije.

3) Upotreba bespilotnih letelica u svrhe monitoringa akvatične vegetacije velikih reka, plavnih područja i riparijalnih ekosistema

Aerosnimanjem akvatične vegetacije obezbeđuje se mogućnost izrade ortomozaika deonica duž reke Dunav, a samim tim mapa distribucije vrsta i funkcionalnih grupa akvatične vegetacije. Analizama digitalnih mapa moguće je utvrđivanje načina i opravdanosti uključivanja aerofotografija prikupljenih pomoću malih bespilotnih letelica u standardan monitoring akvatične vegetacije različitih staništa velikih hidrosistema kao što je Dunav.



MATERIJAL I METODE

3.1 Osnovne karakteristike istraživanog područja

Sliv reke Dunav se sa svojih 801,463km² površine prostire kroz 19 država i smatra se najinternacionalnijim rečnim basenom na svetu (ICPDR, 2015b). Reka Dunav, dužine 2,850 km, protiče kroz 10 država i četiri glavna grada. Dunav nastaje spajanjem reka Brigach (nem. *Brigach*) i Berg (nem. *Berg*) na planini Švarcvald (nem. *Schwarzwald*) u Nemačkoj, a uliva se u Crno obrazujući deltu u Rumuniji i Ukrajini (Britannica, 2023). Kroz istoriju Dunav je imao ključnu ulogu u političkim i demografskim dešavanjima i kretanjim cele centralne i jugoistočne Evrope, a i dan danas ima neizmernu vrednost za čitav region u pogledu hidroenergije, plovidbe, transporta dobara, ribolova, vodosnabdevanja (Britannica, 2023).

3.1.1. Podaci preuzeti sa JDS3 ekspedicije

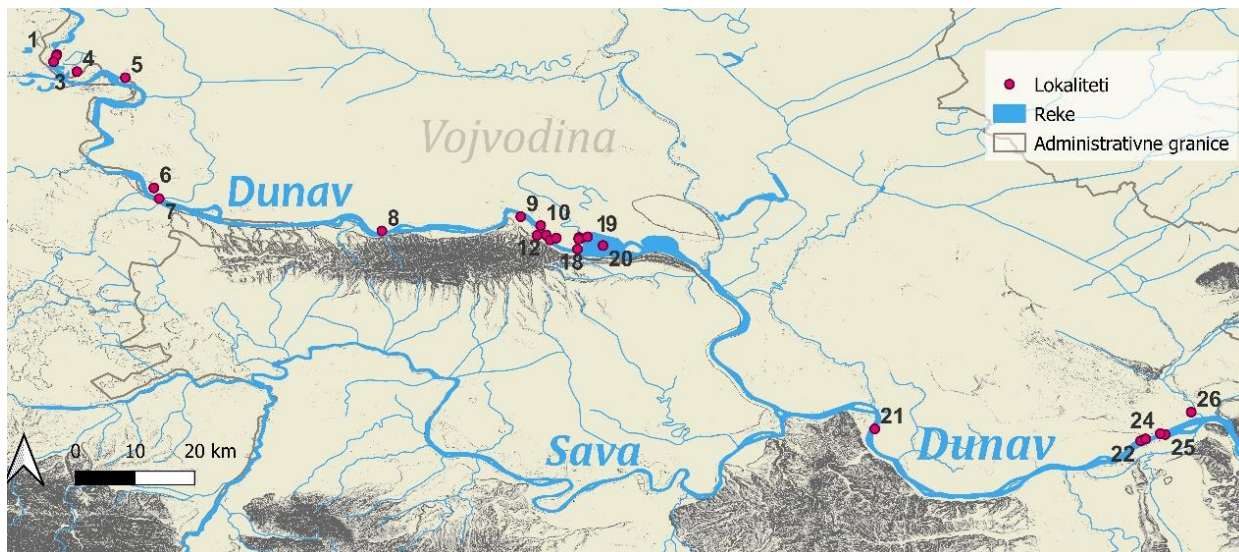
Tokom maršutnih JDS3 ekspedicija prikupljanje podataka se vrši na unapred određenim lokalitetima. U slučaju treće ekspedicije informacije prikupljane na 68 ravnomerno raspoređenih lokaliteta duž glavnog toka reke Dunav, ali i na ušćima glavnih 15 pritoka (Slika 3.1) (ICPDR, 2015). Istraživanjem su obuhvaćeni glavni tok Dunava i ušća nekih pritoka: Morava, Vah, Drava, Tisa, Sava, Velika Morava, Timok, Iskar, Jantra, Siret i Prut. Pored ušća pritoka istraživanjem su obuhvaćeni i počeci dva rukavca Dunava u Mađarskoj: Moson i Rackeve-Soroskar (ICPDR, 2015). Ekspedicija je trajala skoro dva meseca u avgustu i septembru 2013. godine. ICPDR-ov tim istraživača (eng. *JDS core team*) je ploveći istraživačkim brodovima duž Dunava prikupio više od 800 parametara o karakteristikama vode, sedimenta, biote i čestica suspendovanih u vodi (ICPDR, 2015).



Slika 3.1. Mapa istraženih lokaliteta tokom JDS3 ekspedicije

3.1.2. Podaci prikupljeni terenskim istraživačkim radom

Terenska istraživanja za testiranje upotrebe bespilotnih letelica, utvrđivanja i predlaganja optimalne metodologije u monitoringu makrofita velikih rečnih ekosistema sprovedena su u toku vegetacionih sezona 2017, 2018, 2019 i 2020. godine. Istraživanja su sprovedena duž odabranih deonica glavnog toka reke Dunav i vodnim telima duž plavne zone Dunava u Srbiji (Slika 3.2). Istraživani lokaliteti su odabrani tako da obuhvate karakteristične tipove akvatične vegetacije za velike ravničarske reke, kao i fluvijalna jezera, bare, mrtvaje i stare meandre u njihovim plavnim zonama. Istraživanja su sprovedena na šest deonica glavnog toka reke Dunav i 20 vodnih tela u plavnoj zoni Dunava (Gornje Podunavlje, Plavno područje kod Bačkog Novog Sela, Begečka jama, Koviljsko-Petrovaradinski rit). Na ovaj način iz vazduha su mogla biti zabeležena staništa sa različitim diverzitetom, strukturom i abundancom makrofita.



Slika 3.2. Mapa lokaliteta na kojima je vršeno snimanje makrofita bespilotnim letelicama (1 - Markova bara, 2 - Osmica, 3 - Tosina bara, 4 - Bara tri mosta, 5 - Tuškoš, 6 - Doktor pumpa, 7 - Hašaški dunavac, 8 - Begečka jama, 9 - Petrovaradinski dunavac, 10 - Patrijaršijska tonja, 11 - Karlovački dunavac, 12 - Agla, 13 - Rupa, 14 - Rupa pod nasipom, 15 - Šlajz 3, 16 - Šlajz 1, 17 - Šlajz 2, 18 - Velika Tonja, 19 - Tikvara, 20 - Arkanj, 21 - Pančevo, 22 - Dubovac 1, 23 - Dubovac 2, 24 - Bara Slatina, 25 - Dunav Slatina, 26 - Labudovo Okno)

3.1.2.1. Lokaliteti u plavnoj zoni reke Dunav

Odabrani lokaliteti se nalaze u nebranjenoj u plavoj zoni reke Dunav i predstavljaju bare, mrtvaje, delove starih meandara i fluvijalna jezera nastala radom reke, promenama vodostaja, sezonskim plavljenjem, izlivanjem vode, nanosom sedimenta, promenama toka reke (Radulović, 2000; Panjković, 2005). Ova vodna tela tokom plavnih talasa direktno komuniciraju sa glavnim tokom reke, dok se u periodu niskih voda interakcija odvija preko starih meandara koji se u ovim plavnim područjima nazivaju Dunavcima (Panjković, 2005; Radulović, 2000). Odabrani lokaliteti se nalaze u zonama tri zaštićena područja: Specijalni Rezervat Prirode "Gornje Podunavlje", Park Prirode "Begečka jama", Specijalni Rezervat Prirode "Koviljsko-Petrovaradiski rit", i vlažnog staništa između Plavne i Bačkog Novog Sela.

Specijalni Rezervat Prirode "Gornje Podunavlje" predstavlja ritsko područje na severozapadu Srbije koje sa Nacionalni parkom „Dunav – Drava“ u Mađarskoj i Parkom prirode „Kopački rit“ u Hrvatskoj gradi jednu ekološku celinu (Vukov, 2008). Gornje Podunavlje je i deo mnogih međunarodnih mreža zaštićenih područja (JP Vojvodinašume, 2020). Deo je UNESCO rezervata biosfere "Bačko podunavlje" i "Mura-Drava-Dunav" (UNESCO, 2023). UNESCO rezervati biosfere predstavljaju očuvane ekosisteme koji promovišu usklađivanje očuvanja biodiverziteta sa održivom upotrebom ovih područja (UNESCO, 2023). Gornje Podunavlje je deo ekološkog koridora reke Dunav (eng. *Danubeparks, Danubeparks association*), ovo područje se nalazli na listi Ramsarskih područja (zaštićena močvarna područja), predstavlja IBA (Međunarodno značajno područje za ptice) i IPA (Međunarodno značajno područje za IPA biljke) područje (JP Vojvodinašume, 2020). Gornje Podunavlje obuhvata Monoštorski i Apatinski rit (JP Vojvodinašume, 2020). Lokaliteti obuhvaćeni u ovoj tezi predstavljaju stalne bare koje se nalaze u Apatinskom ritu: Markova bara, Osmica, Bara 3 mosta, Tošina bara, Tuškoš (Slika 3.3). U akvatičnoj vegetaciji Apatinskog rita preovladavaju mezotrofne i mezotrofne ka eutrofnim biljnim vrstama (Panjković, 2005).



Slika 3.3. Istraživani lokaliteti na području Apatinskog rita, SRP “Gronje Podunavlje”

Rit između Plavne i Bačkog Novog Sela predstavlja vlažno područje u nebranjenoj plavnoj zoni Dunava predviđeno za zaštitu, međutim još uvek nema status u sistemu zaštite (Sl. glasnik RS, 2010). Istraženi lokaliteti na ovom području su bare Doktor pumpa i Hašaški Dunavac (Slika 3.4).



Slika 3.4. Istraživani lokaliteti na u plavnom području između Plavne i Bačkog Novog Sela

Park Prirode “Begečka jama” predstavlja zaštićeno područje koje se nalazi pored naselja Begeč, na teritoriji grada Novog Sada (JP Vode Vojvodine, 2022) i predstavlja deo međunarodnog ekološkog koridora reke Dunav (Skupština grada Novog Sada, 2022). Begečka jama je fluvijalno jezero, ostatak starog meandra Dunava koji se nalazi u konstantnoj komunikaciji sa živim tokom reke preko kanala (Slika 3.5) (JP Vode Vojvodine,

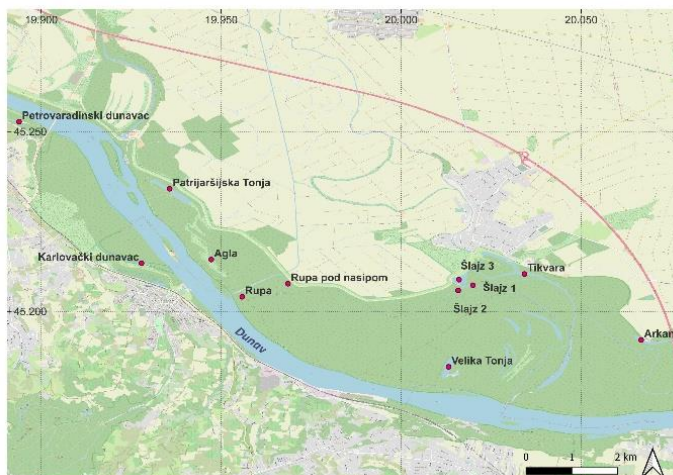
2022) i predstavlja reprezentativno stanište akvatične vegetacije (Skupština grada Novog Sada, 2022).



Slika 3.5. Istraživani lokalitet na području PP "Begečka jama"

Specijalni Rezervat Prirode "Koviljsko-Petrovaradiski rit" predstavlja očuvani ritiski kompleks koje se nalazi na levoj i desnoj obali Dunava pored naselja Kovilj i Petrovaradin, a čine ga dva rita koji se nalaze u okolini istoimenih naselja (PZZP, 2010). U okviru ovog zaštićenog područja postoji velika raznovrsnost tipova vodnih tela kao akvatične vegetacije koja se na njima razvija (PZZP, 2010). Koviljsko petrovaradiski rit je deo ekološkog koridora reke Dunav (eng. *Danubeparks, Danubeparks association*), predstavlja Ramsarsko područje (zaštićena močvarna područja), IBA (Međunarodno značajno područje za ptice) i IPA (Međunarodno značajno područje za IPA biljke) područje (JP Vojvodinašume, 2021). Lokalitet Karlovački dunavac se nalazi u okviru Petrovaradinskog rita na desnoj obali Dunava i predstavlja rečni rukavac direktno povezan sa glavnim tokom reke, putem koga voda i pri niski vodostajima Dunava ulazi u rit (PZZP, 2010). Petrovaradinski dunavac ili Šinter hagla je rukavac koji se nalazi u Petrovaradinskom ritu, ali prema granicama ne ulazi u okvir SRP „Koviljsko-petrovaradinski rit“ (Slika 3.6). Patrijaršijska Tonja, Agla, Rupa i Rupa pod nasipom su stalne bare koje se nalaze na području pod nazivom Kurjačka greda (PZZP, 2010). Lokaliteti Arkanj, Šlajz 1, Šlajz 2, Šlajz 3 i Tikvara, predstavljaju međusobno povezan sistem mlaka, kanala, starih rukavaca i mrtvaja u delu Koviljskog rita u kom se prilikom povlačenja vode iz rita usled smanjenja vodostaja Dunava najduže zadržava (PZZP, 2010). Ujedno ovo su lokaliteti do kojih se u ritu može najlakše stići s obzirom da do njih vode regularni asfaltirani kolski putevi i kao takvi pod najvećim antropogenim pritiskom u celom

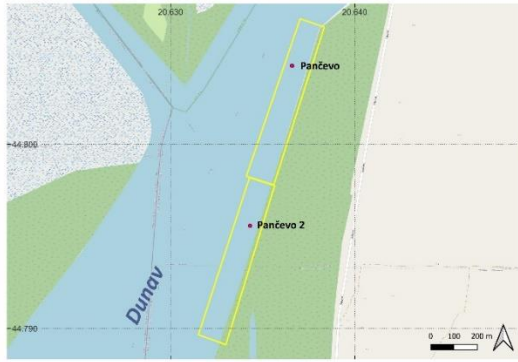
ritu. Lokalitet Velika Tonja se nalazi u centralnom delu rita u blizini dela rita koji se naziva Kozjak (JP Vojvodinašume, 2021)(Slika 3.6).



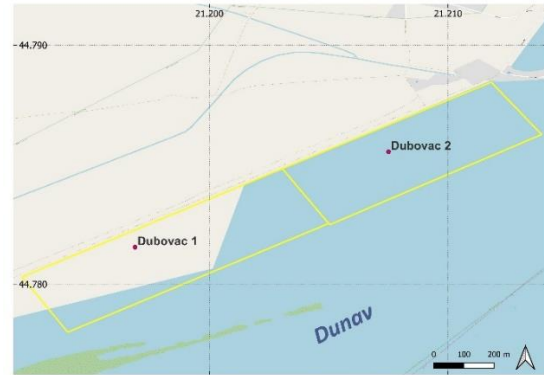
Slika 3.6. Istraživani lokaliteti na području SRP "Koviljsko-petrovaradinski rit"

3.1.2.2. Lokaliteti duž glavnog toka reke Dunav

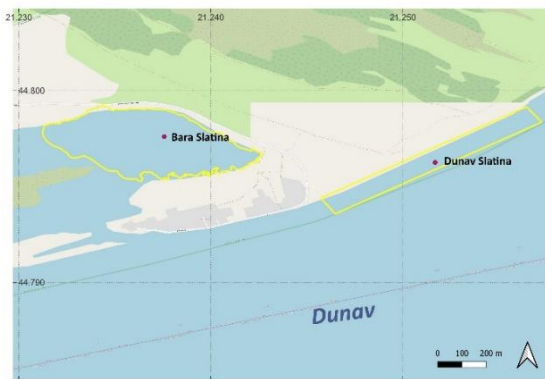
Istrežene deonice glavnog toka reke Dunav se nalaze na levoj obali reke nizvodno od Pančeva. Prilikom rekognosciranja terena u navedenom delu toka utvrđeno postojanje formiranih zajednica makrofita, dok u pregledanim deonicama reke uzvodno nisu zabeležene. Vukov (2008) je u svojoj disertaciji levu obalu Dunava, podelila na dve velike celine u odnosu na prostorni raspored akvatičnih maktofita duž Dunava u Srbiji. Granica između ove dve celine se prema Vukov (2008) nalazi između 1160 i 1150 rečnog kilometra, prva celina koja se nalazi uzvodno karakteristična je po tome što se makrofite javljaju retko ili sporadično, dok se duž druge celine makrofite nalaze u skoro svakom rečnom kilometru. Prva istražena deonica u ovoj disertaciji se nalazi upravo na samom početku druge makrofitama bogatije celine. Konkretni lokaliteti na kojima je urađeno istraživanje u ovoj disertaciji su odabrani tako da se obuhvati što veći diverzitet staništa duž toka Dunava. Detaljne informacije o karakteristikama svake od istraženih deonica se nalaze u tabeli 3.1, dok su na slikama 3.7-3.10 prikazane mape odabranih deonica.



Slika 3.7. Istraživane deonice nizvodno od Pančeva



Slika 3.8. Istraživane deonice uzvodno od Dubovca



Slika 3.9. Istraživane deonice nizvodno od Dubovca na lokalitetu Slatina



Slika 3.10. Istraživana deonica na Labudovom oknu

Tabela 3.1. Karakteristike istraživanih deonica glavnog toka reke Dunav

	Profil obale	Materijal obale	Tip sedimenta	Tip vegetacije na obali i priobalju	Komentar
Pančevo 1	Blag nagib, do 1m visine.	Zemlja - pesak	Mulj	Mešovita priobalna šuma topole i vrbe sa plantažnim zasadam topole u pozadini.	Prvih 250m deonice se nalazi u okvirima vikend naselja, tako da je profil obale sporadično izmenjen, nasipan i strm. Ostatak deonice je uglavnom neizmenjen i prirodan.
Pančevo 2	Blag nagib, do 1m visine.	Zemlja - pesak	Mulj	Mešovita priobalna šuma topole i vrbe sa plantažnim zasadam topole u pozadini.	Dominantno neizmenjena i prirodna deonica.
Dubovac 1	Strma obala, do 3m visine.	Bent - betonski blokovi	Mulj, mešavina peska i šljunka.	Sporadične ruderalne zeljaste terestrične vrste.	Posečena nekadašnja plavna šuma sa sporadičnim potopljenim deblima ukorenjenim panjevima nekadašnjih stabala. Izuzetno plitka deonica, na pojedinim delovima i ispod 20 cm. Deo deonice predstavlja peščani sprud sa vegetacijom
Dubovac 2	Strma obala, do 3m visine.	Bent - betonski blokovi	Mulj, mešavina peska i šljunka.	Sporadične ruderalne zeljaste terestrične vrste.	Dublja deonica reke uz betonski nasip, samo delimično obuhvata peščani sprud.
Bara Slatina	Blag nagib.	Zemlja i mulj	Mulj	Visoka emerzna vegetacija.	Vodno telo povezano sa glavnim tokom reke. Deo plavnog područja Dubovački rit.
Dunav Slatina	Niska obala – blagi nagib, visoka obala – skoro vertikalni lesni odsek.	Les, pesak, sitni šljunak	Pesak i sitni šljunak	Sporadične vrbe i visoko rastinje.	Peskovito-šljunkovita rečna deonica u dnu visokog lesnog odseka.
Labudovo okno	Skoro ravna obala sa blagim nagibom.	Pesak	Mulj	Sporadične vrbe i visoko rastinje.	Proširenje glavnog toka reke Dunav na desnoj obali, nastalo izlivanjem reke nakon izgradnje akumulacionog jezera u Đerdapskoj klisuri.

3.2 Determinante distribucije makrofita duž reke Dunav

JDS ekspedicije predstavljaju jednu od veoma značajnijih aktivnosti u smislu harmonizacije i interkalibracije metoda monitoringa na nivou dunavskog basena (ICPDR, 2021). Tokom ekspedicija se duž čitavog toka informacije prikupljaju na identičan način, Samim tim predstavljaju izvor uporedivih podataka na osnovu kojih je moguće izvršiti integrisanu procenu stanja reke Dunav (ICPDR, 2021), kao i testirati uticaje različitih ekoloških faktora na elemente kvaliteta, u ovom slučaju makrofite.

Baza podataka korištena u ovom radu formirana je na osnovu rezultata JDS3 istraživanja, sprovedenog u periodu 13. avgust – 26. septembar 2013. godine (ICPDR, 2015). Istraživanjem je bilo obuhvaćeno 68 lokaliteta (redom imenovanih od JDS1 do JDS68) koji ravnomerno pokrivaju tok Dunava od izvora u Nemačkoj do ušća u Crno more u Rumuniji. Prvi lokalitet se nalazi nizvodno od hidroelektrane Bofinger Halde (nem. *Böfinger Halde*) u okolini Ulma (nem. *Ulm*), a poslednji na Delti Dunava između gradova Tulča (rum. *Tulcea*) i Sulina (rum. *Sulina*) (ICPDR, 2015). Ostali lokaliteti su raspoređeni tako da obuhvate što veći diverzitet reprezentativnih staništa duž toka Dunava.

Podaci o prisustvu makrofita, fizičko-hemijskim i hemijskim parametrima vode i hidromorfološkim parametrima reke su preuzeti sa JDS3 kroz FP7 projekat SOLUTIONS (<https://www.solutions-project.eu/project/>), a dopunjeni su informacijama o ekološkim karakteristikama makrofita (eng. *trait*-ovima) koje su preuzete sa TRY platforme (<https://www.try-db.org/TryWeb/dp.php>), kao i podacima o načinu upotrebe zemljišta preuzetih sa Copernicus CORINE land cover platforme (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>).

Prikupljanje dodatnih informacija je izvršeno sa ciljem sveobuhvatnijeg sagledavanja karakteristika makrofita duž Dunava kao i utvrđivanja dominantnih determinanti distribucije makrofita u multistresnom okruženju kakvo predstavlja reka Dunav. Strategija pristupa u svim analizama bila je što manji broj transformacija sirovih podataka kako bi bili detektovani direktni signali relacija između makrofita i stanišnih karakteristika.

3.2.1. Makrofite

Istraživanje makrofita je tokom JDS3 ekspedicije vršeno metodom transekta u skladu sa Evropskim standardom za uzorkovanje makrofita na rekama EN 14184: 2003. Na unapred određenim lokalitetima uzorkovanja duž svake obale istražene su po tri deonice dužine 1km. Sredina rečnog korita nije obuhvaćena, obzirom da u tom delu korita ne razvija makrofitska vegetacija (O’ahel’ová i sar., 2007), usled jakog protoka vode, velike dubine i nestabilne sedimentne podloge (Janauer & Dokulil, 2006). Na svakom transektu dužine 1km beleženo je prisustvo, abundanca i životna forma svake pronađene vrste makrofita i algi (ICPDR, 2015a). Relativna ocena abundance makrofita (relativne pokrovnosti transekta određenom biljnom vrstom) je vršena prema Kohler-ovoj petostepenoj skali za akvatičnu vegetaciju tekućih voda (Kohler., 1978; Kohler & Janauer, 1995) (Tabela 3.2). Podaci zabeleženi duž svakog transekta dužine 1km su u analizama tretirani kao pojedinačne zavisne varijable. Za ujednačavanje sinonimike taksona u disertaciji je korištena elektronska baza Euro+Med PlantBase (Euro+Med, 2023).

Tabela 3.2. Kohler-ova petostepena skala sa opisom kategorija prema JDS metodologiji

Kohler-ova skala	Opisna ocena	Obrazloženje prema JDS metodologiji
1	Retka	Pojedinačni nalazi, do 5 jedinki.
2	Sporadična	Nalaz 6-10 jedinki ili 5 pojedinačnih sinodija.
3	Česta	Ne može se prevideti, beleži se duž <10% deonice.
4	Masovna	Javlja se često, ali ne zatvara okno, beleži se duž 10-50% deonice.
5	Veoma masovna	Dominantna, javlja se manje više duž čitave deonice, >50%

Set podataka o makrofitama sa JDS3 ekspedicije sastoji se od 355 transekata sa 64 lokaliteta i ukupno 198 vrsta vodenih i terestričnih makrofita (uključujući grupe *Spermatophyta*, *Bryophyta*, *Pteridophyta*, *Charophyta*, *Macroalgae*) koje su zabeležene u vodi i na obali (ICPDR, 2015). U finalnom izveštaju ICPDR-a o istraživanju makrofita tokom JDS3 ekspedicije svakoj od zabeleženih vrsta je dodeljena odgovarajuća životna forma: *Hydrophyta*, *Amphiphyta*, *Helophyta*, vrste vezane za vodu i slučajne vrste (ICPDR, 2015a). Prave akvatične biljke kojima su listovi potpuno ili delimično potopljeni u vodi ili plutaju na površini pripadaju ekološkoj grupi *Hydrophyta* (hidrofita, submerzne i flotantne biljke).

Amfibijske biljke koje mogu da žive potpuno potopljene u vodi, ali i na suvom na obali čine grupu *Amphiphyta* (amfifita). Makrofite kojima je samo koren i najniži deo stabla pod vodom, dok im se listovi i cvetovi izdižu iznad vode pripadaju grupi *Helophyta* (helofita, emerzne biljke). Vrste vezane za vodu su vrste koje nisu makrofite, ali uobičajeno prate vodotoke i vlažna staništa, dok su slučajnim vrstama proglašene ruderalne i biljke otvorenih staništa (ICPDR, 2015a). Iz seta podataka su za potrebe analiza strukture makrofitske vegetacije izdvojene četiri matrice koje su obuhvatale različite grupe vrsta: i) *Hydrophyta+Amphiphyta+Helophyta*, ii) *Hydrophyta+Helophyta* iii) *Hidrophyta* iv) Edifikatori, indikatorske vrste (Tabela 3.3). U matricu *Hydrophyta+Amphiphyta+Helophyta* uključeno je i pet vrsta koje ne pripadaju vodenim ili močvarnim vrstama, ali su tokom ovog istraživanja zabeležene i u vodi (Tabela 3.3). Edifikatorske odnosno indikatorske vrste izdvojene su na osnovu tipologije akvatičnih i semi-akvatičnih vrsta Evrope prema Rodwell (Ed.1995), Rodwell i sar., (2002), Chytrý i Tichý (2003) i Chytrý (Ed, 2011). Prilikom formiranja matrice edifikatora samo vrste sa abundancom većom od 5% po transektu su uzete u razmatranje. Ukoliko je prilikom izdvajanja vrsta za svaku od matrica neki transekt ostao prazan, uklonjen je iz matrice pre statističkih analiza. Od ukupnog broja vrsta, 44 pripadaju grupi *Hydrophyta*, 27 grupi *Helophyta* i 35 grupi *Amphiphyta* (Tabela 3.3).

Tabela 3.3. Spisak vrsta u izdvojenim matricama makrofita korištenim u analizama

Vrsta	Skraćenica	Životna forma prema Janauer	Deo reke u kom je vrsta zabeležena
<i>Amblystegium riparium</i> (Hedw.) Schimp.	Amb rip*	Hyd	voda
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	Azo fil*	Hyd	voda
<i>Brachythecium rivulare</i> Schimp.	Bra riv	Hyd	voda
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	Cer dem*	Hyd	voda
<i>Cinclidotus fontinaloides</i> (Hedw.) P. Beauv.	Cin fon	Hyd	voda
<i>Cinclidotus riparius</i> (Host ex Brid.) Arn.	Cin rip*	Hyd	voda
<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	Cra fil	Hyd	voda
<i>Elodea nuttallii</i> (Planch.) H.St.John	Elo nut*	Hyd	voda
<i>Fissidens crassipes</i> Wilson ex Bruch & Schimp.	Fis cra	Hyd	voda
<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	Fon ant*	Hyd	voda
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	Hyd mor*	Hyd	voda
<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske	Amb flu	Hyd	voda
<i>Hygrohypnum luridum</i> (Hedw.) Jenn.	Hyg lur	Hyd	voda
<i>Lemna gibba</i> L.	Lem gib*	Hyd	voda
<i>Lemna minor</i> L.	Lem min*	Hyd	voda
<i>Lemna turionifera</i> Landolt	Lem tur*	Hyd	voda
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Myr spi*	Hyd	voda

<i>Najas marina</i> L.	Naj mar*	Hyd	voda
<i>Najas minor</i> All.	Naj min*	Hyd	voda
<i>Nitellopsis obtusa</i> (N.A.Desvaux) J.Groves	Nit obt	Hyd	voda
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm.	Nup lut*	Hyd	voda
<i>Nymphoides peltata</i> (S.G.Gmel.) Kuntze	Nym pel*	Hyd	voda
<i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber	Pot ber	Hyd	voda
<i>Potamogeton crispus</i> L.	Pot cri*	Hyd	voda
<i>Potamogeton friesii</i> Rupr.	Pot fri*	Hyd	voda
<i>Potamogeton gramineus</i> L.	Pot gra*	Hyd	voda
<i>Potamogeton lucens</i> L.	Pot luc*	Hyd	voda
<i>Potamogeton natans</i> L.	Pot nat*	Hyd	voda
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	Pot nod*	Hyd	voda
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	Pot pec*	Hyd	voda
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	Pot per*	Hyd	voda
<i>Potamogeton pusillus</i> L.	Pot pus*	Hyd	voda
<i>Potamogeton trichoides</i> Cham. & Schltldl.	Pot tri*	Hyd	voda
<i>Ranunculus fluitans</i> Lam.	Ran flu*	Hyd	voda
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	Sal nat*	Hyd	voda
<i>Schistidium rivulare</i> (Bridel) Podpera	Sch riv	Hyd	voda
<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	Spi pol*	Hyd	voda
<i>Stratiotes aloides</i> L.	Str alo*	Hyd	voda
<i>Trapa natans</i> L.	Tra nat*	Hyd	voda
<i>Vallisneria spiralis</i> L.	Val spi*	Hyd	voda
<i>Zannichellia palustris</i> L.	Zan pal*	Hyd	voda
<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	Bol mar	Hel	voda
<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb.	Gly max*	Hel	voda
<i>Iris pseudacorus</i> L.	Iri pse*	Hel	voda
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	Phr aus*	Hel	voda
<i>Sparganium erectum</i> L.	Spa ere*	Hel	voda
<i>Typha angustifolia</i> L.	Typ ang*	Hel	voda
<i>Typha latifolia</i> L.	Typ lat*	Hel	voda
<i>Typha</i> sp.	Typ sp	Hel	voda
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	Ali pla	Amp	voda
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.	Bra rut	Amp	voda
<i>Bryum pseudotriquetrum</i> (Hedw.) P. Gaertn., B. Mey. & Scherb.	Bry pse	Amp	voda
<i>Bryum pseudotriquetrum</i> var. <i>bimum</i> (Schreb.) Lilj.	Bry pse var. bim	Amp	voda
<i>Caltha palustris</i> L.	Cal pal	Amp	voda
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult.	Ele aci*	Amp	voda
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	Equ flu*	Amp	voda
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.Br.	Gly flu*	Amp	voda
<i>Leskea polycarpa</i> Ehrh. ex Hedw.	Les pol	Amp	voda
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	Sch lac*	Amp	voda
<i>Schoenoplectus triquetter</i> (L.) Palla	Sch tri	Amp	voda
<i>Sparganium emersum</i> Rehmman	Spa eme*	Amp	voda
<i>Botrydium granulatum</i> (Linnaeus) Greville	Bot gra	Alge	voda
<i>Cladophora glomerata</i> (Linnaeus) Kützing	Cla glo*	Alge	voda
<i>Enteromorpha</i> sp.	Ent sp	Alge	voda
<i>Hildenbrandia rivularis</i> (Liebmann) J.Agardh	Hil riv	Alge	voda
<i>Hydrodictyon reticulatum</i> (Linnaeus) Bory de Saint-Vincent	Hyd ret	Alge	voda
<i>Oedogonium</i> spp.	Oed spp	Alge	voda
<i>Oscillatorietum</i>	Osc	Alge	voda
<i>Phormidium</i> spp.	Pho spp	Alge	voda
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère	Ple lae	Alge	voda
<i>Spyrogira</i> spp.	Spy spp	Alge	voda

<i>Thorea hispida</i> (Thore) Desvaux	Tho his	Alge	voda
Schistidium sp.	Sch sp	Moss	voda
<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Schimp.	Amb ser	Ch	voda
<i>Barbula convoluta</i> var. <i>commutata</i> (Jur.) Husn.	Bar con	Ch	voda
<i>Lindernia dubia</i> (L.) Pennell	Lin dub	Ch	voda
<i>Mnium marginatum</i> (Dicks. ex With.) P. Beauv.	Mni mar	Ch	voda
<i>Amblystegium humile</i> (P. Beauv.) Crundw.	Amb hum	Wr	voda
<i>Butomus umbellatus</i> L.	But umb*	Hel	voda/obala
<i>Fissidens exiguus</i> Sull.	Fis exi	Hyd	obala
<i>Platyhypnidium riparioides</i> (Hedw.) Dixon	Pla rip	Hyd	obala
<i>Fissidens crispus</i> Mont.	Fis cri	Hyd	obala
<i>Alopecurus geniculatus</i> L.	Alo gen*	Hel	obala
<i>Bidens radiata</i> Thuill.	Bid rad*	Hel	obala
<i>Bidens tripartita</i> L.	Bid tri*	Hel	obala
<i>Carex acuta</i> L.	Car acu*	Hel	obala
<i>Carex elata</i> All.	Car ela*	Hel	obala
<i>Carex riparia</i> Curtis	Car rip*	Hel	obala
<i>Cyperus fuscus</i> L.	Cyp fus*	Hel	obala
<i>Dichostylis micheliana</i> (L.) Nees	Dic mic*	Hel	obala
<i>Eleocharis ovata</i> (Roth) Roem. & Schult.	Ele ova	Hel	obala
<i>Epilobium hirsutum</i> L.	Epi hir	Hel	obala
<i>Juncus compressus</i> Jacq.	Jun com	Hel	obala
<i>Lycopus europaeus</i> L.	Lyc eur	Hel	obala
<i>Lythrum salicaria</i> L.	Lyt sal*	Hel	obala
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	Pha aru*	Hel	obala
<i>Polygonum lapatifolium</i> L.	Pol lap*	Hel	obala
<i>Rumex aquaticus</i> L.	Rum aqu	Hel	obala
<i>Rumex hydrolapathum</i> Huds.	Rum hyd	Hel	obala
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	Scu gal	Hel	obala
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	Agr gig	Amp	obala
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Agr sto*	Amp	obala
<i>Conocephalum conicum</i> (L.) Underw.	Con con	Amp	obala
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	Ele pal*	Amp	obala
<i>Eleocharis uniglumis</i> (Link) Schult.	Ele uni	Amp	obala
<i>Juncus articulatus</i> L.	Jun art	Amp	obala
<i>Marchantia polymorpha</i> L.	Mar pol	Amp	obala
<i>Mentha aquatica</i> L.	Men aqu*	Amp	obala
<i>Mentha pulegium</i> L.	Men pul*	Amp	obala
<i>Myosotis scorpioides</i> L.	Myo sco	Amp	obala
<i>Paspalum</i> sp.	Pas sp	Amp	obala
<i>Plagiomnium ellipticum</i> (Brid.) T.J. Kop.	Pla ell	Amp	obala
<i>Pohlia melanodon</i> (Brid.) A.J. Shaw	Poh mel	Amp	obala
<i>Pohlia wahlenbergii</i> (F. Weber & D. Mohr) A.L. Andrews	Poh wah	Amp	obala
<i>Polygonum hydroppiper</i> L.	Pol hid*	Amp	obala
<i>Polygonum mite</i> Schrank	Pol mit	Amp	obala
<i>Ranunculus repens</i> L.	Ran rep	Amp	obala
<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	Ran sce	Amp	obala
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Rap rap	Amp	obala
<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser	Ror amp*	Amp	obala
<i>Rorippa sylvestris</i> (L.) Besser	Ror syl	Amp	obala
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	Sag sag	Amp	obala
<i>Veronica anagalis-aquatica</i> L.	Ver ana	Amp	obala
<i>Asclepias syriaca</i> L.	Asc syr*	Wr	obala
<i>Riccia crystalina</i> L.	Ric cri*	Wr	obala
<i>Chenopodium rubrum</i> L.	Che rub*	Wr	obala

<i>Echinocistis lobata</i> (Michx.) Torr. & A. Gray	Ech lob*	Wr	obala
<i>Fallopia japonica</i> (Houtt.) Ronse Decr.	Fal jap*	Wr	obala
<i>Gnaphalium uliginosum</i> L.	Gna uli	Wr	obala
<i>Impatiens glandulifera</i> Royle	Imp gla*	Wr	obala
<i>Impatiens parviflora</i> DC.	Imp par*	Wr	obala
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Amb art*	Ch	obala
<i>Chenopodium album</i> L.	Che alb*	Ch	obala
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.Beauv.	Ech cru*	Ch	obala
<i>Solidago canadensis</i> L.	Sol can*	Ch	obala
<i>Xanthium strumarium</i> L.	Xan str*	Ch	obala

hyd – *Hydrophyta* - (submerzne i flotantne biljke); amp – *Amphiphyta* (amfibijske biljke); hel – *Helophyta* (emerzne biljke); wr – vrste vezane za vodena staništa; ch – nasumične vrste; alg – alge; moss – mahovine * vrste izdvojene u matrici edifikatora

3.2.1.1. Numerički pokazatelji makrofita

Za svaki transekt su izračunati numerički pokazatelji koji oslikavaju osnovne karakteristike makrofita duž transekata. Numeričke karakteristike makrofita po transektu izračunate su na osnovu matrice *Hydrophyta+Amphiphyta+Helophyta* tj. u obzir su uzete samo akvatične biljke s obzirom da su one bile fokus istraživanja u ovoj studiji. Za svaki transekt je izračunat: ukupan broj svih vrsta, broj vrsta makrofita, broj vrsta u vodi, broj vrsta na obali, broj *Hydrophyta*, broj *Amphiphyta*, broj *Helophyta*, broj *Spermatophyta*, broj *Bryophyta*, broj *Macroalgae*, broj submerznih, broj flotantnih i broj emerznih vrsta, broj ukorenjenih i broj neukorenjenih makrofita, broj pričvršćenih mahovina, broj pričvršćenih algi i broj flotantnih algi.

U CanoDraw 4.14. softveru, upotrebom *Export statistics* alata izračunati su:

a) Indeks diverziteta uzoraka (N2) (Hill, 1973)

N2 indeks diverziteta je jednak inverznoj vrednosti Simpsonovog indeksa koncentracije i može biti interpretiran kao broj “efektivnog pojavljivanja vrste” (ter Braak, 2002).

$$\text{Koncentracija} = \sum_{i=1}^q \frac{n_i (n_i - 1)}{n (n - 1)} = \frac{\sum_{i=1}^q (n_i - 1)}{n (n - 1)}$$

$$N2 \text{ diverzitet} = 1 - \text{Koncentracija} \text{ (Legendre\&Legendre, 1998)}$$

q – broj vrsta

n – broj individua

b) Indeks bogatstva vrsta u uzorcima (N1) (Hill, 1973)

N1 indeks diverziteta se proizilazi iz Shannon-ove entropije (H) (ter Braak, 2002).

$$H = - \sum_{i=1}^q p_i \log p_i$$

$$N1 = e^H \quad (\text{Legendre\&Legendre, 1998})$$

p_i – verovatnoća da vrednost pripada i stanju deskriptora

c) Ujednačenost zastupljenosti vrsta po snimku (N2/N1)

Ujednačenost vrsta predstavlja količnik Indeksa diverziteta uzoraka (N2) i Indeksa bogatstva vrsta u uzorcima (N1) (ter Braak, 2002).

d) Shannon-ov indeks diverziteta (H)

Shannon-ov indeks diverziteta se računa tako što se prvo izračuna suma vrednosti vrsta u uzorku (SUM). Nakon toga se računa H statistika na osnovu relativnog udela abundanci individualnih vrsta, i dobija vrednost p_j , nakon čega se izračunava i finalna H vrednost (ter Braak, 2002).

$$p_j = \frac{Y_j}{SUM}$$

$$H = - \sum_{i=1}^q p_i \log (p_i) \quad (\text{ter Braak, 2002})$$

$\log (x)$ – prirodni logaritam (osnova e)

p_i – verovatnoća da vrednost pripada i stanju deskriptora

3.2.1.2. Indeksi ekološkog statusa na osnovu makrofita

Za velike reke poput Dunava ne postoji standardan i univerzalni indeks ekološkog statusa na osnovu makrofita, te je ekološki status transekata izračunat na osnovu nekoliko postojećih indeksa koji se koriste u Evropi, a koji bi prema literaturi koja je konsultovana potencijalno mogli biti odgovarajući (Holmes, 1999; Schneider i sar., 2003; Haury i sar.,

2006; Schaumburg i sar., 2006; Lukács i sar., 2009; Kuhar i sar., 2011; UKTAG, 2013; Szoszkievicz i sar., 2020). Za svaki istraženi transekt izračunati su: Referentni indeks (DEU_RI) - Nemačka (Schaumburg i sar., 2006), Referentni indeks – Mađarska (HU_RI) (Lukács i sar., 2009), Indeks makrofita za reke (MIR) - Poljska (Szoszkievicz i sar., 2020), Trofički indeks na osnovu makrofita (TIM indeks) - Nemačka (Schneider i sar., 2003), Srednja trofička vrednost (MTR) - Velika Britanija (Holmes, 1999), Indeks trofičkog statusa reka na osnovu makrofita (RMNI) - Velika Britanija (UKTAG, 2013).

a) Referentni indeks (DEU_RI) - (Schaumburg i sar., 2006)

Nemački Referentni indeks se bazira na podacima o makrofitama prikupljenim u skladu sa metodom transekta po Kohler-u (1978), a ocene abundance vrsta se dodeljuju prema opisnoj petostepenoj skali (1-5). RI vrednost se izračunava na osnovu abundance submerznih vrsta i amfifita koje se nalaze potpuno pod vodom u trenutku uzorkovanja (Schaumburg i sar., 2006). Za potrebe računanja Referentnog indeksa nominalne ocene skale po Kohler-u se konvertuju u kvantitativne vrednosti podizanjem na treći stepen (Tabela 3.4).

Tabela 3.4. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju RI indeksa (Melzer 1988; Kohler & Janauer 1997)

Opisne ocene prema Kohler-ovoj skali	Konvertovana kvantitativna vrednost
1	1
2	8
3	27
4	64
5	125

Biljne vrste su na osnovu dosadašnjih studija i ekspertskog mišljenja autora metode podeljene u tri indikatorske grupe u skladu sa afinitetima ka određenim tipovima staništa: Grupa A: Vrste koje se u velikim količinama javljaju na referentnim ili njima bliskim staništima; Grupa B: Vrste koje se javljaju i na referentnim i na antropogeno izmenjenim staništima; Grupa C: Vrste koje se ne javljaju na referentnim ili njima bliskim staništima, dok su uglavnom dominantne na antropogeno izmenjenim staništima. Jedna vrsta može da pripada različitim grupama u zavisnosti od tipa vodotoka za koji se određuje ekološki status (Schaumburg i sar., 2006).

Prema tipologiji i regionalnoj pripadnosti reka u Nemačkoj prema Schaumburg i sar., (2006) Dunav spada u kategoriju MRK (reke centralno-nemačkog pogrđa i Alpa koje teku po krečnjačkoj kamenitoj i stenovitoj podlozi; *MRK - Calcareous rhithral running waters of the Central German Upland, the Alpine Foreland and the Alps*), međutim obzirom da većim delom svog toka po karakteristikama pripada kategoriji TNg (Velike reke severno-nemačkih nizija; *TNg - Large running waters of the North German Lowland*) ekološki status na osnovu makrofita izračunat prema formulama i smernicama za obe ove kategorije.

Formula za izračunavanje Referentnog indeksa za obe kategorije je:

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} Q_{Ai} - \sum_{i=1}^{n_C} Q_{Ci}}{\sum_{i=1}^{n_g} Q_{gi}} * 100$$

RI - Referentni indeks

Q_{Ai} , Q_{Ci} - Ocene abundanci vrsta u grupama A i C

Q_{gi} - Ocene abundanci vrsta u sve tri grupe (A+B+C)

n_a ; n_c - Broj vrsta u grupama A i C

n_g - Broj vrsta u sve tri grupe (A+B+C)

Na osnovu RI vrednosti računa se finalna ocena ekološkog statusa (M_{MP} - *Module Macrophyte Assessment*) istraživane deonice, koji se kreće u rasponu od 0 (najlošije) do 1 (najbolje):

$$M_{MP} = \{(RI + 100) * 0.5\} / 100$$

b) Referentni indeks (HU_RI) (Lukács i sar., 2009; Balázs i sar., 2015)

Mađarski Referentni indeks konstruisan je po ugledu na Nemački RI indeks iz 2006. godine (Schaumburg i sar., 2006; Meilinger i sar., 2005) sa ciljem usklađivanja metodologije sa zahtevima Okvirne direktive o vodama.

Indeks se bazira na podacima prikupljenim u skladu sa metodom transekta po Kohler-u (1978), a ocene abundance vrsta se dodeljuju prema opisnoj petostepenoj skali (1-5). RI vrednost se izračunava na osnovu abundance submerznih, flotantnih, emerznih akvatičnih vrsta, kao i amfibijskih vrsta zabeleženih u vodi i na delu obale koji se bar 30% vremena godišnje nalazi pod vodom (Lukács i sar., 2009). Za potrebe računanja indeksa nominalne

ocene skale po Kohler-u se konvertuju u kvantitativne srednje pokrovne vrednosti vrednosti skale prema Braun-Blanquet-u (Tabela 3.5).

Tabela 3.5. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju RI indeksa (Engloner, 2012)

Opisne ocene prema <i>Kohler</i> -ovoj skali	Srednja pokrovna vrednost prema <i>Braun-Blanquet</i> -u sa procentualnim udelom pokrovnosti transekta pojedinačnim vrstama
1	3 (0 <x ≤ 5%)
2	15 (5 <x ≤ 25%)
3	37.5 (25 <x ≤ 50%)
4	62.5 (50 <x ≤ 75%)
5	87.5 (75 <x ≤ 100%)

Makrofite su podeljene u tri indikatorske grupe u skladu sa afinitetima ka određenim tipovima staništa, na osnovu dosadašnjih studija i ekspertskeg mišljenja, ali i na osnovu kategorizacije prethodno ustanovljenih nemačkih, poljskih i austrijskih sistema: Grupa A: Vrste koje se u velikim količinama javljaju na referentnim ili njima bliskim staništima; Grupa B: Vrste koje se javljaju i na referentnim i na antropogeno izmenjenim staništima; Grupa C: Vrste koje se ne javljaju na referentnim ili njima bliskim staništima, dok su uglavnom dominantne na antropogeno izmenjenim staništima (Lukács i sar., 2009; Balázs i sar., 2015). Jedna vrsta može da pripada različitim grupama u zavisnosti od tipa vodotoka za koji se određuje ekološki status. Po tipologiji reka prema Lukacs i sar. (2015) za Dunav kao izuzetno veliku reku ne postoji podobna kategorija, te je RI vrednost izračunata prema kategorizaciji za najbliži postojeći tip - velike reke (LRw).

Formula za izračunavanje Referentnog indeksa za kategoriju LRw je:

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} Q_{Ai} - \sum_{i=1}^{n_C} Q_{Ci}}{\sum_{i=1}^{n_g} Q_{gi}}$$

RI - referentni indeks

Q_{Ai} , Q_{Ci} - Ocena abundance vrsta u grupama A i C

Q_{gi} - Ocene abundanci vrsta u sve tri grupe (A+B+C)

n_a ; n_c - broj vrsta u grupama A i C

n_g - broj vrsta u sve tri grupe (A+B+C)

Na osnovu RI vrednosti računa se finalna ocena ekološkog statusa (*EQR - Ecological Quality Ratio*) istraživane deonice, koji se kreće u rasponu od 0 (najlošije) do 1 (najbolje):

$$EQR = \{(RI + 100) * 0.5\} / 100$$

c) Indeks makrofita za reke (MIR) - (Szozkiewicz i sar., 2020)

Poljski MIR indeks predstavlja ocenu ekološkog statusa reka koji najbolje oslikava trofički status vode. Bazira se na podacima prikupljenim metodom transekta, dok se abundanca vrsta ocenjuje devetostepenom skalom prema Holmes i sar., 1999. Za potrebe izračunavanja indeksa koriste se podaci o submerznim, flotantnim, emerznim i amfibijskim makrofitama zabeleženim u vodi i duž obale u onom pojasu koji se 85% vremena godišnje nalazi pod vodom (Szozkiewicz i sar., 2020). Obzirom da je abundanca vrsta u JDS3 istraživanju ocenjivana petostepenom skalom po *Kohler*-u, koja se ne može direktno prevesti u ocene 1-9 skale po *Holmes*-u urađena je konverzija ocena na osnovu procentualnog udela (Tabela 3.6).

Tabela 3.6. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju MIR indeksa

Opisne ocene prema <i>Kohler</i> -ovoj skali	Konvertovane opisne ocene prema <i>Holmes</i> -ovoj skali sa procentualnim udelom pokrovnosti transekta pojedinačnim vrstama
1	1 (<0.1%)
2	2 (0.1-1%)
	3 (1-2.5%)
	4 (2.5-5%)
3 (<10%)	5 (5-10%)
	6 (10-25%)
4 (10-50%)	7 (25-50%)
	8 (50-75%)
5 (<50%)	9 (75-100%)

Svakoj indikatorskoj vrsti makrofita dodeljene su dve vrednosti: l -indikatorska vrednost vrste koja ukazuje na afinitet vrste kao vodi određenog trofičkog statusa (1-10) i w - korektivni faktor koji ukazuje na širinu ekološke valence vrste (1-generalisti do 3-specijalisti, Szozkiewicz i sar., 2020). Vrednosti MIR indeksa se kreću u rasponu od 10 (najlošije) do 100 (najbolje).

Formula za izračunavanje MIR indeksa:

$$MIR = \frac{\sum_{i=1}^N li \cdot wi \cdot pi}{\sum_{i=1}^N wi \cdot pi} \times 10$$

MIR - Macrophyte Index for Rivers

N - ukupan broj vrsta duž transekt

li - indikatorska vrednost vrste

wi - korektivni faktor širine ekološke valence

pi - abundanca vrste

d) Trofički indeks na osnovu makrofita - TIM indeks (Schneider *i sar.*, 2003)

Nemački TIM indeks je razvijen za potrebe utvrđivanja trofičkog statusa tekućih voda, na osnovu prisustva različitih vrsta makrofita na staništima sa različitom količinom rastvorenog reaktivnog orto-fosfata (*SRP - Soluble Reactive Phosphorus*) u vodi i sediment (Schneider *i sar.*, 2003). Bazira se na podacima o abundanci makrofita prikupljenih metodom transekt. Abundance vrsta se ocenjuju opisnom skalom po *Kohler*-u. Nominalne ocene skale po *Kohler*-u se za potrebe računanja indeksa transformišu u kvantitativne vrednosti podizanjem na treći stepen (Tabela 3.7).

Tabela 3.7. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju TIM indeksa (Melzer 1988; Kohler & Janauer 1997)

Opisne ocene prema <i>Kohler</i> -ovoj skali	Konvertovana kvantitativna vrednost
1	1
2	8
3	27
4	64
5	125

Svakoj indikatorskoj vrsti makrofita dodeljene su dve vrednosti: IV - indikatorska vrednost koja ukazuje afinitet vrste ka određenom tipu staništa i w - korektivni faktor koji ukazuje na širinu ekološke valence vrste (1-generalisti do 16-specijalisti) (Schneider *i sar.*, 2003). MTR vrednost se kreće u rasponu od 10 do 100, što je vrednost indeksa viša to je trofičnost vode niža. Vrednost TIM indeksa se kreće u rasponu od 1 - oligotrofne do 4 - politrofne vode.

TIM indeks se računa na osnovu sledeće formule:

$$TIM = \frac{\sum_{i=1}^n IV_a \cdot W_a \cdot Q_a}{\sum_{i=1}^n W_a \cdot Q_a}$$

TIM - Trofički indeks na osnovu makrofita
IV_a - indikatorska vrednost vrste
W_a - korektivni faktor širine ekološke valence vrste
Q_a - Kvantitativna ocena abundance vrste

e) Srednja trofička vrednost - MTR (Holmes, 1999)

MTR indeks (*Mean trophic rank*) je konstruisan za područje Velike Britanije sa ciljem utvrđivanja trofičkog statusa tekućih voda na osnovu makrofita. Podaci o makrofitama se prikupljaju metodom transekta, za svaku uočenu vrstu se beleži procenat površine transekta koju vrsta pokriva. Svakoj indikatorskoj vrsti dodeljena je trofička vrednost STR (eng. *Species Trophic Rank*) koja ukazuje na tolerantnost vrste ka povećanju trofičnosti staništa i varira od 1 (najveća) do 10 (najmanja). Prilikom izračunavanja MTR indeksa STR vrednost je korigovana sa procentualnom pokrovnosti vrste, odnosno SCV vrednosti (eng. *Species Cover Value*) (Holmes, 1999). Vrednosti indeksa su se kretale od 1 do 10, od oligotrofnih ka politrofnim uslovima.

Obzirom da je abundanca vrsta na *JDS3* istraživanju beležena petostepenom skalom po *Kohler*-u, za potrebe izračunavanja indeksa vrednosti su prema procentualnoj zastupljenosti konvertovane u SCV vrednosti (Tabela 3.8).

Tabela 3.8. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju MTR indeksa

Opisne ocene prema <i>Kohler</i> -ovoj skali	Opisne ocene prema <i>Holmes</i> -ovoj skali sa procentualnim udelom pokrovnosti transekta pojedinačnim vrstama
1	1 (<0.1%)
2	2 (0.1-1%)
	3 (1-2.5%)
	4 (2.5-5%)
3	5 (5-10%)
	6 (10-25%)
4	7 (25-50%)
	8 (50-75%)
5	9 (75-100%)

MTR indeks se računa prema formuli:

$$MTR = (\sum CVS : \sum SCV) \times 10$$

MTR - Srednja trofička vrednost

SCV - Procentualna zastupljenost vrste

CVS - Indeks zastupljenosti

f) Indeks trofičkog statusa reka na osnovu makrofita (*eng. River Macrophyte Nutrient Index – RMNI*) (UKTAG, 2013)

RMNI indeks konstituisan u Velikoj Britaniji odražava trofički status reka, bazira se na podacima prikupljenim metodom transeкта, pri čemu se abundanca vrsta ocenjuje devetostepenom skalom. Obzirom da je abundanca vrsta na JDS3 istraživanju beležena petostepenom skalom po *Kohler*-u, za potrebe izračunavanja indeksa vrednosti su prema procentualnoj zastupljenosti konvertovane u pokrovne vrednosti devetostepene skale (Tabela 3.9).

Tabela 3.9. Prikaz originalnih vrednosti u setu podataka abundance makrofita i vrednosti korištenih u računanju RMNI indeksa

Opisne ocene prema <i>Kohler</i> -ovoj skali	Opisne ocene prema devetostepenoj skali sa procentualnim udelom pokrovnosti transeкта pojedinačnim vrstama
1	1 (<0.1%)
2	2 (0.1-1%)
	3 (1-2.5%)
	4 (2.5-5%)
3	5 (5-10%)
	6 (10-25%)
4	7 (25-50%)
	8 (50-75%)
5	9 (75-100%)

Svakoј indikatorској vrsti dodeljena je RMNI vrednost koja varira od 1 do 10, u zavisnosti od afiniteta vrste ka staništima sa različitim trofičkim uslovima. Vrste sa višim RMNI vrednostima su one koje perferiraju i dominantne su u vodama sa velikom količinom nutrijenata.

Prilikom izračunavanja RMNI indeksa RMNI vrednost vrste je korigovana sa ocenom pokrovnosti vrste i računa računa na osnovu formule:

$$obsRMNI = \frac{\sum_{j=1}^n (R * C)}{\sum_{n=1}^n C}$$

RMNI - *River Macrophyte Nutrient Index*

R - RMNI vrednost vrste

C - Ocena abundance vrste

3.2.1.3. Ekološke karakteristike makrofita

Ekološke karakteristike makrofita (eng. *traits*) su preuzete iz online Baze podataka svojstava biljaka (eng. *Plant Trait Database*, TRY), (<https://www.try-db.org/TryWeb/Home.php>) (Kattge i sar., 2011; Kattge et al. 2012). TRY baza podataka predstavlja inicijativu predvođenu mrežom istraživača Buduća Planeta (eng. *Future Earth*) i Maks Plank (eng. *Max Planck*) instituta za biogeohemiju. U oktobru 2022. godine objavljena je šesta verzija baze u kojoj su pohranjene informacije o 2661 karakteristici za 6,24 miliona pojedinačnih biljaka, odnosno 305.000 biljnih taksona (TRY, 2023).

Tokom 2015. godine pregledane su 82 ekološke karakteristike makrofita u TRY bazi podataka. U obzir za dalju analizu uzete su samo one ekološke karakteristike za koje su u bazi postojale informacije za minimalno tri vrste iz JDS3 seta podataka. Informacije koje se odnose na istu osobinu vrste, a potiču iz više izvora u bazi podataka, su objedinjene i tretirane kao jedna ekološka karakteristika. U slučaju ekoloških karakteristika poput “načina vegetativnog razmnožavanja” gde su vrste mogle da pripadaju u više kategorija karakteri su konvertovani u numeričke vrednosti u smislu broja kategorija kojoj vrsta pripada.

Set podataka o ekološkim karakteristikama biljnih vrsta i njihovoj distribuciji duž istraživanih deonica toka reke Dunav uključivao je 28 ekoloških karakteristika sa 598 zapisa za 36 vrsta. Homogenost podataka finalnih matrica je postignuta grupisanjem ekoloških karakteristika u tri podkategorije koje su dalje pojedinačno analizirane: životna forma, način reprodukcije, afinitet ka fizičko-hemijskim uslovima staništa (Tabela 3.10).

Tabela 3.10. Lista ekoloških karakteristika makrofita koištenih u analizama

Spisak ekoloških karakteristika biljnih vrsta	
ŽIVOTNA FORMA	1. Broj životnih formi vrsta 2. Heterofilija lista 3. Sezonalnost vrste 4. Broj metamorfoza korena 5. Broj različitih organa za magacioniranje organske materije 6. Flotantni listovi 7. Brzina rasta biljke 8. Fenofaze razvoja biljke 9. Brzina raste nakon kosidbe 10. Broj načina propagacije 11. Broj tipova generativnih propagula 12. Mogućnost vegetativnog razmnožavanja 13. Vreme prvog cvetanja 14. Debljina propagula 15. Širina propagula
NAČIN REPRODUKCIJE	16. Broj reproduktivnih organa po vrsti 17. Vrste organa za vegetativno razmnožavanje 18. Uloga klonalnog rasta u širenju biljke 19. Klonalno širenje 20. Vegetativno razmnožavanje – postojanje fizičke veze između klonova 21. Vegetativno razmnožavanje – brzina širenja 22. Morfološke adaptacije: koren/rizom 23. Afinitet ka pH zemljišta 24. Tolerantnost ka CaCO ₃ 25. Tolerantnost ka suši 26. Tolerantnos ka plavljenju 27. Potrebe za nutrijentima 28. Tolerantnost ka zaslanjenju
AFINITET KA FIZIČKO-HEMIJSKIM USLOVIMA STANIŠTA	

Matrice ekoloških karkateritika vrsta su transformisane ponderisanjem pomoću relativne abundance vrsta koje je zabeležena tokom JDS3 ekspedicije prema formuli (Hill i sar., 2000):

$$SI_i = \frac{\sum_j C_{ij} \cdot N_j}{\sum_j C_{ij}}$$

Matrica makrofita prikazivala je prisustvo vrsta (i) duž transekata (j). Za svaki transekt skor ekoloških karakteristika (SI) izračunat je ponderisanjem vrednosti ekoloških karakteristika (N) pomoću relativne abundance vrste (C). Ovaj process je rezultiro sa tri nove matrice koje se sastoje od ponderisanih prosečnih skorova *trait-ova* po lokalitetu. U dalje analize su uključeni samo lokaliteti sa više od tri izračunata skora, kako bi se omogućilo homogeno tumačenje dobijenih rezultata.

3.2.2. Sredinski ekološki faktori

3.2.2.1. Fizičko-hemijski, hemijski i hidromorfološki parametri staništa

Podaci o fizičko-hemijskim, hemijskim i hidromorfološkim parametrima su izmereni ili zabeleženi na svakom od istraživanih lokaliteta tokom JDS3 ekspedicije preuzeti su iz odgovarajućih JDS3 baza podataka. Na svakom lokalitetu duž toka Dunava izvršeno je po jedno merenje za svaki sredinski faktor, te su ta merenja primenjena na sve transekte sa datog lokaliteta. Detaljan opis izmerenih fizičko-hemijskih, hemijskih i hidromorfoloških parametara, kao i metodologija prikupljanja podataka za svaki parametar se nalaze u finalnom naučnom izveštaju JDS3 ekspedicije (ICPDR, 2015), koji su preuzeti sa vebsajta istraživanja: <http://www.danubesurvey.org/jds3/results>.

Za utvrđivanje potencijalnih determinanti distribucije makrofita korištene su grupe sredninskih varijabli za koje je poznato ili se pretpostavlja da bi mogle da uslove razvoj akvatičnih biljaka. Sredinski ekološki faktori su izdvojeni u podgrupe prema vrsti, poreklu ili nameni (Prilog 1), tj izdvojeno je 19 fizičko-hemijskih parametara, 31 parametar o količinama herbicida i 23 hidromorfološka parametra staništa.

3.2.2.2. Način upotrebe zemljišta u priobalju

Podaci o načinu upotrebe zemljišta u priobalju (eng. *land use*), *CORINE land cover*, su preuzeti sa COPERNICUS platforme (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012?tab=download>). Klasifikacija upotrebe zemljišta na platformi urađena je hijerarhijski, na tri nivoa. Prvi nivo obuhvata sa pet osnovnih kategorija upotrebe zemljišta: Veštačke površine, Obradivo zemljište, Šume i prelazna prirodna staništa, Vlažna (močvarna) područja i Vodna tela. Drugi nivo klasifikacije je veće rezolucije i podrazumeva 15 podkategorija upotrebe zemljišta, a treći nivo 44 tipa upotrebe zemljišta (Tabela 3.11). Parametri CORINE načina upotrebe zemljišta u priobalju podrazumevaju tri pogrupe od po 38, 39 i 39 parametara.

Sa COPERNICUS platforme preuzet je *Corine Land Cover - ESRI FGDB 2012* lejer (eng. *layer*) u vektorskom *ESRI Geodatabase* formatu. U GIS softveru QGIS 3.10 (QGIS, 2020) je na osnovu referalnih tačaka (koordinata) istraživanja makrofita (ICPDR, 2015) za svaku deonicu zabeležen način upotrebe zemljišta u priobalju. Beležen je procentualni udeo svakog

tipa upotrebe zemljišta duž transekata na kojima su istraživane makrofite, ali duž jednog i pet kilometara uzvodno od svake deonice u pojasu širine 1km. Za svaki lokalitet su preuzete vrednosti na trećem, najdetaljnijem nivou klasifikacije i na osnovu njih izračunati procentualni udeli za više nivoe tj. podkategorije i kategorije. Za svaku od matrica makrofita je pojedinačno formatirana matrica načina upotrebe zemljišta, tako da se broj i redosled lokaliteta apsolutno poklapaju.

Tabela 3.11. *CORINE land cover* klasifikacija upotrebe zemljišta

Nivo 1	Nivo 2	Nivo 3
1. Veštačke površine	1.1 Urbane površine	1.1.1 Kontinuirane urbane površine 1.1.2 Nekontinuirane urbane površine
	1.2 Industrijske, komercijalne i transportne površine	1.2.1 Industrijsko zemljište 1.2.2 Putevi i železnice sa pripadajućim zemljištem 1.2.3 Luke 1.2.4 Aerodromi
	1.3 Rudnici, otpadi i gradilišta	1.3.1 Rudnici 1.3.2 Deponije 1.3.3 Gradilišta
	1.4 Veštačke zelene nepoljoprivredne površine	1.4.1 Urbane zelene površine 1.4.2 Sportska igralista i odmarališta
2. Obradivo zemljište	2.1 Usevi	2.1.1 Nemeliorisano obradivo zemlji 2.1.2 Meliorisano zemljište 2.1.3 Pirinčana polja
	2.2 Trajni zasadi	2.2.1 Vinogradi 2.2.2 Plantaže voća 2.2.3 Maslinjaci
	2.3 Pašnjaci	2.3.1 Pašnjaci
	2.4 Raznovrsna poljoprivredna područja	2.4.1 Mešoviti jednogodišnji i višegodišnji zasadi 2.4.2 Višekulturni poljoprivredni kompleksi 2.4.3 Zemljište primarno namenjeno poljoprivredi, sa značajnim procentom prirodne vegetacije 2.4.4 Šumska gazdinstva
3. Šume i žbunasta vegetacija staništa	3.1 Šume	3.1.1 Listopadne šume 3.1.2 Četinarske šume 3.1.3 Mešovite šume
	3.2 Žbunje i/ili zeljasta vegetacija	3.2.1 Livade 3.2.2 Vresišta 3.2.3 Sklerofitna vegetacija 3.2.4 Šipražje
	3.3 Otvorene površine sa malo ili bez vegetacije	3.3.1 Plaže, dine i peskare 3.3.2 Golo stenje 3.3.3 Površine sa sporadičnom vegetacijom 3.3.4 Zgarišta 3.3.5 Glečeri i večni sneg
4. Vlažna područja	4.1 Kontinentalna vlažna područja	4.1.1 Kontinentalne močvare 4.1.2 Tresetišta
	4.2 Priobalna vlažna područja	4.2.1 Slani ritovi i močvarne 4.2.2 Solane/Slatine 4.2.3 Platoi tokom oseke

3.2.3. Međusobni odnosi ekoloških faktora

Ispitivanje odnosa kolinearnosti ekoloških faktora na staništu može pomoći u utvrđivanju i razumevanju uzročno-posledičnih relacija u ekosistemima. Sa ciljem utvrđivanja postojanja kolinearnosti nad matricom ekoloških faktora urađena je u zavisnosti od rezultata testova normalnosti (Shapiro-Wilk test) analiza kolinearnosti pomoću Spermanovog (*Spearman*) i Pirsonovog (*Pearson*) koeficijenta korelacije. Ukoliko je apsolutna vrednost korelacije između dve varijable bila veća od 0.6 smatrano je da između varijabli postoji jaka korelacija (Evans, 1996).

3.2.4. Odnosi između makrofita i sredinskih faktora staništa

Sa ciljem utvrđivanja relacija i potencijalnih užročno-posledičnih veza između distribucije makrofita i sredinskih faktora primenjen je set multivarijantnih analiza pomoću kojih su istražene relacije strukture makrofitske vegetacije i sredinskih faktora kao i relacije između numeričkih pokazatelja makrofita i sredinskih faktora. Matrice su formatirane tako da su u analize ušli samo oni transekti za koje su postojali i podaci o makrofitama i o sredinskim parametrima (fizičko-hemijski, hemijski parametri vode, hidromorfološki parametri, način upotrebe zemljišta). Lokaliteti istraženi na ušćima glavnih pritoka su izuzeti iz analiza s' obzirom da za date lokalitete nisu postojali hidromorfološki parametri.

3.2.4.1. Odnosi između strukture makrofitske vegetacije i sredinskih faktora staništa

Sa ciljem utvrđivanja distribucije podataka i odabira podobnih ordinacionih analiza na svaku od izdvojenih matrica abundance vrsta i matrica ekoloških karakteristika vrsta primenjena je detrendovana korespondentna analiza (eng. *Detrended correspondence analysis, DCA*) (Jusik i sar., 2015) u programskom paketu CANOCO 4.5. (ter Braak i Šmilauer, 2002). Unimodalna DCA analiza je indirektna ordinaciona metoda koja vrši orijentaciju vrsta na dijagramu na osnovu Hi-kvadrat distance (Milošević i sar., 2023). Dužina gradijenta prve ordinacione ose u detrendovanoj korespondentnoj analizi predstavlja meru beta diverziteta u zajednici, izražava se u jedinicama standardne devijacije od prosečne širine krive raspodele vrsta duž ose (Milošević i sar., 2023) i upućuje na distribuciju podataka i set adekvatnih analiza koje se na iste mogu primeniti. Dužina gradijenta DCA ose veća od tri,

odnosno četiri upućuje na normalnu distribuciju podataka i adekvatnost upotrebe unimodalnih multivarijantnih analiza (ter Braak i Šmilauer, 2002; Jusik i sar., 2015, Milošević i sar., 2023). DCA analize matrica abundance vrsta aplicirana je na standardizovanim podacima (x^3). Konverzija podataka prikupljenih upotrebom petostepene Kohler-ove skale podizanjem vrednosti na treći stepen (x^3) na odovarajući način opisuje realnu količinu submerznih makrofita (Melzer 1988; Kohler & Janauer 1997).

Relacije strukture makrofitske vegetacije (abundanci vrsta) sa sredinskim faktorima duž istraživanih deonica testirane su upotrebom kanonijske korespondentne analize (eng. *Canonical Correspondence Analysis*, CCA) u programskom paketu CANOCO 4.5. (ter Braak i Šmilauer, 2002). CCA analiza predstavlja ordinacionu metodu koja je razvijena upravo sa ciljem utvrđivanja relacija sredinskih faktora sa matricom abundanci istraživanih vrsta (ter Braak, 1986). Kao direktna ordinaciona analiza ona istovremeno vrši analizu i ordinaciju podataka o životnim zajednicama kao zavisnih varijabli i sredinskih faktora kao nezavisnih varijabli (Milošević i sar., 2023). CCA zahteva unimodalnu distribuciju podataka u setu zavisnih varijabli tj. podataka o abundanci vrsta (Milošević i sar., 2023). CCA analiza je primenjena na četiri nivoa rezolucije podataka o akvatičnoj vegetaciji: sve tri grupe *Hydrophyta+Amphiphyta+Helophyta*, dve grupe *Hydrophyta+Helophyta*, samo *Hidrophyta*, kao i set indikatorskih vrsta akvatične vegetacije tzv. edifikatora biljnih zajednica.

Prilikom odabira multivarijantnih analiza potrebno je obratiti pažnju na odnos broja uzoraka (lokaliteta) i nezavisnih (sredinskih) varijabli koji za većinu analiza treba da bude minimum 1:10 da bi se postigli relevantni rezultati i postigao optimum analize (Feld i sar., 2016). S' obzirom da je broj od 189 sredinskih varijabli (Prilog 1) u setu podataka nesrazmerno velik u odnosu na broj uzoraka, 237 do 312 lokaliteta u zavisnosti od matrice, bilo je potrebno optimizovati analizu. Set podataka sredinskih varijabli je podeljen na 6 podgrupa koje su kao takve testirane pojedinačno. Podgrupe su činili fizičko-hemijski parametri vode, hemijski parametri (količine herbicida), CORINE podaci o načinu upotrebe zemljišta u priobalju i hidromorfološki podaci. Za svaku matricu makrofita izveden je niz sukcesivnih CCA analiza sa primenom prethodne selekcije (eng. *forward selection*) u kojima su redom isključivane varijable sa nezadovoljavajućom signifikantnosti i velikim stepenom inflacije (VIF faktor) sve dok u svakoj grupi ekoloških faktora nisu preostale samo signifikantne varijable koje su zadovoljavale postavljene uslove: stepen inflacije $VIF < 7$,

$p < 0.05$ (Feld i sar., 2016). Sa ciljem utvrđivanja signifikantnosti relacija između strukture makrofitske vegetacije i sredinskih faktora tokom analiza sproveden je Monte Karlo (eng. *Monte Carlo*) test, procenom značaja svih sopstvenih vrednosti (eng. *eigenvalues*) pojedinačnih faktora sa 499 ponavljanja i graničnom signifikantnoti - $p \leq 0.05$ (Szoszkievicz i sar., 2020). Na ovaj način u svakoj od podgrupa izdvojene su samo signifikante varijable. Iz seta signifikantnih varijabli dalje su izdvojene samo one najrelevantnije, koje su imale LambdaA vrednost veću ili jednaku 0.2 (Lepš and Šmilauer, 2003). Finalne CCA analize su izvedene grupisanjem svih signifikantnih i relevantnih varijabli iz preliminarnih analiza, na taj način izdvajajući grupu najvažnijih determinantni sredinskih faktora za distribuciju makrofita duž Dunava. U analizama su korištene transformisane vrednosti abundance makrofita podizanjem vrednosti na kub (x^3). Vrednosti sredinskih varijabli su pre analize standardizovane upotrebom alata *standardize* u softveru STATISTICA (verzija 14.0.0.15.) kako bi se izbegle greške u analizi i dobijanje nevalidnih rezultata usled različitih rangova izmerenih vrednosti, kao i jedinica mere.

Relacije distribucije ekoloških karakteristika biljanih vrsta sredinskim faktorima testirane su upotrebom redundantne analize (eng. *Redundancy Analysis*, RDA). RDA analize se zasnivaju na principu višestrukih linearnih analiza regresije pojedinačnih vrsta u zajednici sa jednom ili većim brojem sredinskih varijabli (Milošević i sar., 2023). Tako se varijabilnost strukture biocenoze ogleda kroz odgovore vrsta na gradijent sredinskih faktora (Milošević i sar., 2023). Rezultat analize predstavljaju karakteristične vrednosti pomoću kojih se računa procenat objašnjene varijabilnosti u strukturi biocenoze (Milošević, 2023). Za svaku podgrupu ekoloških karakteristika i sredinskih varijabli urađen je niz sukcesivnih RDA analiza. RDA analize su izvedene sa prethodnom selekcijom centralizovanjem i standardizacijom vrednosti zavisnih varijabli (Milošević i sar., 2023). Za svaku podgrupu nezavisnih varijabli pojedinačno je izdvojen set signifikantnih ($p \leq 0.05$) i relevantnih ($\text{LambdaA} \geq 0.02$) sredinskih faktora (Lepš and Šmilauer, 2003) sa niskom kolinearnosti ($\text{VIFs} < 7$) (Feld i sar., 2016). Finalne RDA analize su izvršene grupisanjem svih signifikantnih i relevantnih varijabli iz preliminarnih analiza, na taj način izdvajajući grupu najvažnijih sredinskih determinantni za svaku grupu ekoloških karakteristika vrsta duž Dunava. Isto kao i u CCA analizama tokom analiza sproveden je Monte Karlo (eng. *Monte Carlo*) test, procenom značaja svih sopstvenih vrednosti (eng. *eigenvalues*) pojedinačnih faktora sa 499

permutacija i $p \leq 0.05$ sa ciljem utvrđivanja signifikantnosti relacija između strukture makrofitske vegetacije i sredinskih faktora.

3.2.4.2. Odnosi između numeričkih pokazatelja makrofita i sredinskih faktora staništa

Relacije između numeričkih pokazatelja makrofita i sredinskih faktora utvrđene su upotrebom algoritama mašinskog učenja „Nasumične šume“ eng. *Random Forest* (RF) i „Stabala poboljšane regresije“ eng. *Boosted Regression Trees* (BRT) (Feld, i sar, 2016). Obe analize mogu da obrađuju binarne, ordinalne i i kontinuirane nezavisne varijable u istoj analizi, mogu da prilagode kolinearne podatke, operišu sa nelinearnim varijablama sa nedostajućim vrednostima i identifikuju interakcije između deskriptora (Elith i sar., 2008; Feld i sar., 2016). Pri tom rad ovih analiza ne ometa postojanje outlier eng. *outlier* vrednosti (ekstremno velika odstupanja u merenjima) u varijablama (Elith i sar., 2008). Sve navedene karakteristike ih čine pogodnim za analiziranje numeričnih parametara makrofita setom različitih tipova i vrsta sredinskih parametara. Analize se zasnivaju na principu stabala odlučivanja (*decision trees*). Algoritam za svako stablo odlučivanja iz trening seta podataka izdvaja subset određenog broja varijabli i uzoraka i na osnovu njih uči i utvrđuje relacije između nezavisnih i zavisnih varijabli (Elith i sar., 2008). Finalni zaključci se izvode na osnovu “najvećeg broja glasova” tj. rezultata do kog je došao najveći broj stabala (Rommel i sar., 2022). Osnovna razlika između dva pristupa se ogleda u tome što prilikom selekcije podseta za svako novo stablo obučavanja u RF analizi svaki uzorak ima istu šansu odabira u podskup za treniranje, dok u BRT analizi oni uzorci koji su u prethodnim iteracijama bili obuhvaćeni, ali ih je algoritam loše izmodelovao imaju veću verovatnoću da ponovo budu uključeni u obučavajući podskup (De'Ath, 2007). Ovo omogućava da svako novo stablo odlučivanja prilikom procesa odlučivanja uzima u obzir greške prethodnog stabla i na taj način ga uspešnije modeluje (Elith i sar., 2008). Vrednosti numeričkih pokazatelja makrofita su korištene u svom originalnom obliku, dok su sredinske varijable (fizičko-hemijskih i hemijski parametri vode, hidromorfoloških parametara staništa, način upotrebe zemljišta u priobalju) standardizovane u softveru STATISTICA 14.0.0.15. i korištene kao takve. Isto kao i u analizama relacije sredinskih varijabli i strukture makrofitske vegetacije duž Dunava set podataka sredinskih varijabli je izdvojen na 6 podgrupa prema grupi hemijskih jedinjenja kojoj pripada ili grupi karakteristika staništa.

S' obzirom da je preliminarna analiza kolinearnosti ukazala na mogućnost postojanja multikolinearnosti u setu nezavisnih varijabli pre RF i BRT analiza, iz podseta su uklonjene varijable koje su imale koeficijent korelacije 1 (po jedna varijabla iz svakog para). Nakon toga su iz seta podataka uklonjene sve one varijable koje su imale jaku korelaciju (>0.6) sa više od pet drugih varijabli. U okviru svake podgrupe izračunat je i VIF faktor za svaku varijablu. Varijable sa VIF faktorom većim od 7 nisu ulazile u RF i BRT analize. Analize su urađene pomoću *collinearity* i *vifstep* funkcija u R okruženju, (usdm paket, Naimi i sar., 2014) (R Core Team, 2021) upotrebom R studio grafičkog interfejsa (RStudio Team, 2020). RF analize su formirane tako što je maksimalan broj stabala (eng. *ntree*), podešen na 2000, s obzirom da je u preliminarnim analizama utvrđena stabilizacija stope OBB greške nakon 1000-1500 stabala. Za svaku podgrupu je pojedinačno određen broj varijabli koje se nasumično biraju kao kandidati (eng. *mtry*) pri svakom razdvajanju tako što je ukupan broj nezavisnih varijabli podeljen sa tri (Feld i sar., 2016). Za svaku analizu utvrđena je OOB greška (eng. *Out-of-bag Error Rate*), pomoću *gg_error* funkcije *ggRandomForests* paketa. Pomoću *gg_vimp* funkcije istog paketa je utvrđena signifikantnost svake varijable u analizi. Koristeći *max.subtree* funkciju *randomForestSRC* paketa izdvojene su varijable koje grade stabla sa najvišom vrednosti u „šumi“, kao i najrelevantnije varijable u podsetu (eng. *topvars*) (Feld i sar., 2016). BRT analize su na osnovu preliminarnih analiza podešeni na 5000, međutim prilikom finalnih analiza broj stabala je kod nekih podgrupa podignut na 10000 stabala. Stopa učenja je podešena na veoma nisku vrednost od 0.005, kako bi algoritam učio što sporije i samim tim bio robusniji i efikasniji. Za obuku algoritma korišćeno je 67% podataka (Feld i sar., 2016). Za svaku analizu prikazana je relativna važnost nezavisnih varijabli (eng. *contributions*).

Kako reka Dunav sa svojih 2,850 km spuštajući se sa preko 1000 m nadmorske visine planine Švarcvald do Delte u Rumuniji koja se nalazi na ili čak ispod nivoa mora reka Dunav nekoliko puta menja tipologiju koja se reflektuje postojenjem prirodne smene tipova i karakteristika makrofita u samoj reci. Kako bi u analize uključili prirodne gradijente koji se duž toka reke pojavljuju (Feld i sar., 2016) u svaku analizu je uključena varijabla „rečnog kilometra, RKM“ lokaliteta, te je ona služila kao referentna mera za signifikantnost i relevantnost ostatka sredinskih varijabli.

3.3 Tehnologija bespilotnih letelica i aerofotografije u ekologiji i monitoringu makrofita

3.3.1 Terensko istraživanje makrofita

Istraživanje makrofita vršeno je standardnim terenskim metodama za odabrane tipove staništa.

Akvatična vegetacija duž glavnog toka reke Dunav istraživana je metodom transekta u skladu sa evropskim standardom "Uputstvo za ispitivanje vodenih makrofita u tekućim vodama" (*Guidance for the surveying of aquatic macrophytes in running waters*) EN 14184 (CEN, 2014) i metodologijom primenjenom u istraživanju makrofita tokom JDS ekspedicija (ICPDR, 2008; ICPDR 2015; ICPDR, 2021). Urađena je evaluacija deonica dužine 1km osmatranjem sa čamca ili iz vode u zavisnosti od uslova na terenu. Duž svakog transekta urađena su minimum dva protokolom predviđena zaustavljanja (na 200 i 700m) zarad detaljnog istraživanja makrofita. Svaka vrsta koja je uočena u vodi je zabeležena, dodeljena joj ocena zastupljenosti duž transekta prema Kohler-ovoj (Kohler, 1978) petostepenoj skali (Tabela 3.12) i određena životna forma u kojoj je uočena: hidrofita - submerzna ukorenjena/neukorenjena, flotantna ukorenjena/neukorenjena, helofita - emerzna ili amfifita (ICPDR, 2021). Detaljno ispitivanje vršeno je metodom uzorkovanja makrofita četvorokrakim grabilom (mačkom) ili rukom (Slike 3.11 i 3.12).



Slika 3.11. Uzorkovanje makrofita mačkom



Slika 3.12. Uzorkovanje makrofita rukom

Duž transekata su urađena dodatna zaustavljanja svaki put kada je bila primećena floristička i/ili strukturna promena vegetacije (Slika 3.13). Prilikom svakog dodatnog zaustavljanja makrofite su popisane metodom probnih površina (plota) površine do 30m².



Slika 3.13. Generalna šema uzorkovanja makrofita prikazana na deonici Slatina – Dunav glavnog toka Dunava dužine 1km sa belim oznakama koje ukazuju na početak i kraj transekta, zelenim oznakama koje ukazuju na mesta obaveznog zaustavljanja radi detaljnog istraživanja makrofita prema JDS protokolu i kružnim oznakama koje ukazuju na potencijalna dodatna zaustavljanja i popisivanje makrofita metodom plotova

Istraživanje makrofita stajaćih vodnih tela u plavnoj zoni Dunava urađeno je istom metodom probnih površina (plotova). Vrste zabeležene na plotovima su kvantifikovane DAFOR skalom: 1 (*Rare-retka*), 2 (*Occasional-sporadična*), 3 (*Frequent-učestala*), 4 (*Abundant-česta*), 5 (*Dominant-dominantna*) i određena im je životna forma prema MIDCC (eng. *Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment*) protokolu. Strategija popisivanja makrofita stajaćih vodnih tela podrazumevala je evaluaciju bar jednog plotova u svakom tipu biljnih sastojina koje se u jezeru ili bari formiraju. Početak i kraj svake deonice, kao i pozicija svakog plotova je zabeležena pomoću GPS uređaja. U slučaju velikih uniformnih sastojina zabeleženo je po nekoliko sukcesivnih plotova kako bi se poboljšala interpretacija fotogrametrijskih proizvoda.

3.3.2. Snimanje makrofita bespilotnim letelicama

Odabrane deonice glavnog toka i akvatična staništa plavne zone reke Dunav su snimljene iz vazduha bespilotnim letelicama. Korištene su dve vrste bespilotnih letelica: i) dronovi tipa kopter (eng. *quadcopter*) sa RGB kamerama (modeli: *Inspire 1* - X3-FC350: 2017. i 2018.; *Phantom 4* - FC330: 2019. godine; *Phantom 4 PRO* - FC6310S: 2020. godine) ii) dron tipa krila (eng. *fixed-winged*) sa RGB i multispektralnom (MSP) kamerom (model: *eBee Sensefly* - šestokanalna multispektralna kamera *Parrot Sequoia* i *RGB AgEagle S.O.D.A.* kamera) (Slika 3.14).

Dronovi tipa koptera su korišteni za potrebe prikupljanja fotografija makrofita malih vodnih tela u plavnoj zoni reke (Tabela 3.12). Ovakav tip letelice se zbog svojih karakteristika - vertikalnog uzletanja i sletanja i lakog manevrisanja i upravljanja preporučuje za snimanje manjih površina. U slučaju kompleksnih, teško dostupnih i obraslih staništa kao što su to plavne riparijalne zone velikih reka ove osobine predstavljaju imperativ za efikasno prikupljanje podataka. Trokanalne RGB kamere X3-FC350 i FC330 imaju senzore od 12Mpx, dok FC6310S ima 20Mpx. Sve tri kamere predstavljaju RGB kamere namenjene za široku upotrebu kako fotografisanja tako i snimanja i predstavljaju originalna rešenja proizvođača (DJI) za tipove letelica koji ih nose.

Deonice glavnog toka i bočnih vodnih tela reke su snimane dronom tipa krila (Tabela 3.12), koje se zbog svoje brzine i autonomnosti letenja preporučuju u prikupljanju podataka na dugim maršutnim istraživanjima. Fotografije su prikupljane profesionalnim namenskim RGB i MSP kamerama. RGB *S.O.D.A* kamera sa 1" - 20Mpx senzorom je prva kamera dizajnirana specijalno za profesionalnu fotogrametriju dronom. Njena osnovna namena je prikupljanje oštih i jasnih ortogonalnih fotografija u varijabilnim svetlosnim uslovima za izradu detaljnih ortomozaika i 3D digitalnih modela površine (*AgEagle*). Multispektralna kamera *Parrot Sequoia* snima fotografije u četiri uska spektralna opsega (kanala) koristeći monohromatske senzore od 1.2 Mpx sa centrima u zelenom (550nm), crvenom (660nm) i bliskom-infracrvenom (790nm) talasnom regionu sa propusnim opsegom od 40nm i ivičnom-crvenom regionu (735nm) sa propusnim opsegom od 10nm. *Parrot Sequoia* kamera takođe snima i standardne RGB fotografije pomoću senzora od 16 Mpx (*Sensefly*) (Chabot i sar., 2018).

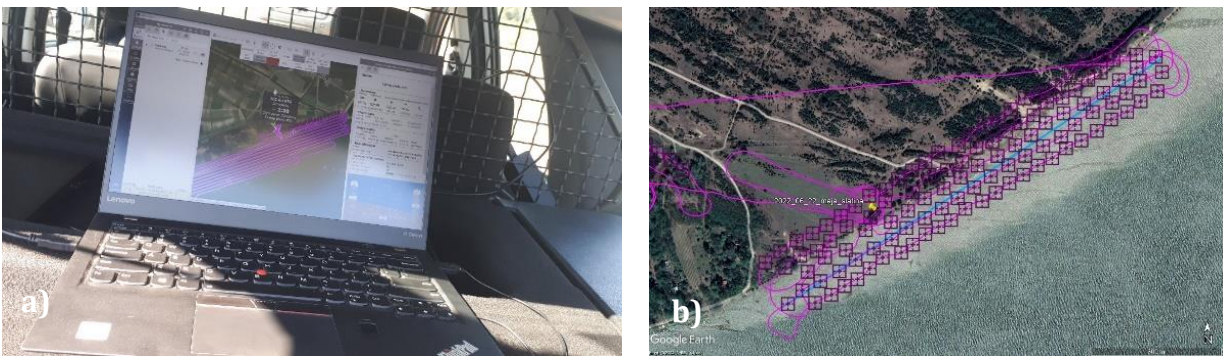
Aerofotografije su za svako vodno telo prikupljane pomoću pojedinačnih letova, osim za deonice glavnog toka Dunava gde su na svakog deonici izvedena dva jednaka sukcesivna leta, po jedan za potrebe prikupljanja RGB i MSP snimaka, obzirom da su bile korištene dve vrste kamera, a da je letelica mogla da ponese samo jednu tokom svakog leta (Benjamin i sar., 2021; Oldeland i sar., 2021; van Iersel i sar., 2018; Lishawa i sar., 2017).



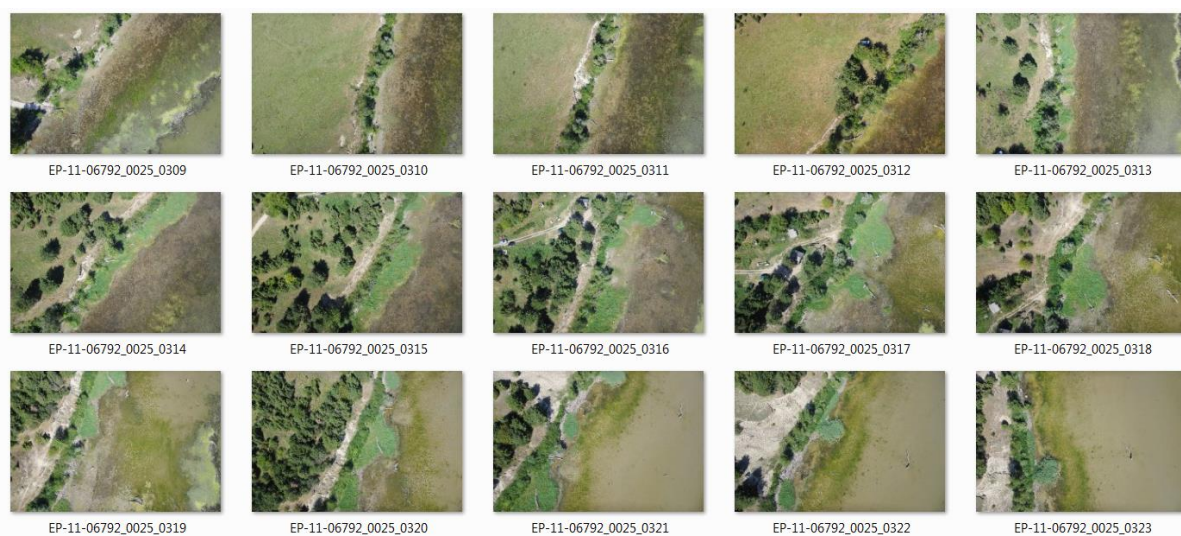
Slika 3.14. Različite vrste bespilotnih letelica korištene za prikupljanje aerofotografija makrofita:
a) *Inspire 1*, b) *Phantom 4*, c) *Phantom 4 PRO*, d) *eBee Sensefly*

RGB fotografije su zabeležene u JPEG formatu i kao takve dalje procesuirane. Prilikom snimanja su automatski geotagovane, zabeležena je geografska širina i dužina, kao i visina na kojoj je fotografija snimljena. Zabeležena geolokacija predstavlja centralnu koordinatu fotografije, odnosno poziciju kamere u trenutku fotografisanja. Digitalni bojevi pojedinačnih piksela predstavljaju količine svetlosti tj. nivoe osvetljenja koje je kamera beleži u svakom delu spektra sunčevog zračenja. MSP fotografije su zabeležene u TIFF formatu i nisu automatski geotagovane, već je tokom leta u posebnim .bb3 fajlovima drona i upravljačkog (eMotion) softvera beležena lokacija svake snimljene fotografije.

Prikupljanje fotografija je vršeno sa različitih visina, od 15 do 220m, u zavisnosti od fizičkih karakteristika okolnog terena, veličine i oblika vodnog tela. Visina leta podešavana je tako da finalna rezolucija fotogrametrijskih proizvoda bude 0.02-0.03 m²/pix s' obzirom da bi takva rezolucija omogućila izdvajanje i prepoznavanje pojedinačnih individua većine vrsta makrofita, osim sitnih akropleustofita (*Salvinia sp*, *Lemna sp*, *Spirodela sp*). U slučaju snimanja većih rukavaca, bara ili rečnih deonica, gde je postojala bojazan da jedna baterija neće biti dovoljna da podrži kompletan let visina leta je podizana iznad 100m. U obrnutim situacijama kada su vodna tela bila izuzetno malih dimenzija visina leta je spuštana ispod 40m kako bi bio postignut što viši kvalitet fotogrametrijskih produkata. Letovi su izvedeni u optimalnim svetlosnim uslovima vedrog neba tokom sunčanih dana ili u uslovima blage oblačnosti u periodima sa konstantnim i ujednačenim svetlosnim uslovima. Jačina vetra je tokom svih letova bila optimalna tj. vetar je duvao slabije od maksimalnih dozvoljenih brzina prema tehničkim specifikacijama letelica. Letelice tipa koptera su na svakom lokalitetu, svake sezone pilotirane ručno od strane istog iskusnog pilota. Letelica tipa krila je letela pomoću autopilota prema unapred zadatoj putanji, obzirom da ovakav tip letelice zahteva ovakav pristup letenju (Slika 3.15). Prilikom prikupljanja fotografija minimalni bočni i uzdužni preklopi susednih fotografija su bili 60% uzdužnog i 30% bočnog preklopa (Slika 3.16). Kamere su snimale pod uglom od 90° (nadir) tj. upravno u odnosu na površinu Zemlje.



Slika 3.15. a) Računar pomoću kog se kreira, formatira i pokreće letачka misija prilikom prikupljanja aerofotografija ronom tipa krila b) planirane prikupljanja fotografija



Slika 3.16. Sukcesivne ortogonalne aerofotografije prikupljene pomoću letelice tipa krila

Tabela 3.12. Spisak lokaliteta na kojima je izvršeno mapiranje makrofita pomoću bespilotnih letelica, godina u kojoj je lokalitet istražen sa tipom fotografije koja je snimana, modelom letelice i kamere, kao i informacijama o načinu terenskog istraživanja makrofita

Lokalitet	x koordinata	y koordinata	Godina	Naziv bespilotne letelice	Kamera	RGB fotografije	Multispektralne fotografije	Metod plota ^a	Metod transekt ^a
Arkanj	20.0667	45.1921	2017	Inspire 1	FC350	*	*		
Šlajz 2	20.0158	45.2058	2017	Inspire 1	FC350	*	*		
Šlajz 1	20.0199	45.2073	2017	Inspire 1	FC350	*	*		
Arkanj	20.0667	45.1921	2018	Inspire 1	FC350	*	*		
Šlajz 2 desno	20.0158	45.2058	2018	Inspire 1	FC350	*	*		
Agla	19.9472	45.2144	2018	Inspire 1	FC350	*	*		
Patrijaršijska Tonja	19.9357	45.2341	2018	Inspire 1	FC350	*	*		
Velika Tonja	20.0132	45.1846	2018	Inspire 1	FC350	*	*		
Patrijaršijska Tonja	19.9357	45.2341	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Petrovaradinski dunavac	19.8938	45.2527	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Rupa	19.9558	45.2041	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Rupa pod nasipom	19.9686	45.2077	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Šlajz 1	20.0199	45.2073	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Šlajz 2	20.0158	45.2058	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Šlajz 3	20.0161	45.2088	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Tikvara	20.0342	45.2104	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Karlovački dunavac	19.9278	45.2134	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Velika Tonja	20.0132	45.1846	2019	Phantom 4	FC330	*	*		

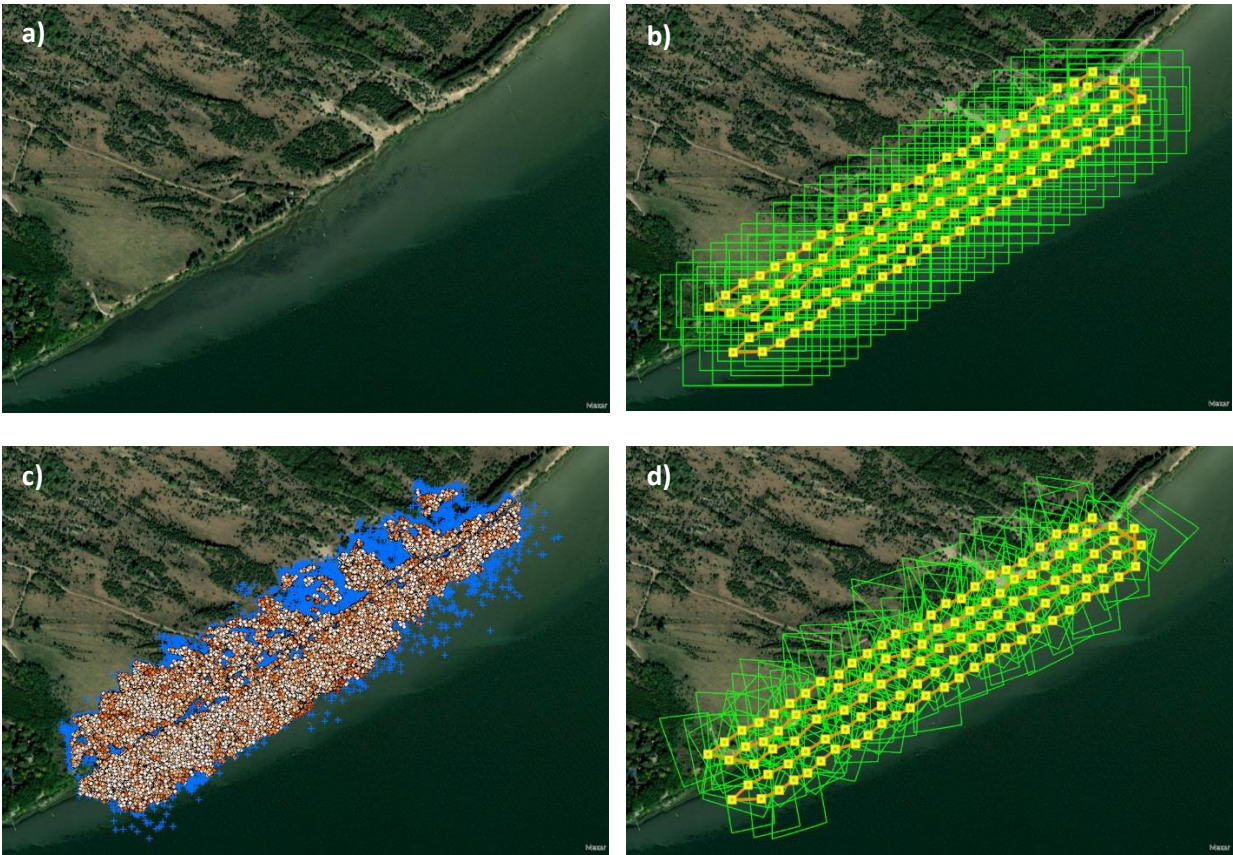
Lokalitet	x koordinata	y koordinata	Godina	Naziv bespilotne letelice	Kamera	RGB fotografije	Multispektalne fotografije	Metod plota ^a	Metod transekt ^a
Arkanj	20.0667	45.1921	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Doktor pumpa	19.1225	45.3132	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Hašaški dunavac	19.1336	45.2908	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Begečka jama	19.6018	45.2226	2019	Phantom 4	FC330	*	*		
Agla	19.9472	45.2144	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Arkanj	20.0667	45.1921	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Bara 3 mosta	18.9608	45.5575	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Begečka jama	19.6018	45.2226	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Doktor pumpa	19.1225	45.3132	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Hašaški dunavac	19.1336	45.2908	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Markova bara	18.9187	45.5935	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Osmica	18.9170	45.5905	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Patrijaršijska Tonja	19.9357	45.2341	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Petrovaradinski dunavac	19.8938	45.2527	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Rupa	19.9558	45.2041	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Rupa pod nasipom	19.9686	45.2077	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Šlajz 1	20.0199	45.2073	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Šlajz 2	20.0158	45.2058	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Šlajz 3	20.0161	45.2088	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Tošina bara	18.9116	45.5782	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Tuškoš	19.0624	45.5447	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	*	*		
Slatina_Dunav	21.2485	44.7950	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	*	*		
Slatina_Bara	21.2382	44.7970	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	*	*	*	
LabudovoOkno	21.3032	44.8419	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	*	*	*	
Dubovac_A	21.1969	44.7815	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	*	*	*	
Dubovac_B	21.2075	44.7855	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	*	*	*	
Pančevo	20.6380	44.8066	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	*	*	*	
Slatina_Dunav	21.2485	44.7950	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia		*	*	*
Slatina_Bara	21.2382	44.7970	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia		*	*	*
LabudovoOkno	21.3032	44.8419	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia		*	*	*
Dubovac_A	21.1969	44.7815	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia		*	*	*
Dubovac_B	21.2075	44.7855	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia		*	*	*
Pančevo	20.6380	44.8066	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia		*	*	*

^a Tip metode koja je korištena prilikom standardnog terenskog istraživanja makrofita.

3.3.3 Izrada ortomozaika

3.3.3.1. RGB ortomozaici

RGB ortomozaici su kreirani upotrebom softvera ArcGIS Pro 2.6.0, a proces izrade je obuhvatao dve faze. Prva faza podrazmevala je unos i geometrijsku korekciju fotografija. Unos fotografija je izvršen kreiranjem kolekcije fotografija i njihovim inicijalnim pozicioniranjem pomoću automatski zabeleženih centralnih koordinata. Tokom unosa fotografija dolazi do kreiranja .exif fajla koji sadrži podatke o karakteristikama i poziciji kamere prilikom prikupljanja fotografije (Ventura i sar, 2018; ArcGIS Pro, 2023). Nakon unosa sve fotografije imaju orijentaciju sever-jug (Slika 3.17a i b). Geometrijska korekcija podrazumeva kalibraciju položaja, orijentacije i oblika fotografije odnosno određivanje prostorne distorzije kadra koji je zabeležen svakom fotografijom. Ova faza je urađena prema standardnim podešavanjima *Adjust..* menija, obzirom da je ovakav set parametra vremenski najefikasnije vršio potrebne korekcije, a rezultirao optimalnim i adekvatnim produktima za izradu ortomozaika. Proces geografske korekcije podrazumeva generisanje tačaka vezivanja (eng. *tie points*) susednih fotografija koje se međusobno preklapaju (Slika 3.17c) (ArcGIS Pro, 2023). Tačke vezivanja predstavljaju zajedničke kadrove istraživanog područja koje obuhvataju susedne fotografije i na osnovu kojih one mogu biti međusobno orijentisane i povezane. Za svaku generisanu tačku računa se rezidualna greška. Tačke sa rezidualnom greškom većom od zadate vrednosti se odbacuju (ArcGIS Pro, 2023). Prilikom korekcije korišćena je unapred zadata vrednost maksimalne prihvatljive greške – eng. *BlunderPointThreshold:5*. Sve tačke čija je greška manja od zadate vrednosti postaju finalne tačke vezivanja (eng. *solution points*) na osnovu kojih će u narednoj fazi fotografije biti pozicionirane i vezane u ortomozaik. Prilikom generisanja tačaka vezivanja korišćena je standardna vrednost faktora rezolucije (8x rezolucija izvorne fotografije), koja predstavlja odgovarajuću opciju za aerosnimke heterogenih područja. Preciznost lokacije fotografije je označena kao visoka i podrazumeva da je greška GPS-a manja od 10m. U tom slučaju softver koristi mrežu od 4x3 fotografije za generisanje tačaka vezivanja fotografija. Tokom procesa geometrijske korekcije fotografije uključena je i opcija za kalibraciju kamere. Ovakava automatska kalibracija kamere dovodi do poboljšanja geometrijskih parametara fotografija uključujući unutrašnju orijentaciju i distorziju sočiva (ArcGIS Pro, 2023) (Slika 3.17d).



Slika 3.17. Prikaz lokaliteta Dunav-Slatina (a) sa putanjom leta i originalnom orijentacijom prikupljenih fotografija (b) u *World Imagery (ArcGIS Pro)* prikazu, generisanim inicijalnim i finalnim tačkama vezivanja susednih fotografija (c), kalibrisanim i geometrijski modifikovanim fotografijama (d)

Druga faza podrazumevala je samu izradu ortomozaika. Ortomozaici su kreirani pomoću menija automatskog alata za izradu ortomozaika eng. *Orthomosaic wizard*. Balansiranje boja između fotografija urađeno je pomoću algoritma “izbegavanja” eng. *Dodging algorithm*. Ovaj algoritam vrši balansiranje boja pomoću gama funkcije na osnovu lokalne statistike unutar definisanog okvira u odnosu na referentnu fotografiju ili referentnu površinu boja izračunatu na osnovu kolekcije fotografija od kojih se izrađuje. Referentne vrednosti su ekstrahovane sa površine koja predstavlja dvodimenzionalnu paraboličnu funkciju/površinu polinoma drugog reda. Ovakav način balansiranja dovodi do uravnoteženih prelaza između boja (ArcGIS Pro, 2023). Nakon balansiranja boja sledi proces međusobnog uklapanja fotografija i kreiranja “šavova” između njih. Dolazi do generisanja graničnih linija pomoću kojih će pojedinačne fotografije biti uklopljene u jedinstven ortomozaik. Ovaj proces može biti izvršen pomoću različitih algoritama koji prepoznaju i

odabiraju pogodna mesta za vezivanje susednih fotografija. Korišten je Voronoi algoritam eng. *Voronoi algorithm*, koji generiše granične linije pomoću Voronoi dijagrama. Prilikom spajanja fotografija definisana je širina zone spajanja od 10 piksela, odnosno broj piksela sa obe strane šava koji će biti spojeni i izmešani (ArcGIS Pro, 2023). Ortomozaici su sačuvani u TIFF formatu u najvišoj mogućoj rezoluciji (Slika 3.18).



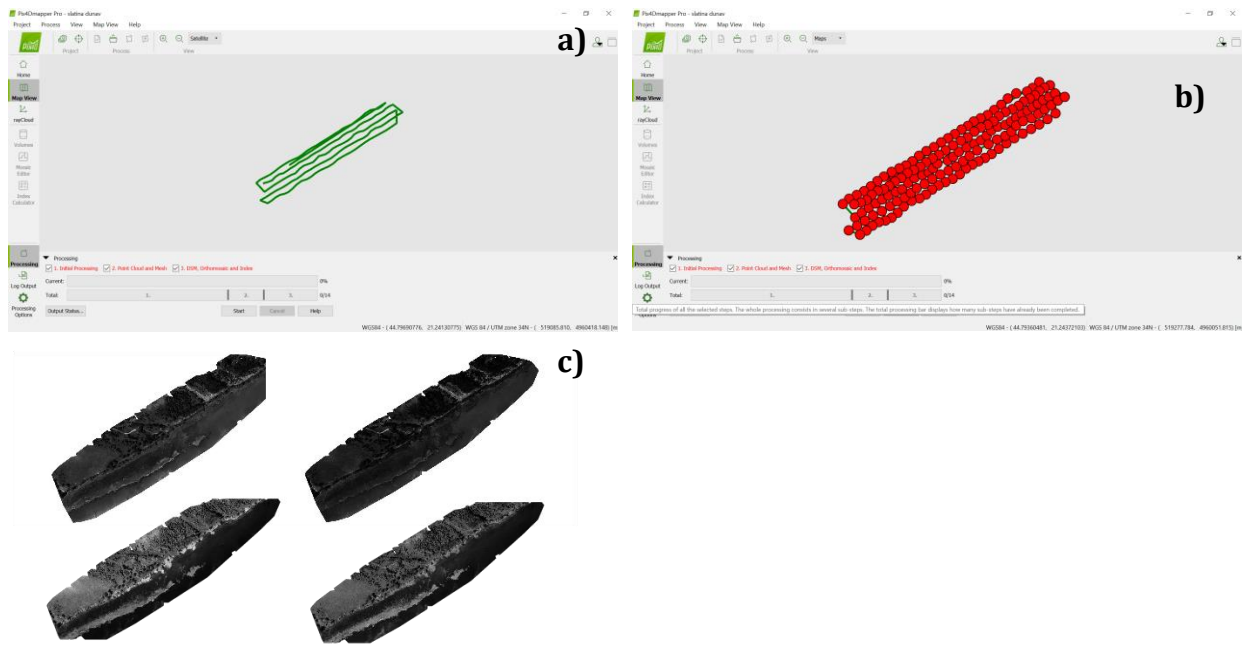
Slika 3.18. Finalni ortomozaik istraživane deonice lokaliteta Dunav-Slatina prikazan preko Google Earth osnove

3.3.3.2. Multispektralni ortomozaici

Multispektralne fotografije su za potrebe izrade ortomozaika obrađene i geotagovane upotrebom *Postflight* modula softvera *eMotion* 3.5.0. Ovaj process uključuje upotrebu .bb3 log fajlova drona i upravljačkog (*eMotion*) softvera u kojima su zabeležene sve karakteristike leta uključujući lokacije svake snimljene fotografije (Slika 3.19 a i b) (SenseFly, 2018). Tokom obrade, softver utvrđuje broj postojećih geotagova u .bb3 fajlovima, kao i broj unetih fotografija i na osnovu korelacije fajlova računa procenat adekvatnih uklapanja i broj fotografija koji će biti uspešno geotagovan (SenseFly, 2018). Softver je za svaki let izradio .kml putanje iz koje se predstavljaju 3D trajektorije leta (SenseFly, 2018). Pomoću .kml fajlova se u eng. *Google Earth*-u može uraditi rekonstrukcija svakog leta (SenseFly, 2018).

Geotagovane fotografije su dalje obrađene u softveru Pix4D mapper 4.2.27. Pomoću modula obrade eng. *Processing* fotografije su geopozicionirane, orjentisane i ortomozaici su kreirani (Pix4D). Odabran je WGS84 koordinatni sistem i datum, UTM zona 34N(egm96), preciznost geolokacija je podešena kao standardna i odabran je odgovarajući model kamere. U inicijalnoj fazi izrade ortomozaika cele fotografije su korištene za generisanje tačaka vezivanja. Nakon toga prilikom kreiranja oblaka i mreže tačaka (eng. *Point Cloud and Mesh*) korištena je jedna polovina svake fotografije i minimalan broj poklapanja tri, prema standardnim podešavanjima softvera, međutim gustina tačaka je sa niske prebačena na optimalnu. Odabrana je automatska rezolucija ortomozaika u skladu sa originalnom rezolucijom fotografija, i ortomozaici su izrađeni u GeoTIFF formatu (Pix4D).

Izvršena je radiometrijska kalibracija fotografija pomoću Sequoia Panela i generisane su mape refleksija (eng. *Reflectance map*) u svakom kanalu (Slika 3.19 c) (Agioutanti 2022; Taddia, i sar., 2020; Chabot, i sar., 2018; Brinkhoff, i sar., 2018) i izračunat NDVI vegetacijski indeks. Chabot, i sar., (2018) preporučuju dodatak NDVI indeksa ortomozaiku sačinjenom od R, G i NIR kanala sa ciljem uspješnije segmentacije fotografije, odnosno razdvajanja objekata koji se nalaze na ili iznad nivoa vode. NDVI indeks se računa na osnovu R i NIR kanala, a svetlosni zraci u tim delovima spektra su izuzetno absorbovani od strane vode te ne dopiru do velikih dubina (Brooks i sar., 2022). U QGIS softveru dodatno je izračunat NDWI indeks, koji se računa na osnovu G i NIR kanala (Oldeland i sar., 2021), pa je i on je dodat ortomozaiku sa ciljem preciznijeg razdvajanja otvorenog vodenog ogledala (McFeeters, 1996). Prema McFeeters, 1996 NDVI i NDWI indeksi imaju oprečne fokuse, obzirom da je cilj prvog indeksa pojačavanje signala terestrične vegetacije (samim tim i flotantne i emerzne), a drugog pojačavanje signala vodenog ogledala. Digitalne vrednosti piksela mapa refleksija i indeksa su normalizovane množenjem sa 255 kao što je sugerisano u Agioutanti, 2022; De Luca, i sar., 2019; McFeeters, 1996. Normalizovani rasteri su sklopljeni u jedan petokanalni ortomozaik koji su sačinjavali R, G, NIR, NDVI i NDWI kanali (Agioutanti, 2022; Taddia, et al. 2020; DeLuca, et al. 2019; Chabot, et al. 2018). Kombinacijom R, G i NDWI rastera generisani su ortomozaici lažne obojenosti kako bi se ortomozaici mogli lakše obraditi (Slika 3.20).



Slika 3.19. Prikaz lokaliteta Slatina_ Dunav: (a) sa putanjom leta (b) lokacijom prikupljenih fotografija i (c), mapama refleksija za svaki zabeleženi kanal



Slika 3.20. MSP ortomozaik lokaliteta Slatina_ Dunav prikazan u "lažnom" koloritu dobijenom kombinacijom NDVI indeksa, zelenog i NIR kanala prikazan preko Google Earth osnove

3.3.4 Izrada mapa distribucije makrofita

Obrada ortomozaika izvršena je metodama numeričke klasifikacije fotografija. Metode numeričke klasifikacije podrazumevaju kategorizaciju i podelu piksela u diskretne grupe na osnovu sličnosti njihovih digitalnih brojeva (eng. *digital numbers, DN*). U slučaju RGB fotografija nivoi osvetljenja se beleže pojedinačno u crvenom, zelenom i plavom delu spektra, generišu se fotografije sa tri kanala te je svaki piksel okarakterisan sa tri digitalna broja. Ove vrednosti predstavljaju karakteristike na osnovu kojih se pikseli klasifikuju u odgovarajuće grupe. Metode numeričke klasifikacije predstavljaju najznačajniji napredak u procesu prepoznavanja obrazaca (eng. *pattern recognition*) i temelj modernih metoda klasifikacije fotografija (Phiri & Morgenroth, 2017).

Obrada ortomozaika je urađena primenom objektna klasifikacije (eng. *object based classification*) fotografije. Objektna klasifikacija fotografija podrazumeva pristup u kom fotografija podleže procesu segmentacije prilikom kog se fotografija deli na homogene segmente objekata na fotografiji, a potom se vrši njihova klasifikacija (Ventura i sar., 2018; De Luca i sar., 2019). Prema nizu dostupnih studija objektna klasifikacije je prepoznata kao superiornija u odnosu na standardnu, stariju i tradicionalno u upotrebi piksel-po-piksel klasifikaciju (eng. *pixel based classification*) (Van Iersel i sar., 2018; Pande-Chhetri i sar., 2017) ili ručnu delineaciju i klasifikaciju ortomozaika (Biggs i sar., 2018; Husson i sar., 2016) kada se radi o daljinski prikupljenim fotografijama izuzetno visoke rezolucije (Ventura i sar., 2018). Osnovne prednosti objektna klasifikacije podrazumevaju mogućnost uključivanja kontekstualnih informacija u analizu na nivou segmenta, ublažavanje lokalnih varijacija vrednosti unutar pojedinačnih segmenata kao i mogućnost rada na različitim prostornim skalama (Dronova, 2015). Na osnovu smernica u dostupnoj literaturi, kao i preliminarnih analiza urađenih na setu podataka iz 2017. godine u disertaciji je korištena objektna klasifikacija ortomozaika prilikom izrade digitalnih mapa makrofita.

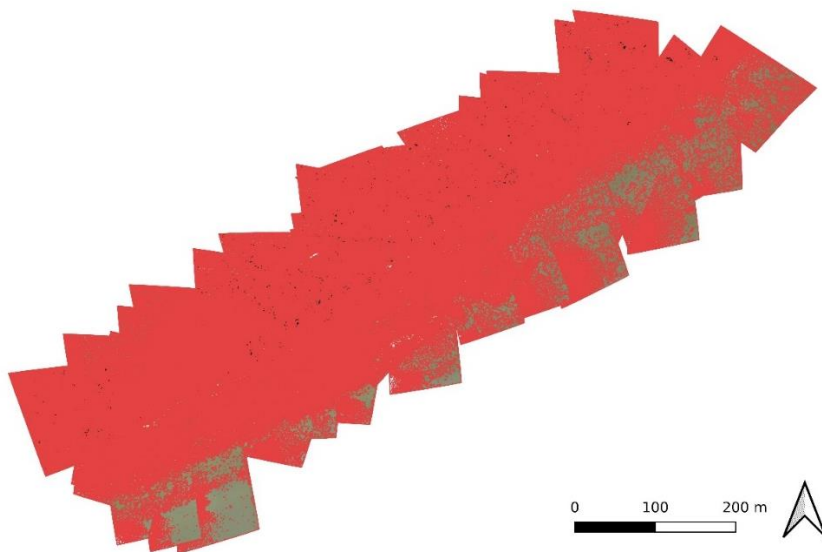
U skladu sa navedenim proces obrade ortomozaika je podrazumevao dve faze obrade: fazu obrade ortomozaika i fazu klasifikacije.

3.3.4.1. Obrada ortomozaika

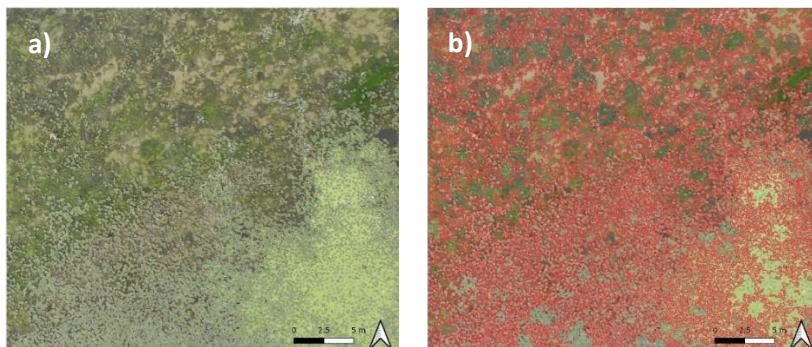
Obrada i priprema ortomozaika za klasifikaciju je i u slučaju RGB i multispektralne fotogrametrije izvršena kroz tri sukcesivna procesa:

1) Segmentacija ortomozaika predstavlja proces prilikom kog se susedni pikseli fotografije grupišu u diskretne celine na osnovu spektralne sličnosti i prostornog rasporeda piksela (Dronova i sar., 2021). Segmentacija je izvršena na osnovu boje i prostornog rasporeda piksela u sva tri kanala RGB ortomozaika i pet kanala multispektralnih ortomozaika. Segmentacija je izvršena pomoću Orfeo toolbox 7.2.0 provajdera kompatibilnog sa QGIS 3.16.3. platformom. Upotrebljen je *Large Scale Mean Shift* algoritam koji iterativnim procesom evaluira i grupiše susedne piksele u diskretne segmente. Algoritam korisniku dozvoljava podešavanje spektralnih i prostornih distanci na osnovu kojih se vrši izdvajanje pojedinačnih segmenata (entiteta) ortomozaika (Oldeland i sar., 2021). Spektralna distanca (eng. *range radius*) predstavlja maksimalnu vrednost euklidove distance spektralnih karakteristika susednih piksela (izražene u radiometrijskim jedinicama) koja se uzima u obzir prilikom grupisanja susednih piksela u segment (De Luca i sar., 2019). Prostorna distanca (eng. *spatial radius*) predstavlja maksimalnu fizičku udaljenost piksela koji će biti evaluirani u jednoj iteraciji prilikom izdvajanja segmenata (De Luca i sar., 2019). Samo grupacije piksela koje zadovolje oba gorenavedena uslova mogu biti izdvojene u jedan segment (OrfeoToolbox, 2021). Prilikom segmentacije moguće je i podešavanje minimalne veličine izdvojenog fragmenta (Oldeland i sar., 2021), kako bi se izbeglo kreiranje presitnih segmenata koji bi u kasnijim fazama obrade doveli do pojave šumova. Ukoliko tokom procesa izdvajanja segmenata dodje do generisanja sitnijih segmenata oni bivaju spojeni sa najbližijim susednim segmentom (De Luca i sar., 2019). Odgovarajuća kombinacija spektralne i prostorne distance segmentacije utvrđena je sistemom testa i grešaka (Oldeland i sar., 2021). Testirane su tri vrednosti spektralne distance 5, 7 i 10, dok su prostorne distance menjane za po deset za RGB, odnosno pet stepeni za multispektralne ortomozaike. Minimalna veličina segmenta je podešena na 50pix za RGB i 20pix za multispektralne snimke. Na ovaj način je sprečena mogućnost biber-so efekta prilikom klasifikacije, a opet je sa druge strane omogućeno izdvajanje pojedinačnih najsitnijih objekata na ortomozaicima kao što je predloženo u Sibaruddin i sar. (2018). Konkretno u ovom slučaju to je podrazumevalo izdvajanje pojedinačnih jedinki *Trapa sp.* i listova *Nymphaea sp.* i *Nuphar sp.*

Različita veličina minimalnog segmenta u RGB i multispektralnom pristupu je primenjena zbog razlike u rezoluciji fotografija i fotogrametrijskih proizvoda. Nakon svake segmentacije vršena je vizuelna inspekcija izdvojenih segmenata (De Luca i sar., 2019) i utvrđen je stepen uspešnog izdvajanja objekata od interesa tj. klasa makrofita. Dobra segmentacija podrazumeva izdvajanje što krupnijih čistih segmenata svake od klasa. Rezultat procesa segmentacije predstavlja vektorski poligonski *shapefile* u kom svaki poligon ograničava jedan segment ortomozaika (Slika 3.21 i 3.22) (Oldeland i sar., 2021). Segmenti su međusobno savršeno uklopljeni i pokrivaju čitavu površinu ortomozaika. Za svaki segment su vezane informacije o srednjoj vrednosti i varijabilnosti spektralnih karakteristika piksela koje sadrži za svaki od kanala koje ortomozaik poseduje.



Slika 3.21. RGB ortomozaik istraživane deonice lokaliteta Dunav-Slatina preklapljen sa finalnim slojem (*layer-om*) segmentacije



Slika 3.22. Izdvojen detalj RGB ortomozaika Dunav-Slatina uveličan (a) sa preklapljenim finalnim slojem (*layer-om*) segmentacije (b)

2) Nakon segmentacije, za svaki ortomozaik izračunat je set dodatnih parametara odnosno izvedenih vrednosti. Pomoću alata u QGIS platformi izračunat je set vegetacijskih (Tabela 3.13) i teksturnih indeksa (Tabela 3.14) koji su kreirani i testirani u prethodnim studijama koje su se bavile daljinskom detekcijom, izdvajanjem i karakterizacijom vegetacije, vodnih tela i objekata koji ih okružuju pomoću satelitskih snimaka ili fotografija prikupljenih pomoću bespilotnih letelica (Agapiou, 2020; Kupidura, 2019; Barbosa i sar., 2019; Brooks i sar., 2019; Samiappan i sar., 2017; Lussem i sar., 2018; Bendig i sar, 2015; Yang i sar., 2008; Huang i sar., 2007; Louhaichi i sar., 2001; McFeeters, 1996; Gitelson i ar, 1996; Woebbecke i sar, 1995; Tucker 1979; Rouse i sar, 1973; Pearson i sar, 1972;). Ovi indeksi su se u navedenim studijama pokazali optimalnim ili perspektivnim u domenu detekcije, izdvajanja i karakterizacije vegetacije na osnovu aerofotografija. Spektralni indeksi su izračunati računskim operacijama digitalnih brojeva piksela u dostupnim kanalima ortomozaika, pomoću kalkulatora rasterskih lejera (eng. *Raster Calculator*) (Barbosa i sar., 2019). Teksturni indeksi se generišu na osnovu podataka jednog kanala, te je za svaki ortomozaik pre primene teksturnih indeksa bila urađena analiza glavnih komponenti (eng. *Principal component analysis, PCA*) (Kupidura, 2019). Rezultat PCA analize su novi ortomozaici koji predstavljaju komponente tj. PCA ose. Za generisanje teksturnih indeksa korišćena je prva PCA komponenta obzirom da objašnjava najveći procenat varijabilnosti u svim prisutnim kanalima ortomozaika (Kupidura, 2019). Teksturni indeksi su generisani upotrebom alata za ekstrakciju karakteristika (eng. *FeatureExtraction*) u OTB i r.tekstura alata (eng. *r.texture*) GrassGIS provajdera u QGIS softveru.

Tabela 3.13 Lista spektralnih ineksa koji su izračunati za svaki ortomozaik, a čije su srednje vrednosti po segment predstavljale attribute za klasifikaciju ortomozaika

Skraćenica	Naziv indeksa	Formula	Referenca	RGB	MSP
MGRVI	Modifikovani Zeleno~Crveno Vegetacijski Indeks <i>Modified Green Red Vegetation Index</i>	$(G)2 - (R)2$ $(G)2 + (R)2$	Bendig i sar., 2015.	*	*
RGBVI	Crveno~Zeleno~Plavo Vegetacijski Indeks <i>Red Green Blue Vegetation Index</i>	$(G)2 - (B * R)$ $(G)2 + (B * R)$	Bendig i sar., 2015.	*	
GRVI MPRI	Crveno~Zeleno Vegetacijski Indeks <i>Green Red Vegetation Index</i> Modifikovani indeks fotohemijske refleksije <i>Modified Photochemical reflectance Index</i>	G-R G+R	Tucker CJ, 1979. Yang i sar., 2008.	*	*
NDRGI	Normalizovani indeks razlika između crvene i zelene <i>Normalized difference red green index</i>	$(R - G) / (R + G)$	Yang i sar., 2008.	*	*
GLI	Indeks zelenosti lišća <i>Green Leaf Index</i>	$2G - R - B$ $2G + R + B$	Louhaichi i sar., 2001.	*	
ExG	Indeks prekomernosti zelene <i>Excess of green</i>	$2G - R - B$	Woebbecke i sar., 1995.	*	
G-B	Razlika Zeleno-Plavo	G-B		*	
G-R	Razlika Zeleno-Crveno	G-R		*	
R-B	Razlika Crveno-Plavo	R-B		*	
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>	$NIR - R / NIR + R$	Rouse i sar., 1973		*
NDWI	<i>Normalized Difference Water Index</i>	$G - NIR / G + NIR$	McFeeters, 1996		*
GreenNDVI	<i>Green Normalized Difference Vegetation Index</i>	$NIR - G / NIR + G$	Gitelson i sar., 1996.		*
ModifiedNDVI	<i>Modified Normalized Difference Vegetation Index</i>	$RedEdge - R / RedEdge + R$	Brooks i sar., 2019.		*
NDREI	<i>Normalized NIR - RedEdge Vegetation Index</i>	$NIR - RedEdge / NIR + RedEdge$	Gitelson i sar., 1994.		*
NGRDI	<i>Normalized Red - Green Difference Index</i>	$G - R / G + R$	Pearson i sar., 1972.		*

Tabela 3.14. Lista teksturnih ineksa koji su izračunati za svaki ortomozaik, a čije su srednje vrednosti po segment predstavljale attribute za klasifikaciju ortomozaika

Skraćenica	Naziv indeksa	Karakteristika	RGB	MSP	Referenca
r.tex	r.texture	Sum Average (SA)	*	*	
		Inverse Difference Moment (IDM)	*	*	
		Angular Second Moment (ASM)		*	
		Sum Entropy (SE)		*	
SFS	Structural Feature Set	SFS'Length		*	Huang i sar., 2007
		SFS'Width		*	
		SFS'PSI	*	*	
		SFS'W-Mean		*	
		SFS'Ratio		*	
		SFS'SD	*	*	
HAR or GLCM	Haralic Texture or Gray Level Co-Occurrence Matrix	Energy		*	Kupidura, 2019.
		Entropy	*	*	
		Correlation		*	
		Inverse Difference Moment	*	*	
		Inertia	*	*	
		Cluster Shade		*	
		Cluster Prominence		*	
Haralick Correlation		*			

3) Karakterizacija segmenata. Nakon izračunavanja indeksa za svaki transekt ručno je konstruisan poligon područja od interesa (eng. *Area of interest, AOI*). Na ovaj način je za svaki lokalitet označen fokus analize, obuhvaćeni su oni delovi staništa na kojima je postojala akvatična vegetacija, a isključene su priobalne i zone obale bez akvatične vegetacije, terestrična vegetacija kao i veštačke konstrukcije prisutne duž vodnih tela (Chabot i sar., 2018; Jiménez-Jiménez i sar., 2020; Villoslada i sar., 2020). U slučaju lokaliteta u plavnoj zoni Dunava obuhvaćena su cela vodna tela, dok je u slučaju istraživanih deonica u živom toku reke Dunav oblast od interesa pratila je metodologiju korišćenu tokom JDS ekspedicija (JDS2, JDS3, JDS4). Rečne deonice su bile duge 1 km dok je širina pratila širinu zone rasprostiranja makrofita u rečnom toku. Osnovna širina deonice je bila 10 m, a onda je u skladu sa potrebama širina zone povećavana u koracima od po 10 m sve dok se ne bi obuhvatio kompletan pojas reke u kom je prisutna akvatična vegetacija. Na ovaj način metodologija UAV mapiranja makrofita prati smernice standardih metoda monitoringa maktofita prema CEN i JDS. Na osnovu AOI poligona izvršeno je opsecanje (eng. *clipping*) lejera segmentacije, koji je dalje korišćen za proces klasifikacije.

Nakon izračunavanja spektralnih i teksturnih indeksa izvršena je karakterizacija svakog izdvojenog segmenta (Chabot i sar., 2018). Karakterizacija je izvršena računanjem srednje vrednosti svakog odabranog indeksa za svaki segment (Oldeland i sar., 2021)

pomoću alata zonalna statistika (eng. *Zonal statistics*). Izračunate vrednosti će prilikom procesa klasifikacije služiti kao atributi na osnovu čijih vrednosti će segmenti biti grupisani u odgovarajuće kategorije tj. klase objekata sa ciljem povećanja preciznosti klasifikacije (Benjamin i sar., 2021; Pande-Chhetri i sar., 2017).

3.3.4.2. Klasifikacija ortomozaika

Klasifikacija ortomozaika je izvršena pomoću algoritma mašinskog učenja „Slučajne/Nasumične šuma“ (eng. *Random forest*, RF) u okviru QGIS platforme i OTB provajdera (De Luca i sar., 2019). Metode mašinskog učenja su se pokazale kao veoma moćan alat prilikom obrade aerofotografija u procesu daljinske detekcije, te su mnogi algoritmi prilagođeni upravo ovoj nameni (Horning, 2010). Osnovna prednost metoda mašinskog učenja je ta što ne pretpostavljaju ili zahtevaju bilo kakavu specifičnu distribuciju podataka, već na osnovu podataka uče odnose između prediktora i izlaznih vrednosti modela (Horning, 2010). U slučaju klasifikacije ortomozaika makrofita prediktore predstavljaju spektralni i teksturni atributi objekata odnosno segmenata ortomozaika dok izlaznu vrednost predstavlja klasa objekta.

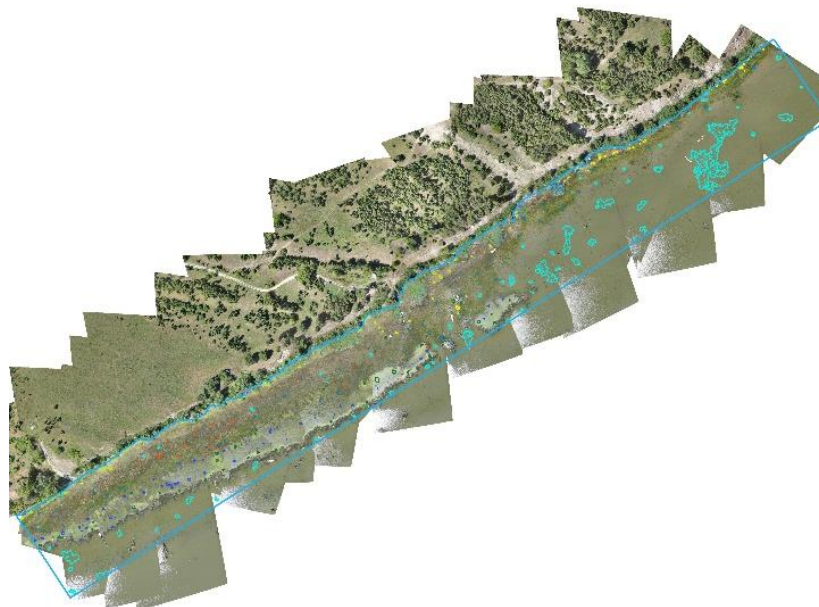
Random forest (RF) algoritam klasifikacije predstavlja metodu nadgledane klasifikacije podataka (De Luca i sar., 2019). Ove metode zahtevaju postojanje seta podataka na osnovu kog će naučiti obrasce vrednosti prediktora koje odlikuju razilčite klase objekata na fotografiji (Benjamin i sar., 2021). U slučaju objektne klasifikacije fotografija set za obučavanje sadrži reprezentativne referentne segmente za koje je definisana izlazna vrednost odnosno klasa. RF algoritam je u osnovi set binarnih stabala odlučivanja (eng. *decision tree*). Za svaki segment formira se čitav niz (do nekoliko stotina) stabala odlučivanja. Svako stablo nezavisno smešta segment u jednu od klasa na osnovu nasumično odabranog podskupa podataka koji ga karakterišu. Konačna pripadnost segmenta određenoj klasi se određuje “većinom glasova” tj. fragment se smešta u klasu u koju ga je smestio najveći broj stabala odlučivanja (Horning, 2010). Ovaj algoritam je odabran za klasifikaciju jer prema dostupnoj literaturi predstavlja jedan od najuspešnijih algoritama klasifikacije daljinski detektovanih podataka, s obzirom da je otporan na redundantnost i šumove u podacima (Benjamin i sar., 2021; Villoslada i sar., 2020; Chabot i sar., 2018). Efikasan je u razdvajanju

spektralno sličnih objekata na (Husson i sar., 2017), može da se primenjuje na nelinearnim varijablama (Villoslada i sar., 2020) i predstavlja najpogodniji algoritam za objektnu klasifikaciju (Ma i sar., 2017), a koja je korištena u ovoj disertaciji.

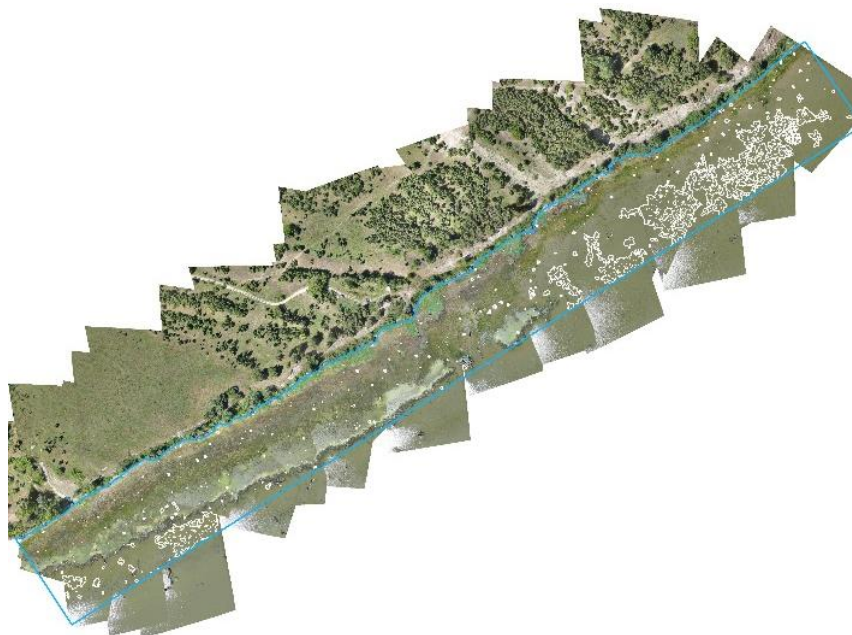
RF algoritam u OTB može da testira preciznost obuke algoritma, na osnovu nezavisnog seta podataka za validaciju obuke. Set podataka za validaciju može biti izdvojen iz seta za obuku pre početka procesa, a može biti formiran i samostalan dodatan set podataka. Ovaj set, kao i set za obučavanje sadrži oznaku klase za svaki segment. Obučeni algoritam klasifikuje segmente seta za validaciju. Preciznost obuke se prati poređenjem oznaka klasa u setu za validaciju i vrednostima za te iste segmente koje je generisao algoritam klasifikacije. Na ovaj način vrši se evaluacija obučenog algoritma i izračunavaju se mere preciznosti klasifikacije.

Setovi segmenta za obučavanje algoritma su formirani na osnovu podataka prikupljenih prilikom klasičnog terenskog istraživanja makrofita i vizuelnom interpretacijom ortomozaika od strane istraživača. Georeferencirani terenski podaci o makrofitama su uveženi u GIS projekte i upotrebljeni kao referentne lokacije za izdvajanje konkretnih segmenata ortomozaika za obuku algoritama. Sam proces izdvajanja segmenata je izveden ručno od strane istraživača (De Luca i sar., 2019; Chabot i sar., 2018). Konačan set za obuku činila je kombinacija podataka prikupljenih na terenu i ručno dodatih referentnih lokaliteta odnosno segmenata za svaku klasu (Slika 3.23). Ovakav pristup je bio moguć zbog izuzetno visoke rezolucije fotogrametrijskih produkata (Ventura i sar., 2018; Chabot i sar., 2018). Broj referentnih segmenta je bio ujednačen i iznosio je minimalno 40, a maksimalno 50 za svaku klasu (Ventura i sar., 2018) osim u situacijama kada to zbog nepostojanja dovoljnog broja segmenta nije bilo moguće. Referentne tačke su raspoređene ravnomerno duž čitavog vodnog tela ili istraživane deonice. Da bi bila izbegnuta pristrasnost istraživača prilikom odabira seta za validaciju segmenti su izdvojeni na osnovu nasumično generisanih tačaka unutar istraživanog područja (Ventura i sar., 2018; Pande-Chhetri i sar., 2017). Broj nasumično generisanih tačaka zavisio je od veličine istraživanog područja: <1,5ha – 100; 1,5-2,5ha – 200; 2,5-3,5ha – 300 i >3,5h – 400 tačaka, uz dodatno postavljen uslov da dve susedne tačke ne smeju da budu na rastojanju manjem od 3m. Na ovaj način izbegnuta je mogućnost grupisanja prevelikog broja tačaka u određenim delovima područja i obezbeđen je donekle ravnomeran raspored (Slika 3.24). Bez obzira na postavljene uslove broj

segmenata u setu za validaciju je u svakoj analizi bio manji od broja generisanih tačaka, obzirom da je dolazilo do situacije da se dve nasumično postavljene tačke ipak nađu unutar jednog velikog segmenta. Kategorizacije izdvojenih segmenata izvršena je ručno od strane istraživača.



Slika 3.23. Set izdvojenih segmenata za obuku klasifikacionog algoritma na primeru deonice Slatina-Dunav

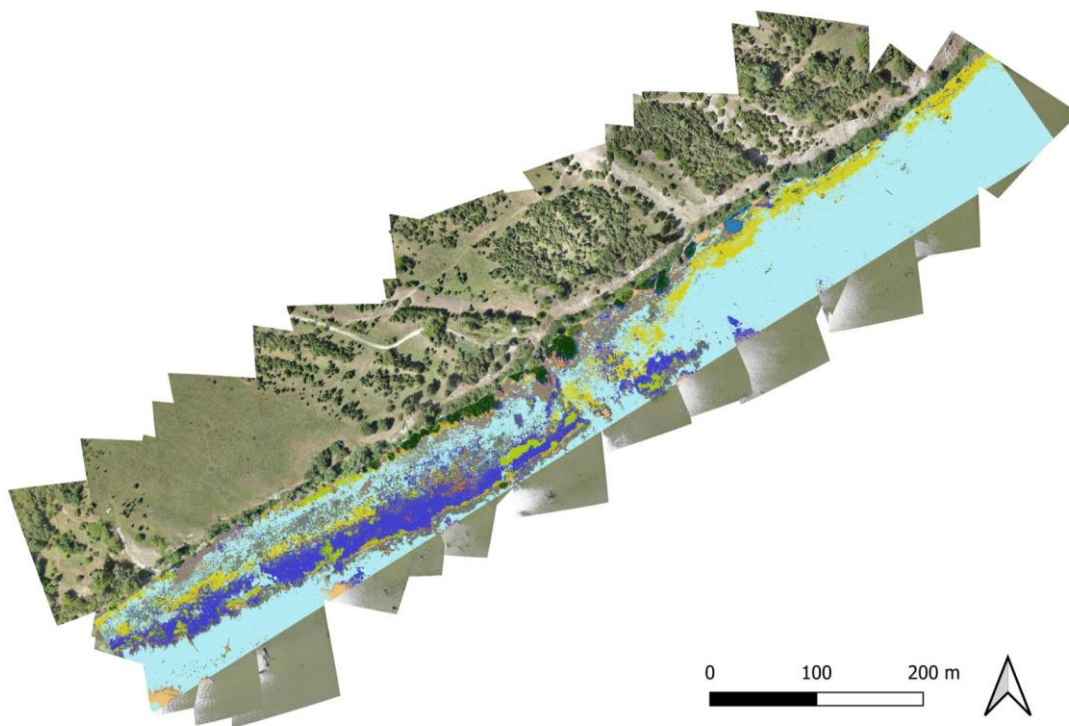


Slika 3.24. Set izdvojenih segmenata za validaciju klasifikacionog algoritma na primeru deonice Slatina-Dunav

Prilikom definisanja kategorija objekata (klasa) na ortomozaicima korišten je deduktivni pristup. Razdvajanje kategorija je vršeno definisanjem dominantnih ekoloških karakteristika vrsta (eng. *trait based approach*), u ovom slučaju životnih formi biljaka prema MIDCC (2001-2005), a onda nakon toga daljim profilisanjem do nivoa roda ili vrste. Nivo vrste je predstavljao ciljni nivo rezolucije međutim nije mogao biti postignut u svim situacijama. Tamo gde nije bilo moguće definisati konkretnu vrstu klase su definsane prema rodu ili ekološkim karakteristikama makarofita.

Klasifikacija segmenata izvršena je upotrebom alata za trening algoritama i klasifikaciju vektorskih lejera (eng. *Train vector classifier* i *Vector classification*) (Chabot i sar., 2018) *Orfeo Toolbox*-a. Tokom procesa obuke alat *Train vector classifier* (eng.) dozvoljava podešavanje parametara algoritma kao što su dubina stabla tj. maksimalan broj nivoa grananja stabla (eng. *max depth*), minimalan broj segmenata koji čini grupu (eng. *min number of samples*), kriterijum okončanja procesa (eng. *termination criteria*), očekivani broj klasa (eng. *cluster possible values*), veličina nasumično odabranog podseta (eng. *size of randomly chosen subset*), maksimalan broj stabala odlučivanja (eng. *max number of trees*), OBB greška (eng. *out-of-bag error*) čija optimizacija može dovesti do povećanja preciznosti klasifikacije (OrfeoToolbox, 2021). Faza optimizacije algoritma u ovoj disertaciji izvedena je promenom vrednosti za dubinu stabla (eng. *max depth*) - 5/10/15/20, maksimalan broj stabala odlučivanja (eng. *max number of trees*) - 100/150/200/225/250 (Chabot i sar., 2018) i minimalan broj segmenata u svakom čvoru (eng. *minimum number of samples in each node*) - 7/10. Uticaj promene parametara na uspešnost klasifikacije praćena je posmatranjem Kappa indeksa (po poligonu) i vizuelnom interpretacijom dobijenih mapa. Odabrana je najadekvatnija kombinacija parametara, algoritam je obučen pojedinačno za svako vodno telo i izvršena je klasifikacija svih segmenata oblasti od interesa datih ortomozaika. Nakon prvostepene klasifikacije urađena je vizuelna evaluacija mapa. Za svaku mapu utvrđene su zone lošije klasifikacije kao i klase koje su slabije prepoznate. U narednoj fazi obrade urađena je revizija seta podataka za obučavanje algoritma tako što su u zonama slabije performanse odabrani dodatni referentni segmenti odgovarajućih klasa. Nakon ovog koraka ponovljena je obuka algoritma i urađena reklasifikacija ortomozaika. Reklasifikovan ortomozaik smatran je finalnom verzijom klasifikacije.

Nakon klasifikacije određene kategorije objekata su spojene sa ciljem generisanja relevantnih i ekološki značajnih mapa distribucije kao i osnovnih životnih formi makrofita prema MIDCC duž istraživanih vodnih tela (Slika 3.25).



Slika 3.25. Prikaz generisane digitalne ortomape distribucije makrofita duž deonice Dunav-Slatina

3.3.5 Analiza mapa distribucije makrofita

Digitalne mape makrofita su evaluirane vizuelnom inspekcijom od strane istraživača i statističkom analizom tačnosti klasifikacije.

Statistička analiza tačnosti procesa klasifikacije ortomozaika je izvršena upotrebom dva pristupa, evaluacijom poligona (eng. *per-polygon accuracy*) i evaluacijom pojedinačnih piksela (eng. *per-pixel accuracy*) (Ye i sar., 2018). Pristup evaluacije poligona se temelji na izračunavanju statističkih mera preciznosti na osnovu broja ispravno i pogrešno klasifikovanih segmenata, dok se evaluacija piksela fokusira na pojedinačne piksele, odnosno udela površine (Ye i sar., 2018; Stehman & Wickham, 2011). Oba pristupa primenjena su na mape klasifikacije i reklasifikacije testirajući tačnost klasifikacije kao i preciznost obuke algoritma (Husson i sar., 2017), dok je za evaluaciju finalne digitalne mape distribucije makrofita upotrebljen pristup evaluacije pojedinačnih piksela (Husson i sar., 2017). Tokom procesa obuke algoritma za svaku klasu su izračunate mere preciznosti, odziva i F-mere, kao i opšte preciznosti klasifikacije u vidu Kappa indeksa. Navedene mere se tokom procesa obuke računaju na nivou segmenta. Ovakvim pristupom se jednako tretiraju svi segmenti, bez obzira na njihovu veličinu tj. ispravnost klasifikacije svakog segmenta ima jednak uticaj na mere preciznosti. Za svaku fazu izrade mapa makrofita urađena je dodatna, nezavisna analiza preciznosti klasifikacije na nivou piksela. Ova dodatna analiza računa meru preciznosti (eng. *precision/user's accuracy*) i odziva (eng. *recall/producers's accuracy*), kao i Kappa hat indeks za svaku klasu, ali i generalnu preciznost i Kappa hat indeks za čitavu klasifikaciju (Ventura i sar., 2018; Kaplan i sar., 2022). Evaluacijom na nivou piksela se prilikom procene tačnosti klasifikacije u obzir uzima procenat ispravno i neispravno klasifikovane površine istraživanog vodnog tela ili deonice reke. Na ovaj način se može nadomestiti potencijalni nedostatak pristupa evaluacije prema poligonu u smislu jendakog tretmana i velikih i malih objekata. U realnosti se pogrešno klasifikovan sitan fragment može smatrati šumom i kao takav nema velik ekološki uticaj prilikom evaluacije mapa, dok to nije slučaj sa velikim i krupnim fragmentima.

Interpretacija vrednosti Kappa indeksa je urađena prema Landis & Koch, 1977: ≤ 0 (loša, eng. *poor*), 0.01–0.20 (slaba, eng. *slight*), 0.21–0.40 (jedva podobna, eng. *fair*), 0.41–0.60 (umerena, eng. *moderate*), 0.61–0.80 (značajna, eng. *substantial*), and ≥ 0.81 (skoro

savršena, eng. *almost perfect*). Visser i sar. (2018) su istakli problematiku prikladnosti Kappa indeksa kao mere tačnosti klasifikacije, međutim i ova mera je pored ostalih korištena u ovoj studiji obzirom da je u studijama slične tematike i dalje u upotrebi i kao takva predstavlja osnov za komparaciju rezultata (Rommel i sar., 2022; Oldeland i sar., 2021).

Nakon izvršenih svih analiza za svaku kreiranu ortomapu urađen je izveštaj u smislu procentualnog udela svake klase (Bellia i sar., 2020), broju piksela na mapi koji pripada svakoj klasi, kao i površina u m² svake klase.

3.4. Uvođenje tehnologije bespilotnih letelica u standardan monitoring reke Dunav

Nakon sprovedenog terenskog istraživanja i izvršenih analiza rezultati dobijeni monitoringom makrofita upotrebom bespilotnih letelica i aerofotografije u okviru ove disertacije su upoređeni sa podacima koji su prikupljeni tokom 2019. godine od strane istog istraživača u okviru JDS4.

Tokom JDS4 ekspedicije monitoring reke su vršili nacionalni timovi istraživača i eksperata (ICPDR, 2021). Za svaku državu kroz koju Dunav protiče bio je formiran nacionalni tim istraživača koji je sprovodio akciju pod rukovodstvom glavnog tima (eng. *core team*) eminentnih stručnjaka iz oblasti ICPDR-a (ICPDR, 2021).

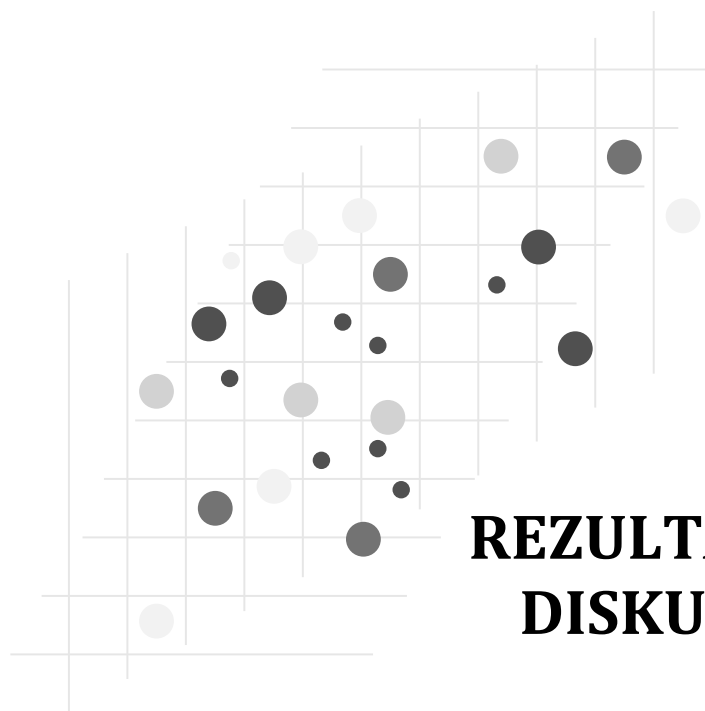
Kao i u svim prethodnim terenskim istraživanjima makrofite su beležene iz čamca na tri uzastopne deonice dužine 1km sa leve i desne obale na svakom lokalitetu. Za svaku vrstu zabeležena je abundanca upotrebom Kohler-ove petostepene skale i životna forma vrste prema MIDCC. Za svaki transekt zabeležena je po jedna fotografija reprezentativnog dela deonice. Upotrebom GPS uređaja beležena je početna i krajnja koordinata svakog transeкта (ICPDR, 2021). Pored podataka prikupljenih prema JDS protokolu za svaku deonicu je pomoću mobilnog telefona beležena putanja kretanja čamca, kako bi moglo biti utvrđeno prosečno vreme potrebno da se čamcem istraži transekt dužine 1km na reci Dunav.

Sa ciljem utvrđivanja potrebe za uključivanje bespilotnih letelica u standardan monitoring makrofita kao i prednosti koje ova inovacija može da donese izvršeno je poređenje vremena terenskog rada potrebnog da se evaluiira jedna deonica bespilotnom letelicom, u odnosu na standardnu metodu sa čamca. Nakon toga je izvršen pregled

ukupnog vremena utrošenog za monitoring makrofita odabranih deonica u okviru JDS4 akcije u Srbiji, kao i vremena koje bi bilo potrebno da se na istim deonicama sprovede monitoring pomoću dronova. Utvrđivanje potrebnog vremena izvršeno je dizajniranjem letova u *eMotion* softveru za *eBee+* letelicu koja je korištena u ovoj disertaciji. Na kraju izvršena je i aproksimacija potrebnog vremena da se monitoringom pomoću dronova obuhvati ceo tok Dunava kroz Srbiju, duž obe obale.

Na samom kraju upoređeni su rezultati tj. podaci o makrofitama dobijeni tokom JDS akcije u Srbiji sa rezultatima dobijenim istraživanjem u ovoj disertaciji.

Procesi laboratorijske obrade i analize materijala, kao i računarske obrade podataka nisu poređeni u ovoj studiji s' obzirom da su ove faze rada podložne velikim devijacijama u vremenskoj zahtevnosti u zavisnosti od znanja i stručnosti istraživača, tehničkih performansi računara kao i kompleksnosti same akvatične vegetacije.

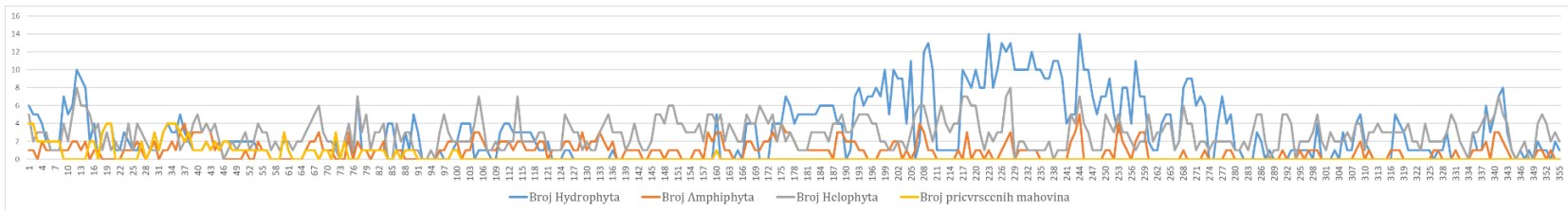


REZULTATI I DISKUSIJA

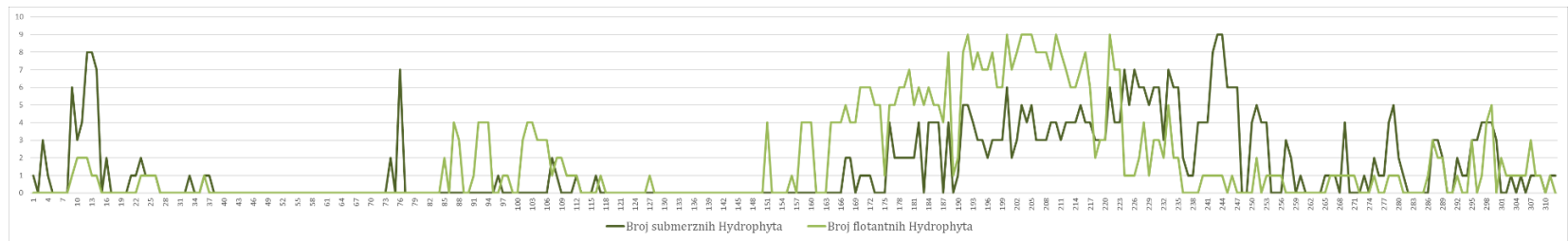
4.1 Determinante distribucije makrofita duž reke Dunav

4.1.1 Makrofite

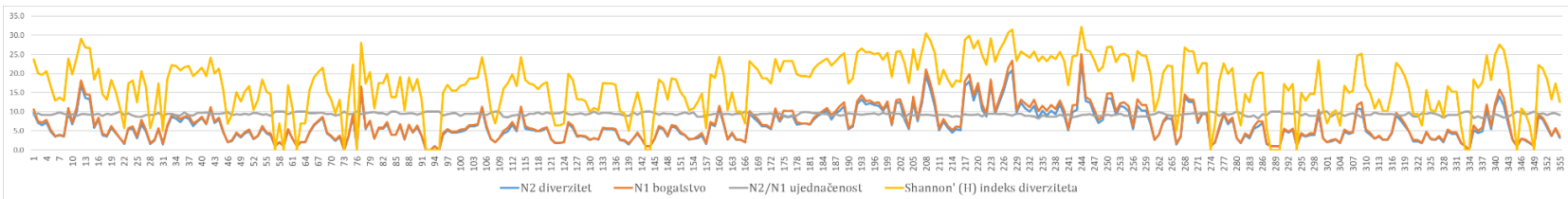
Posmatrajući ukupan broj zabeleženih vrsta *Hydrophyta+Amphiphyta+Helophyta* po transektu, uočava se varijabilnost od nula do 28 zabeleženih vrsta, dok je duž svih transekata zabeleženo ukupno 118 (uključujući alge i mahovine). Duž jednog transekta na lokalitetu JDS13 (Bratislava), tri na lokalitetu JDS18 (Vah) i jednom transektu JDS65(Reni) nije zabeležena ni jedna vrsta *Hydrophyta*, *Amphiphyta* i *Helophyta*. Posmatrajući distribuciju navedenih ekoloških grupa makrofita od izvora ka ušću uočava se sporadično povećanje brojnosti na odrđenim lokalitetima, ali i čitavim deonicama reke (Grafik 4.1). Povećanje brojnosti vrsta na određenim lokalitetima jednim delom može biti objašnjeno postojanjem brana hidroelektrana nizvodno od deonica JDS3U(Geisling), JDS6(Jochenstein), JDS7(Abwinden-Asten), JDS14(rezervoar Gabčikovo), deonice od JDS33(nizvodno od Novog Sada) do JDS43 (Banatska Palanka/Bazias), nakon čega se uočava blagi pad brojnosti na lokalitetima JDS44(Golubac/Koronin), JDS45(Tekija/Orsova) koji predstavljaju deo rezervoara za sisteme hidroelektrana Đerdap I i Đerdap II. Na narednom lokalitetu lokalitetu JDS46 (Vrbica/Simijan), koji se nalazi između hidroelektrana zabeležen je transekt sa najvećim brojem *Hydrophyta*, *Amphiphyta* i *Helophyta*. Brane hidroelektana mogu da uzrokuju usporavanje brzine toka vode i taloženja finog sitnog sedimenta, promene hidromorfoloških karakteristika deonica reke što dovodi do situacije da deonice koje se nalaze u gornjem delu toka Dunava pod ovim uticajem počinju da dobijaju karakteristike deonica donjeg toka reke, a posledično tome i karakterističan sastav i strukturu makrofita (ICPDR, 2015a). Sa druge strane povećanje brojnosti makrofita na određenim deonicama korespondira i sa pozicijom ušća velikih pritoka Dunava ili direktne veze sa starim rukavcima ili meandrima reke. Posmatrajući distribuciju pojedinačnih ekoloških grupa makrofita (Grafik 4.1) uočavamo da je povećanje brojnosti vrsta na pomenutim lokalitetima najvećim delom uslovljeno povećanjem broja vrsta *Hydrophyta* i *Helophyta* po transektu. Na grafiku 4.2 prikazana distribuciju submerznih i flotantnih *Hydrophyta*. Na graficima 4.3 i 4.4 prikazana distribucija vrednosti vrednosti indeksa diverziteta makrofita i vrednosti indeksa ekološkog i trofičkog statusa istraženih deonica duž Dunava.



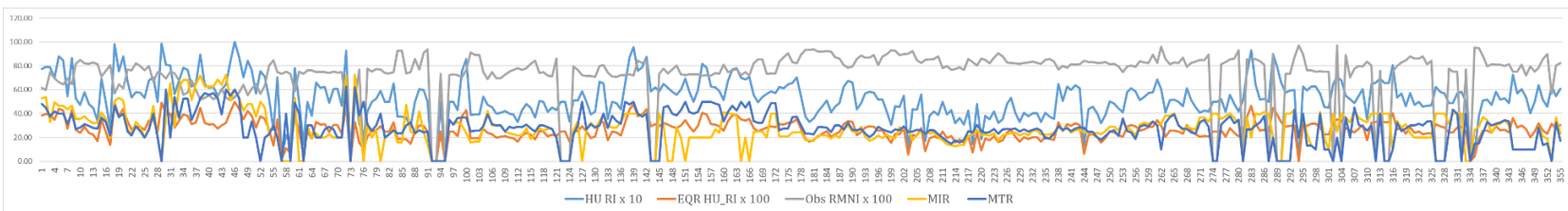
Grafik 4.1. Distribucija brojnosti *Hydrophyta*, *Amphiphyta*, *Helophyta* i *Bryophyta* duž Dunava



Grafik 4.2. Distribucija brojnosti submerznih i flotantnih *Hydrophyta* duž Dunava



Grafik 4.3. Distribucija vrednosti indeksa diverziteta makrofita duž Dunava



Grafik 4.4. Distribucija vrednosti indeksa ekološkog i trofičkog satusa istraženih deonica duž Dunava

Rangovi i srednja vrednost za svaki numerički parametar makrofita su prikazani u Tabeli 4.1, dok se apsolutne vrednosti po transektu mogu pronaći u Prilogu 2.

Tabela 4.1. Numerički pokazatelji makrofita

		MIN	MAX	PROSEČNO	
EKOLOŠKI	HU RI	0.0	1.0	0.5	
	EQR HU_RI	0.0	0.5	0.3	
INDEKSI	Obs RMNI	4.7	9.7	7.8	
	MIR	10.0	72.8	30.5	
	MTR	10.0	62.9	30.8	
	Broj vrsta po snimku cela matrica	0.0	34.0	11.6	
	Broj vrsta po snimku	0.0	28.0	7.5	
	Broj vrsta u vodi	0.0	22.0	4.4	
	Broj vrsta na obali	0.0	8.0	3.1	
	Broj <i>Hydrophyta</i>	0.0	14.0	3.1	
	Broj <i>Amphiphyta</i>	0.0	5.0	0.9	
	Broj <i>Helophyta</i>	0.0	8.0	2.8	
ŽIVOTNE	Broj <i>Spermatophyta</i>	0.0	25.0	6.3	
	Broj <i>Bryophyta</i>	0.0	6.0	0.5	
FORME	Broj Macroalgae	0.0	4.0	0.5	
	Broj submerznih	0.0	9.0	1.4	
	Broj flotantnih	0.0	9.0	1.7	
	Broj emerznih	0.0	6.0	0.7	
	Broj ukorenjenih makrofita	0.0	8.0	1.3	
	Broj neukorenjenih makrofita	0.0	8.0	1.4	
	Broj pricvrscenih mahovina	0.0	4.0	0.3	
	Broj pricvrscenih algi	0.0	2.0	0.3	
	Broj flotantnih algi	0.0	3.0	0.1	
		N2 diverzitet	0.0	22.9	6.3
		N1 bogatstvo	0.0	25.0	6.8
		N2/N1 ujednačenost	0.8	1.0	0.9
DIVERZITETA	Shannon' (H) indeks diverziteta	0.0	3.2	1.7	
	Variance of samples	0.0	1.6	0.3	

Prilikom računanja numeričkih pokazatelja makrofita ustanovljeno je da su od svih testiranih indeksa ekološkog i trofičkog statusa reka potpuno relevantni rezultati dobijeni su samo na osnovu MTR indeksa i MIR indeksa trofičkog statusa. Nemački RI indeks je za 226 transekata u kategoriji TNg i 177 za kategoriju MRK imao nedovoljan procenat indikatorskih vrsta (<75%), te nisu postignuti minimumi uslova za računanje ekološkog statusa na osnovu makrofita prema ovom indeksu. Klasa relevantnosti ekološkog statusa za pomenute snimke je 5. tj, nepouzdan (eng. *unreliable*) te se evaluacija spram Nemačkog RI indeksa nije mogla biti smatrana relevantnom. U slučaju Mađarskog RI indeksa nedovoljan procenat indikatorskih vrsta (<75%) je zabeležen u 129 transekata. U ovoj grupi indeksa je Mađarski RI indeks odabran kao najrelevantniji. U grupi indeksa koji reflektuju trofički status reka MIR

indeks je mogao biti izračunat za 325 transekata. Za izračunavanje TIM trofičkog indeksa uslovni parametri su suma kvantitativnih ocena abundance vrste (>43) i SC (<0.2), međutim svega 78 transekata u setu podataka je zadovoljilo oba uslova za procenu, te je ovaj indeks zanemaren. Trofički MTR indeks izračunat je za svaki transekt, s tim da je 249 transekata svrstano u kategoriju *c* koja označava snimke u kojima je prisutno manje od 5 indikatorskih vrsta, u kategoriju *b* (5-8 indikatorskih vrsta) svrstano je 62 i u kategoriju *a* (>8 indikatorskih vrsta) 44 transekta. U slučaju RMNI indeksa izračunata je samo obsRMNI vrednost.

Generalno zapažanje prilikom računanja indeksa na osnovu makrofita je da veliki problem predstavljaju razlike u skalama za relativnu abundancu makrofita. Svaki od indeksa prema metodi ima predviđene rangove (ordinalne kategorije) u koje je potrebno smestiti vrste prema abundanci na svakom transektu. Problem se javlja kada je potrebno prevesti jednu relativnu vrednost u drugu ili kategoričku vrednost u numeričku, a kada se skale u kojima su prikupljeni uzorci i skale koje se koriste za računanje indeksa ne poklapaju u potpunosti. U setu indeksa korištenom u ovom istraživanju problemi su se pojavili u četiri od šest slučajeva, za indekse HU_RI, MTR, RMNI i MIR. Potencijalno rešenje za ovakve probleme bi moglo da bude beleženje apsolutne pokrovnosti svake prisutne vrste vrste tokom terenskih istraživanja. Apsolutne mere bi onda bez problema mogle biti prevedene u bilo koju relativnu skalu.

4.1.2 Sredinske varijable

Set podataka o sredinskim faktorima sastoji se od 189 sredinskih varijabli (Prilog 1) koje su podeljene u 6 podkategorija. Testiranjem kolinearnosti sredinskih faktora utvrđeno je da u setu nezavisnih varijabli postoji izuzetno visoka stopa kolinearnosti. Testovi su pokazali da u setu sredinskih faktora samo 36 varijabli nisu pokazale jaku korelaciju (>0.6 ili <-0.6 , Evans, 1996) ni sa jednom drugom. Prosečan broj jakih korelacija po varijabli je iznosio tri, dok je maksimalan broj jakih korelacija sa drugim varijablama iznosio 17. Ovi rezultati upućuju na to da je prilikom narednih analiza potrebno obratiti pažnju na mere kolinearnosti ili čak multikolinearnosti, tj. situacije kada u setu prediktora postoji jaka linearna zavisnost između tri ili više varijabli. Jedan od načina detektovanja multikolinearnosti je praćenje VIF faktora inflacije i sukcesivno isključivanje varijabli iz seta sredinskih faktora. U ovoj studiji je maksimalna dozvoljena vrednost VIF faktora podešena na sedam prema Feld i sar. (2016). Prema nekim autorima vrednost VIF veća od 10 ukazuje na multikolinearnost date varijable (Vittinghoff, 2005) dok drugi (Menard, 2001; James i sar., 2017) smatraju da i vrednost VIF veća od pet može da bude problematična, te je vrednost sedam usvojena kao optimalna.

4.1.3. Odnosi između makrofita i sredinskih faktora staništa

4.1.3.1. Odnosi između strukture makrofitske vegetacije i sredinskih faktora staništa

Detrendovana korespodentna analiza ukazala je da je u svakoj od matrica zavisnih varijabli (abundance vrsta) distribucija podataka normalna tj unimodalna. Utvrđene dužine gradijenata prve DCA ose za svaku testiranih matricu su sledeće: i) *Hydrophyta+Helophyta+Amphiphyta* - 8.541; ii) *Hydrophyta+Helophyta* 7.491; iii) *Hydrophyta* - 6.719; iv) Edifikatori - 6.932. Ovakva distribucija podataka dalje usmerava ka upotrebi unimodalnih multivarijantnih statističkih metoda (O'ahel'ová i sar., 2007).

Na osnovu svake od matrica makrofita formatirana je zasebna matrica sredinskih varijabli. Izdvojene podgrupe varijabli testirane su zasebno pojedinačnim preliminarnim CCA analizama kako bi odnos broja varijabli i broja uzoraka u matrici bio odgovarajući. U tabeli 4.2 je prikazan set izdvojenih relevantnih i signifikantnih varijabli sa naznačenom matricom makrofita za koju se pokazala kao značajna.

Tabela 4.2. Lista varijabli koje su se izdvojile kao relevantne i signifikantne tokom preliminarnih CCA analiza za sva četiri seta podataka

	Ekološki faktor	RBR	i)	ii)	iii)	iv)
	pH	12			*	
	Rastvoren kiseonik	7	*	*		*
	Kalijum (K) – ukupan	15	*			
Fizičko-hemijski parametri vode	Temperatura vode	19		*	*	
	Hloridi (Cl-)	3	*	*	*	
	Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)	4	*	*	*	*
	Sulfati (SO4--)	17	*	*	*	*
	Srednja brzina protoka	5			*	
	Strukture u rečnom koritu	400		*		
	Supstrat1 PC1	12	*			*
Hidromorfološki parametri	Izmene supstrata	15	*			*
	Brane	23		*	*	*
	Protok vode	6	*	*		*
	Sb-nagib	7				
	RKM	1	*	*	*	*
	Četinarske šume (na deonici)	16	*	*	*	*
	Mešovite šume (5km)	1	*			
	Kontinuirane urbane površine (5km)			*	*	
CORINE način upotrebe zemljišta u priobalju	Luke (1km)	5		*	*	
	Sportska igralista i odmarališta (5km)	8	*			
	Nemeliorisano obradivo zemlji (5km)	9		*		
	Pirinčana polja (1km)	11		*	*	
	Četinarske šume (1km)	17	*	*	*	
	Četinarske šume (5km)	17	*	*	*	
	Atrazin-2-hidoksi	40	*	*	*	*
	Cibitrin (Irgarol)	46	*			
	Dimetahlor CGA 369873	47	*	*		*
Herbicidi	Dinoterb	48	*			
	Karbetamid (Sulfadiazol)	50		*		
	Metazahlor ESA	55	*	*	*	
	Metolahlor ESA	59	*			
	Terbutilazin-2-hydroxy	65	*		*	*
	2.4-D	36		*		
	Hlorprofam	44		*		

i) *Hydrophyta+Helophyta+Amphiphyta*; ii) *Hydrophyta+Helophyta*; iii) *Hydrophyta*; iv) Edifikatori

Signifikantne i relevantne sredinske varijable su u različitim grupama uspele da objasne različite procenat varijanse u setu podataka o makrofitama. Najveći procenat varijabilnosti u matricama izdvojenih ekoloških grupa makrofita objašnjavala je podgrupa fizičko-hemijskih parametara koju su pratile grupe i hidromorfoloških parametara i

herbicida (Tabela 4.3). Samo je za matricu edifikatora grupa hidromorfoloških parametara staništa objasnila najveći procenat varijanse (Tabela 4.3). Finalne analize podrazumevale su grupisanje svih signifikantnih i relevantnih varijabli i testiranje procenta varijabilnosti zavisnih podataka koji je mogao biti objašnjen. Varijable koje su se u finalnim analizama izdvojile kao signifikantne i relevantne (VIF<7, p<0.05, LambdaA≥0.2) su u svakoj od izdvojenih matrica makrofita mogle da objasne do 30% varijanse. U slučaju i) *Hydrophyta+Helophyta+Amphiphyta* procenat objašnjene varijanse je 26 %, ii) *Hydrophyta+Helophyta* – 29 %; procenat objašnjene varijanse u matrici iii) *Hydrophyta* – je 30 % i u matrici iv) Edifikatori – 24 % (Tabela 4.3).

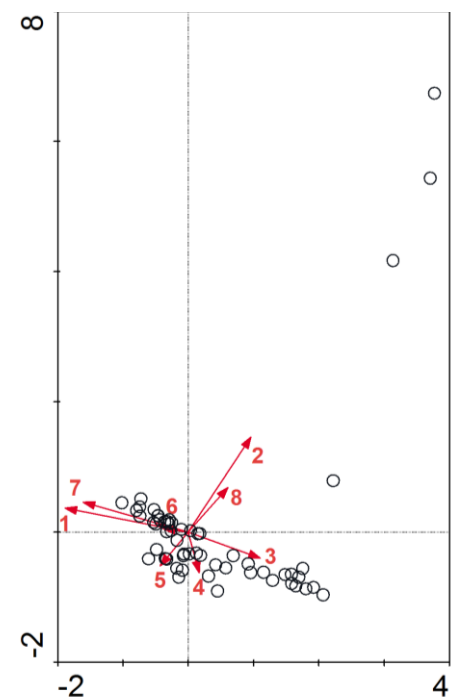
Tabela 4.3. CCA analize relacija distribucije makrofita i signifikantnih i relevantnih ekoloških faktora svaku od podgrupa ekoloških faktora

	Suma svih kanonijskih eigen-vrednosti % ukupne varijanse objašnjen pomoću varijabli		Suma svih kanonijskih eigen-vrednosti % ukupne varijanse objašnjen pomoću varijabli		Suma svih kanonijskih eigen-vrednosti % ukupne varijanse objašnjen pomoću varijabli		Suma svih kanonijskih eigen-vrednosti % ukupne varijanse objašnjen pomoću varijabli	
	<i>Hydrophyta+ Helophyta+ Amphiphyta</i> 8.542		<i>Hydrophyta+ Helophyta</i> 7.491		<i>Hydrophyta</i> 6.719		Edifikatori 6.932	
Fizičko-hemijski parametri	1.684	19.7	1.419	18.9	1.460	21.7	0.960	13.8
Herbicidi	1.034	12.1	1.417	18.9	1.114	16.6	0.970	14.0
CORINE način upotrebe zemljišta u priobalju	0.889	10.4	1.257	16.8	0.819	12.2	0.268	3.9
Hidromorfološki parametri	1.220	14.3	1.334	17.8	0.931	13.9	1.440	20.7
Sve signifikantne i relevantne varijable	2.221	26.0	2.153	28.7	2.032	30.2	1.655	23.9

U tabelama 4.4 – 4.7 se nalaze koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama CCA analize za svaku od izdvojenih matrica makrofita. Na graficima 4.5 – 4.8 se mogu videti rezultati CCA analiza distribucije karakteristika makrofita i relevantnih sredinskih faktora.

Tabela 4.4. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinationim osama CCA analize (matrica *Hydrophyta+Helophyta+Amphiphyta*)

N		AX1	AX2	AX3	AX4
	% varijanse relacija vrsta i sredinskih faktora	22.8	17.1	16.3	11.7
RBR	objašnjen ord. osama:				
3	Hloridi (Cl-)	-0.17	0.07	-0.27	0.49
4	Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)	0.10	-0.47	0.48	-0.14
7	Rastvoreni kiseonik	0.51	-0.29	0.37	0.44
15	Kalijum (K) – ukupan	-0.19	-0.32	0.16	-0.08
40	Atrazin-2-hidoksi	-0.86	0.09	0.07	-0.06
46	Cibitrin	0.41	-0.21	0.20	-0.10
55	Metazahlor ESA	0.21	-0.01	-0.16	0.04
59	Metolahlor ESA	0.74	-0.13	-0.17	0.13
65	Terbutilazin-2-hidroxi	-0.33	0.13	-0.06	0.40
278	Četinarske šume (na deonici)	0.38	0.71	0.41	-0.02
347	Sportska igralista i odmarališta (5km)	0.14	-0.19	0.21	-0.06
356	Četinarske šume (5km)	0.24	0.35	0.16	0.01
384	Protok vode	-0.73	0.17	0.00	-0.04
390	Supstrat1 PC1	-0.43	-0.05	0.28	0.19
393	Izmene supstrata	-0.20	0.46	-0.31	-0.50

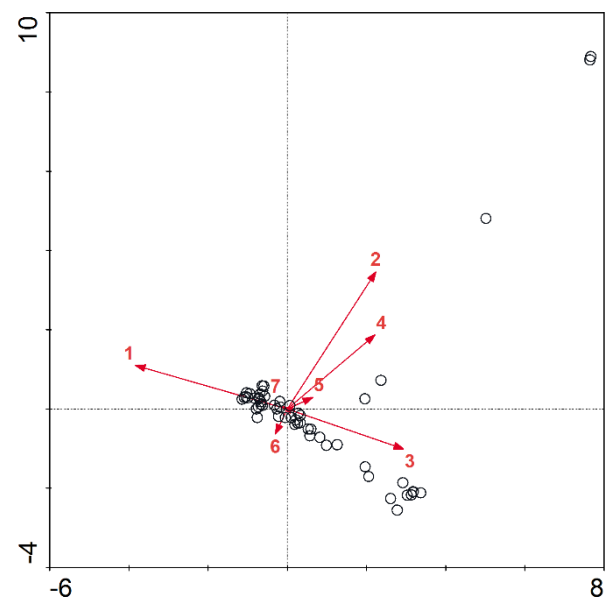


- 1 Atrazin-2-hidoksi
- 2 Četinarske šume (na deonici)
- 3 Rastvoren kiseonik
- 4 Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)
- 5 Kalijum (K) – ukupan
- 6 Hloridi (Cl-)
- 7 Protok vode
- 8 Četinarske šume (5km)

Grafik 4.5. CCA analiza distribucije karateristika makrofita po lokalitetu i relevantnih sredinskih faktora

Tabela 4.5. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama CCA analize (matrica *Hydrophyta+Helophyta*)

		AX1	AX2	AX3	AX4
RBR	% varijanse relacija vrsta i sredinskih faktora objašnjen ord. osama:	26.4	21.3	10	10.8
3	Hloridi (Cl ⁻)	-0.19	-0.07	0.39	0.15
4	Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)	0.14	-0.24	-0.33	0.39
7	Rastvoreni kiseonik	0.63	-0.18	0.24	0.20
19	Temperatura	-0.40	-0.13	-0.05	-0.27
36	2.4-D	-0.06	-0.13	0.29	0.04
40	Atrazin-2-hidoksi	-0.83	0.20	-0.09	0.03
55	Metazahlor ESA	0.11	-0.03	0.25	-0.13
278	Četinarske šume (na deonici)	0.47	0.73	-0.04	0.01
305	Luke	0.26	0.36	-0.02	-0.02
311	Pirinčana polja	-0.04	0.02	0.31	0.38
340	Kontinuirane urbane površine (5km)	0.16	-0.15	0.04	-0.02
384	Protok	-0.70	0.24	-0.23	0.05
400	Strukture u rečnom kanalu	0.14	0.06	-0.46	0.20
401	Brane	0.45	0.40	0.18	-0.06

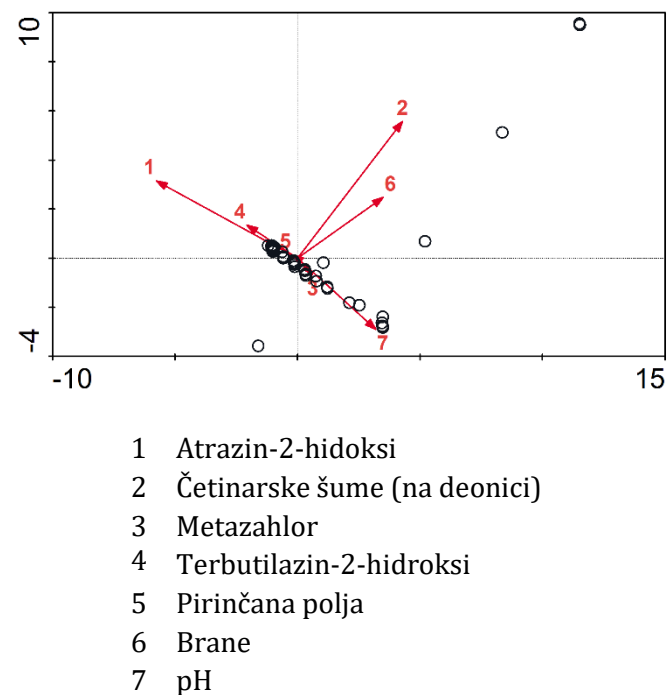


- 1 Atrazin-2-hidoksi
- 2 Četinarske šume (na deonici)
- 3 Brane
- 4 Strukture u rečnom kanalu
- 5 Pirinčana polja
- 6 Ratvoreni kiseonik
- 7 2.4-D

Grafik 4.6. CCA analiza distribucije karakteristika makrofita po loklitetu i relevantnih sredinskih faktora

Tabela 4.6. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama CCA analize (matrica *Hydrophyta*)

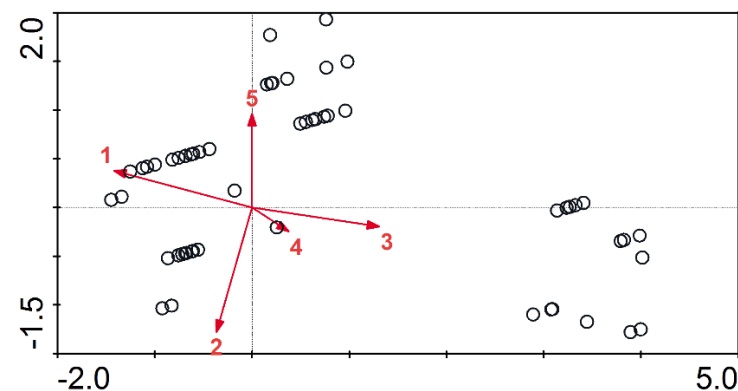
		AX1	AX2	AX3	AX4
RBR	% varijanse relacija vrsta i sredinskih faktora objašnjen ord. osama:	30.2	25.2	12.5	8.6
3	Hloridi (Cl-)	-0.22	-0.02	0.32	0.12
4	Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)	0.10	-0.27	-0.44	0.18
12	pH	0.43	-0.35	0.32	0.13
40	Atrazin-2-hidoksi	-0.78	0.40	-0.08	0.08
55	Metazahlor ESA	0.08	-0.08	0.22	-0.17
65	Terbutilazin-2-hydroxy	-0.28	0.18	0.48	0.05
278	Četinarske šume (na deonici)	0.62	0.62	-0.02	0.01
305	Luke	0.34	0.31	0.00	0.00
311	Pirinčana polja	-0.02	0.01	0.19	0.48
340	Kontinuirane urbane površine (5km)	0.14	-0.18	0.04	0.01
401	Brane	0.49	0.26	0.16	-0.11



Grafik 4.7. CCA analiza distribucije karakteristika makrofita po lokalitetu i relevantnih sredinskih faktora

Tabela 4.7. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama CCA analize (matrica Edifikatora)

		AX1	AX2	AX3	AX4
RBR	% varijanse relacija vrsta i sredinskih faktora objašnjen ord. osama:	30.4	19.7	14.7	11.6
4	Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)	-0.01	0.47	0.39	0.08
7	Rastvoren kiseonik	0.40	0.56	-0.25	-0.07
17	Sulfati (SO4--)	-0.65	0.15	-0.08	0.05
40	Atrazin-2-hidoksi	-0.84	0.12	0.20	-0.03
47	Dimetahlor CGA 369873	0.33	-0.24	0.47	-0.02
65	Terbutilazin-2-hydroxy	-0.29	0.07	-0.48	-0.05
278	Četinarske šume (na deonici)	0.21	-0.01	-0.07	0.79
379	RKM	0.77	-0.09	0.33	0.06
384	Discharg	-0.73	-0.07	0.05	0.00
390	Supstrat1 PC1	-0.48	0.34	-0.03	0.02
393	Izmene supstrata	-0.19	-0.64	0.28	0.23
401	Brane	0.37	-0.12	-0.16	0.48



- 1 Atrazin-2-hidoksi
- 2 Izmene supstrata
- 3 RKM
- 4 Četinarske šume (na deonici)
- 5 Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)

Grafik 4.8. CCA analiza distribucije karateristika makrofita po lokalitetu i relevantnih sredinskih faktora

Posmatrajući rezultate CCA analiza može se uočiti da su određene sredinske varijable izdvojene kao signifikantne na svakom nivou posmatranja. Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija), Brane, Atrazin-2-hidoksi i Četinarske šume na deonici su sredinski faktori koji su se izdvojili na sva četiri nivoa, dok su Terbutilazin-2-hidroksi, Metazahlor ESA i Rastvoren kiseonik izdvojeni na tri od četiri nivoa.

Rezultati DCA analiza matrica ekoloških karakteristika vrsta upućivale su na linearnu distribuciju podatka u sve tri matrice. Dužine gradijenata prve DCA ose su redom bile 1.345 za maticu životnih formi biljaka, 1.524 za maticu reproduktivnih karakteristika vrsta i 1.480 za maticu afiniteta i tolerantnosti vrsta ka različitim fizičko-hemijskim karakteristikama staništa. Ovakvi rezultati su implicirali dalju upotrebu linearne multivarijantne orinacione RDA analize za potrebe testiranja potencijalnih relacija između obrasca distribucije ekoloških karakteristika makrofita i sredinskih ekoloških faktora duž Dunava.

Na osnovu svake od matrica ekoloških karakteristika makrofita formatirana je zasebna matrica sredinskih varijabli. Izdvojene podgrupe varijabli testirane su zasebno pojedinačnim preliminarnim DCA analizama kako bi odnos broja varijabli i broja uzoraka u matrici bio odgovarajući. U tabeli 4.8 je prikazan set izdvojenih relevantnih i signifikantnih varijabli sa naznačenom matricom makrofita za koju se pokazala kao značajna.

Tabela 4.8. Lista varijabli koje su se izdvojile kao relevantne i signifikantne tokom preliminarnih RDA analiza za sva tri seta podataka

Ekološki faktor		RBR	i)	ii)	iii)
Fizičko-hemijski parametri vode	Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)	4		*	
	Kalijum	15		*	
	Hloridi	3			*
	Fosfati	13			*
	Fosfor (P) - ukupan	14			*
Hidromorfološki parametri	Površinska brzina vode	189	*	*	*
CORINE način upotrebe zemljišta u priobalju	Gradilišta (na deonici)	69	*	*	*
	Vodna tela (na deonici)	84	*	*	*
	Vodna tela (1km)	123	*		*
	Pašnjaci (5km)	152	*		
	Industrijske, komercijalne i transportne površine (1km)	164	*		
	Gradilišta (1km)	146	*		
	Veštače nepoljoprivredne površine (5km)	166	*		

	Industrijske, komercijalne i transportne površine	66	*	
	Višekulturni poljoprivredni kompleksi (na deonici)	76	*	
	Veštačke površine (na deonici)	97		*
	Pašnjaci	108	*	
	Četinarske šume (1km)	118		*
	Luke (1km)	144		*
	Mešoviti zasadi (5km)	153		*
	Prirodne livade	159		*
	Karbetamid	28	*	
	Cibitrin (Irgarol)	33	*	
	Dimetahlor CGA 369873	34	*	*
	Glifosat	41	*	*
	Metazahlor ESA (BH 479-8)	46	*	*
	Prometrin	52	*	
Herbicidi	Terbutilazin SYN 545666	61	*	
	2,4-D	20	*	*
	Hloroprofam	31	*	
	Terbitalazin	62	*	*
	MCPA	21		*
	Atrazin	24		*
	Atrazin-desetil	26		*
	Metabenzthiazuron	49		*

i) životna forma; ii) način reprodukcije; iii) afinitet ka fizičko-hemijskim uslovima staništa

RDA analize su ukazale na to da testirane sredinske varijable mogu da objasne do 38% varijabilnosti distribucije ekoloških karakteristika makrofita duž Dunava (Tabela 4.9).

Za grupu karakteristika životnih formi biljaka analiza je izdvojila 4 relevantna ekološka faktora (gradilišta (na deonici), vodna tela (na deonici), pašnjaci (5km), površinska brzina vode) koji su zajedno objasnili oko 26.8% (Tabela 4.10, Grafik 4.9). U grupi reproduktivnih karakteristika signifikantne varijable su objasnile oko 38% procenata ukupne varijanse. Analiza je izdvojila važnost Hlorofila a, površinske brzine vode, gradilišta (na deonici), MCPA, Metabenzthiazuron, i derivate Dimetahlora i Atrazina (Tabela 4.11, Grafik 4.10). Sve signifikantne varijable su zajedno objasnile oko 27% varijabilnosti u podgrupi karakteristika koje opisuju afinitete i tolerantnost biljaka ka različitim fizičko-hemijskim karakteristikama staništa (Tabela 4.12). Ukupan Fosfor, fosfati, pašnjaci, gradilišta i vodna tela duž obala transekta, 2,4-D, veštačke površine (na deonici), četinarske šume (1km) su izdvojeni kao najdominantnij faktori (Grafik 4.11).

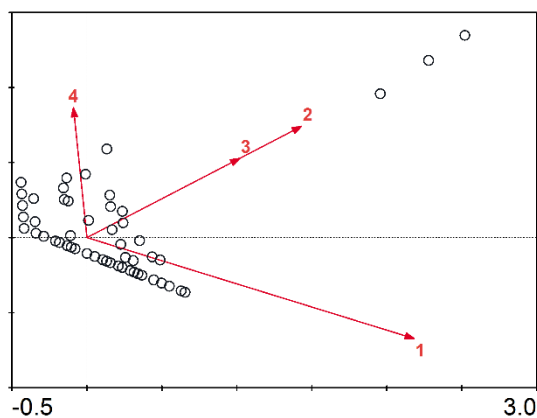
U tabelama 4.10 – 4.12 se nalaze koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinacionim osama DCA analize za svaku od izdvojenih matrica makrofita. Na graficima 4.9 – 4.11 se mogu videti rezultati DCA analiza distribucije karakteristika makrofita i relevantnih sredinskih faktora.

Tabela 4.9. RDA analize relacija distribucije ekoloških karakteristika makrofita i signifikantnih i relevantnih ekoloških faktora svaku od podgrupa ekoloških faktora

	Suma svih kanonijskih eigen-vrednosti % ukupne varijanse objašnjen pomoću varijabli		Suma svih kanonijskih eigen-vrednosti % ukupne varijanse objašnjen pomoću varijabli		Suma svih kanonijskih eigen-vrednosti % ukupne varijanse objašnjen pomoću varijabli	
	Karakteristike životnih formi biljaka	Reproduktivne karakteristike biljaka	Afinitet i tolerantnost ka ekološkim faktorima staništa			
Fizičko-hemijski parametri	-	-	0.194	19.4	0.157	15.7
Herbicidi	0.335	33.5	0.369	36.9	0.038	3.8
CORINE način upotrebe zemljišta u priobalju	0.189	18.9	0.086	8.6	0.169	16.9
Hidromorfološki parametri	0.142	14.2	0.171	17.0	0.090	9.0
Sve signifikantne i relevantne varijable	0.268	26.8	0.380	38.0	0.268	26.8

Tabela 4.10. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinationim osama RDA analize (matrica distribucije karateristika životnih formi biljaka)

		AX1	AX2	AX3	AX4
RBR	% varijanse relacija vrsta i sredinskih faktora objašnjen ord. osama:	72.4	23.4	4.2	0.0
69	Gradilišta (na deonici)	0.38	0.26	0.16	0.00
84	Vodna tela (na deonici)	0.27	0.19	0.11	0.00
52	Pašnjaci (5km)	-0.02	0.30	-0.34	0.00
89	Površinska brzina vode	0.58	-0.24	-0.16	0.00

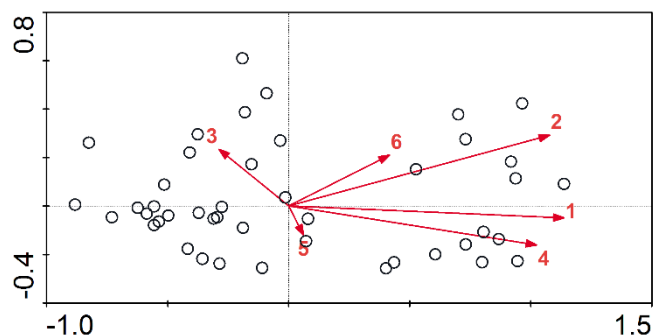


1. Površinska brzina vode
2. Gradilišta (na deonici)
3. Vodna tela (na deonici)
4. Pašnjaci (5km)

Grafik 4.9. RDA analiza distribucije karateristika životnih formi biljaka i relevantnih sredinskih faktora

Tabela 4.11. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinationim osama RDA analize (matrica distribucije reproduktivnih karakteristika biljaka)

		AX1	AX2	AX3	AX4
RBR	% varijanse relacija vrsta i sredinskih faktora objašnjen ord. osama:	76.6	88.5	93.4	97
4	Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)	0.57	-0.18	0.03	-0.04
21	MCPA	0.24	0.19	-0.09	0.10
26	Atrazin-desetil	0.03	-0.13	-0.26	-0.10
34	Dimetahlor CGA 369873	0.63	-0.08	0.01	-0.05
46	Metazahlor ESA (BH 479-8)	-0.15	0.12	-0.02	0.10
49	Metabenzthiazuron	-0.16	0.23	0.01	-0.04
66	Industrijske, komercijalne i transportne površine	0.10	0.30	0.10	0.10
69	Gradilišta (na deonici)	0.23	0.05	-0.06	0.34
189	Površinska brzina vode	0.60	0.24	-0.07	-0.22

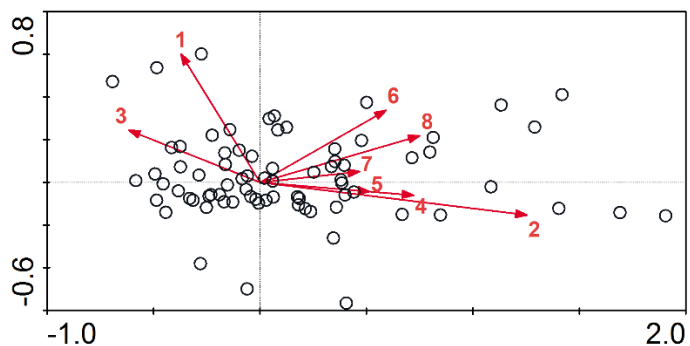


1. Dimetahlor CGA 369873
2. Površinska brzina vode
3. Metabenzthiazuron
4. Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)
5. Atrazin-desetil
6. MCPA

Grafik 4.10. RDA analiza distribucije reproduktivnih karakteristika biljaka i relevantnih sredinskih faktora

Tabela 4.12. Koeficijenti korelacije signifikantnih ekoloških faktora sa ordinationim osama RDA analize
(matrica distribucije ekoloških afiniteta i tolerantnosti biljaka)

		AX1	AX2	AX3	AX4
RBR	% varijanse relacija vrsta i sredinskih faktora objašnjen ord. osama:				
13	Fosfati	-0.13	0.37	0.05	0.04
14	Fosfor (P) - ukupan	0.43	-0.08	-0.12	-0.17
20	2.4-D	-0.21	0.15	-0.32	0.15
69	Gradilišta (na deonici)	0.25	-0.03	-0.15	0.19
84	Vodna tela (na deonici)	0.18	-0.02	-0.11	0.14
97	Veštačke površine (na deonici)	0.20	0.21	0.04	0.05
118	Četinarske šume (1km)	0.16	0.02	0.27	0.14
123	Vodna tela (1km)	0.18	-0.02	-0.11	0.14
159	Prirodne livade (5km)	0.26	0.14	-0.06	-0.11



1. Fosfor (P) - ukupan
2. Gradilišta (na deonici)
3. Pašnjaci
4. 2.4-D
5. Fosfati
6. Vodna tela (na deonici)
7. Veštačke površine (na deonici)
8. Četinarske šume (1km)

Grafik 4.11. RDA analiza ekoloških afiniteta biljaka i relevantnih sredinskih faktora

4.1.3.2. Odnosi između numeričkih pokazatelja makrofita i sredinskih faktora staništa

Upotrebom algoritama mašinskog učenja (eng. *Random forest*, RF i eng. *Boosted Regression Trees*, BRT), izdvojene su sredinske varijable koje su sa najvećim uspehom mogle da opišu varijabilnost vrednosti ekoloških i trofičkih indeksa izračunatih na osnovu abundance makrofita. Izvedeno je pet serija analiza, za svaku od izračunatih indeksnih vrednosti po jedna (HU_RI, HU_RI_EQR, MTR, MIR, obsRMNI). Za svaki indeks urađene su RF i BRT analize za svaki izdvojeni podset sredinskih varijabli.

U slučaju RF analiza utvrđeno je da je 2000 stabala odgovarajući broj za ovakav tip analize, s obzirom da se OBB greška u svim analizama stabilizovana nakon 1000-1500 stabala. Za svaku analizu je ukupan broj sredinskih varijabli bio podeljen sa tri i dobijena vrednost je upotrebljena kao *mtry* vrednost u preliminarnoj analizi. Za svaku analizu urađeno je nekoliko iteracija prilikom kojih je *mtry* vrednost povećavana i smanjivana za po jedan kako bi bila odabrana najoptimalnija verzija RF analize tj. ona kod koje je OBB greška najbrže ulazila u fazu stagnacije i imala što manje oscilacije sa povećanjem broja stabala u analizi. U slučaju BRT analize broj stabala je podignut na 10000 obzirom da su postojale analize za koje inicijalni broj od 5000 stabala nije odgovarajući, tj analize koje sa stopom učenja od 0.005 nisu uspevale da obuče algoritam.

Najznačajnije varijable su izdvojene tako što su za oba tipa analiza postavljene granične vrednosti od 5% relativne važnosti varijable u analizi (“Relativne” *gg_vimp* vrednosti za RF i Relativni uticaj za BRT analizu). U tabelama 4.13-17 su prikazane navedene vrednosti kao i dodatno izračunate vrednosti za najrelevantnije varijable upotrebom *max.subtree* funkcije.

Tabela 4.13. Spisak najznačajnijih sredinskih varijabli u analizi HU_RI vrednosti

			RF			BRT	
			gg_vimp	"Relativni " gg_vimp	max.sub tree (x)	Relativni uticaj	Grupa
(OOB) R ²	0.32	RKM*	0.0020	19.2	0.11	21.1	Fizičko-hemijski parametari
		Suspendovane materije*	0.0016	15.1	0.11	17.2	
mtry:	5.00	Elektroprovodljivost*	0.0013	12.7	0.12		
Broj varijabli:	17.00	Sulfati (SO ₄ ⁻⁻)*	0.0011	10.6	0.06		
		Rastvoren organski ugljenik *	0.0009	8.8	0.11	12.4	
		Rastvoren kiseonik*	0.0008	7.5	0.10	10.5	
		Natrijum (Na) – ukupan	0.0007	6.7	0.06		
		Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)				5.4	
(OOB) R ²	0.32	RKM*	0.0025	19.9	0.11	25.2	Herbicidi
		Karbetamid (Sulfadiazol)*	0.0018	14.0	0.08	14.8	
mtry:	9.00	Dinoterb*	0.0017	13.5	0.08	13.0	
Broj varijabli:	29.00	Karbetamid*	0.0010	8.0	0.10	9.3	
		Metolahlor*	0.0008	6.1	0.11	9.7	
		S-Metolahlor NOA 413173 Aminometilfosfonska kiselina (AMPA)*	0.0007 0.0006	5.3 5.0	0.06 0.10		
(OOB) R ²	0.34	RKM*	0.0108	83.4	0.07	85.3	CORINE (na deonici)
		Sportska igralista i odmarališta*	0.0009	7.0	0.09		
mtry:	3.00	Luke*	0.0007	5.4	0.08		
Broj varijabli:	9.00	Vinogradi*	0.0005	4.1	0.05		CORINE (1km uzvodn
		Pašnjaci				8.4	
(OOB) R ²	0.31	RKM*	0.0112	98.5	0.07	93.0	CORINE (1km uzvodn
		Pašnjaci				7.0	
mtry:	3.00	RKM*					CORINE (5km uzvodno)
Broj varijabli:	7.00	Suspendovane materije*					
(OOB) R ²	0.32	RKM*	0.0104	84.1	0.06	93.1	
		Pašnjaci*	0.0009	7.3	0.13	6.9	
mtry:	3.00	Vinogradi*	0.0007	5.3	0.05		
Broj varijabli:	7.00	Mešovite šume*	0.0002	1.8	0.04		
		Kontinuirane urbane površine *	0.0002	1.4	0.05		
(OOB) R ²	0.32	RKM*	0.0023	20.6	0.10	17.4	Hidromorfološki parametri
		Srednje dubina uzorka *	0.0018	15.8	0.10	23.2	
mtry:	7.00	Širina *	0.0011	10.0	0.09	6.7	
Broj varijabli:	22.00	Površina*	0.0010	9.0	0.09	11.0	
		Udaljenost obale *	0.0008	7.1	0.11	8.4	
		Planform	0.0006	5.5	0.05		
		Protok vode *	0.0006	5.3	0.09		
		Supstrat1 PC1				5.1	

* Sredinske varijable koje su u u RF analizi izdvojene kao top varijable pomoću alata max.subtree (#topvars) izdvojene kao najvažnije

Tabela 4.14. Spisak najznačajnijih sredinskih varijabli u analizi HU_RI_EQR vrednosti

			RF			BRT	
			gg_vimp	"Relativni" gg_vimp	max.subtree (x)	Relativni uticaj	Grupa
(OOB) R ²	0.32	RKM*	0.0005	19.16	0.11	21.94	Fizičko-hemijski parametari
mtry:	5	Suspendovane materije*	0.0004	15.10	0.11	17.94	
Broj varijabli:	17	Elektroprovodljivost*	0.0003	12.70	0.12	9.17	
		Sulfati (SO ₄ ⁻⁻)*	0.0003	10.56	0.06	3.66	
		Rastvoren organski ugljenik *	0.0002	8.82	0.11	12.35	
		Rastvoren kiseonik*	0.0002	7.50	0.10	10.63	
		Natrijum (Na) – ukupan	0.0002	6.66	0.06		

(OOB) R \wedge 2	0.32	RKM*	0.0006	19.89	0.11	26.09	Herbicidi
mtry:	7	Karbetamid (Sulfadiazol)*	0.0004	14.04	0.08	14.07	
Broj varijabli:	29	Dinoterb*	0.0004	13.48	0.08	12.97	
		Karbetamid*	0.0003	8.01	0.10	8.81	
		Metolahlor*	0.0002	6.10	0.11	10.36	
		Aminometilfosfonska kiselina (AMPA)*	0.0002	5.30	0.10		
(OOB) R \wedge 2	0.34	RKM*	0.0028	83.37	0.06	85.31	CORINE (na deonici)
mtry:	5	Sportska igralista i odmarališta*	0.0002	6.97	0.09		
Broj varijabli:	9	Luke*	0.0001	5.44	0.07	8.41	
(OOB) R \wedge 2	0.31	RKM*	0.0029	98.50	0.06	92.89	CORINE (1km uzvodno)
mtry:	4	Pašnjaci*	0.0000		0.14	7.11	
Broj varijabli:	7						
(OOB) R \wedge 2	0.32	RKM*	0.0028	84.07	0.05	92.76	CORINE (5km uzvodno)
mtry:	5	Pašnjaci*	0.0002	7.28	0.14	7.24	
Broj varijabli:	7	Vinogradi*	0.0002	5.33	0.05		
(OOB) R \wedge 2	0.32	RKM	0.0006	20.64	0.10	18.33	Hidromorfološki parametri
mtry:	10	Srednje dubina uzorka*	0.0006	15.82	0.10	23.84	
Broj varijabli:	22	Površina	0.0003	10.05	0.08	10.88	
		Širina	0.0003	9.00	0.09	6.73	
		Udaljenost obale*	0.0002	7.14	0.11	8.33	
		Planform	0.0001	5.51	0.05		
		Izmene supstrata	0.0001	5.30	0.03		

* Sredinske varijable koje su u u RF analizi izdvojene kao top varijable pomoću alata max.subtree (#topvars) izdvojene kao najvažnije

Tabela 4.15. Spisak najznačajnijih sredinskih varijabli u analizi MIR vrednosti

			RF			BRT	
			gg_vimp	"Relativni" gg_vimp	max.subtree (x)	Relativni uticaj	Grupa
(OOB) R \wedge 2	0.56	RKM*	22.43	19.16	0.12	33.62	Fizičko-hemijski parametri
mtry:	5	Sulfati (SO ₄ ⁻⁻)*	16.67	15.10	0.07	4.82	
Broj varijabli:	17	Natrijum (Na) - ukupan*	10.63	12.70	0.07	2.53	
		Kalijum (K) - ukupan*	8.97	10.56	0.07	6.04	
		Fosfor (P) - ukupan *	7.40	8.82	0.11	9.45	
		Rastvoren organski ugljenik *	6.99	7.50	0.11	7.55	
		Rastvoren kiseonik*	4.97	6.66	0.11	8.31	
(OOB) R \wedge 2	0.57	RKM*	27.67	19.89	0.11	31.15	Herbicidi
mtry:	10	Metabenzthiazuron	16.17	14.04	0.04	6.24	
Broj varijabli:	29	Aminometilfosfonska kiselina (AMPA)*	11.22	13.48	0.12	7.36	
		v74Tebucon	7.84	8.01	0.05	4.60	
		2,4-D*	7.08	6.10	0.12	10.97	
		Dinoterb*	5.48	5.30	0.08	3.84	
		Karbetamid (Sulfadiazol)*	5.44	5.00	0.08		
		Karbetamid*				6.57	
(OOB) R \wedge 2	0.54	RKM*	109.32	83.37	0.06	92.64	CORI NE (na deoni)
mtry:	6	Pašnjaci*	3.09	6.97	0.12	6.66	

Broj varijabli:	9	Vinogradi	0.41	5.44	0.01		
(OOB) R \wedge 2	0.56	RKM*	112.03	98.50	0.07	89.47	CORINE (1km uzvodno)
mtry:	4	Pašnjaci*				10.53	
Broj varijabli:	7						
(OOB) R \wedge 2	0.53	RKM*	99.92	84.07	0.06	92.68	CORINE (5km uzvodno)
mtry:	4	Pašnjaci*	6.16	7.28	0.15	7.32	
Broj varijabli:	7	Mešovite šume	2.19	5.33	0.03		
(OOB) R \wedge 2	0.57	RKM*	39.52	20.64	0.09	35.44	Hidromorfološki parametri
mtry:	7	Brane	13.87	15.82	0.02	0.44	
Broj varijabli:	22	Udaljenost obale*	10.02	10.05	0.10	11.41	
		Širina*	7.29	9.00	0.10	4.05	
		Srednje dubina uzorka*	6.44	7.14	0.11	7.80	
		Veštačke površine	6.09	5.51	0.05	1.94	
		Maksimalna dubina*	6.03	5.30	0.10	2.52	
		Površina*				5.98	
		Erozija/Taloženje*				6.58	
		Površinska brzina vode				5.21	

* Sredinske varijable koje su u u RF analizi izdvojene kao top varijable pomoću alata max.subtree (#topvars) izdvojene kao najvažnije

Tabela 4.16. Spisak najznačajnijih sredinskih varijabli u analizi MTR vrednosti

			RF			BRT	Grupa
			gg_vimp	"Relativni" gg_vimp	max.subtree (x)	Relativni uticaj	
(OOB) R \wedge 2	0.42	RKM*	12.14	23.15	0.11	33.62	Fizičko-hemijski parametri
mtry:	5	Natrijum (Na) – ukupan*	6.41	12.21	0.06		
Broj varijabli:	17	Rastvoren kiseonik*	5.15	9.82	0.11	8.31	
		Elektroprovodljivost*	4.26	8.11	0.12		
		Suspendovane materije	3.76	7.16	0.11		
		Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)*	2.92	5.56	0.13		
		Sulfati (SO ₄ ⁻⁻)*	2.72	5.17	0.08		
		Fosfor (P) - ukupan *				9.45	
		Rastvoren organski ugljenik *				7.55	
		Kalijum (K) – ukupan*				6.04	
(OOB) R \wedge 2	0.43	RKM*	26.26	39.52	0.10	31.15	Herbicidi
mtry:	8	Metolahlor*	7.63	11.48	0.11	4.52	
Broj varijabli:	29	2,4-D*	5.94	8.93	0.11	10.97	
		Dinoterb*	3.44	5.17	0.09	3.84	
		Aminometilfosfonska kiselina (AMPA)*				7.36	
		Dimetahlor CGA369873				0.21	
		Karbetamid*				6.57	
		Metabenzthiazuron				6.24	
(OOB) R \wedge 2	0.41	RKM*	64.07	97.43	0.07	92.64	CORINE (na deonici)
mtry:	5	Pašnjaci*				6.66	
Broj varijabli:	9						
(OOB) R \wedge 2	0.41	RKM*	65.94	101.97	0.07	89.47	CORINE (1km uzvo
mtry:	3						

Broj varijabli:	7						
(OOB) R ²	0.42	RKM*	60.90	90.55	0.07	92.68	CORINE (5km uzvodno)
mtry:	3	Vinogradi*	3.59	5.33	0.07		
Broj varijabli:	7	Pašnjaci*				7.32	
(OOB) R ²	0.42	RKM*	28.84	39.32	0.09	35.44	Hidromorfološki parametri
mtry:	8	Sb-nagib*	7.41	10.10	0.06	3.82	
Broj varijabli:	22	Površina*	7.31	9.97	0.10	5.98	
		Srednje dubina uzorka*	5.81	7.92	0.10	7.80	
		Maksimalna dubina*	3.64	4.97	0.10		
		Udaljenost obale*	2.33	3.18	0.10	11.41	
		Površinska brzina vode	2.02	2.76	0.09	5.21	
		Erozija/Taloženje				6.58	

* Sredinske varijable koje su u u RF analizi izdvojene kao top varijable pomoću alata max.subtree (#topvars) izdvojene kao najvažnije

Tabela 4.17. Spisak najznačajnijih sredinskih varijabli u analizi obsRMNI vrednosti

			RF			BRT	
			vimp	relative vimp	xmax x	rel.inf	Grupa
(OOB) R ²	0.59	RKM*	0.15	28.34	0.11	27.41	Fizičko-hemijski parametri
mtry:	5	Sulfati (SO ₄ ⁻⁻)*	0.08	15.91	0.08	5.21	
Broj varijabli:	17	Kalijum (K) – ukupan	0.08	15.80	0.07		
		Natrijum (Na) – ukupan*	0.03	6.73	0.06		
		Elektroprovodljivost*	0.03	5.61	0.12	14.45	
		Rastvoren kiseonik*				7.88	
		Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)*				5.69	
		Suspendovane materije* v1Ammonium				6.40 5.46	
(OOB) R ²	7	RKM*	0.23	39.09	0.10	31.17	Herbicidi
mtry:	29	Aminometilfosfonska kiselina (AMPA)*	0.06	10.71	0.10		
Broj varijabli:	0.59	2,4-D*	0.06	9.91	0.11	17.15	
		Metabenzotiazuron	0.03	5.70	0.03		
		Metolahlor ESA	0.03	5.60	0.03		
		Dinoterb* Metolahlor*				7.83 12.91	
(OOB) R ²	5	RKM*	0.64	96.28	0.07	92.04	CORINE (na deonici)
mtry:	9	Pašnjaci*				5.94	
Broj varijabli:	0.60	Sportska igralista i odmarališta*					
(OOB) R ²	0.61	RKM*	0.66	95.66	0.07	91.18	CORINE (1km uzvodno)
mtry:	4	Pašnjaci*				8.82	
Broj varijabli:	7	Mešovite šume					
(OOB) R ²	0.61	RKM*	0.61	93.16	0.07	90.94	CORINE (5km uzvodno)
mtry:	4	Pašnjaci*				9.06	
Broj varijabli:	7	Vinogradi*					
(OOB) R ²	0.59	RKM*	0.22	36.25	0.09	33.39	Hi dr o m ...f
mtry:	9	Širina*	0.09	13.93	0.10	2.06	

Broj varijabli:	22	Srednje dubina uzorka*	0.06	9.31	0.10	10.97
		Površina*	0.05	8.44	0.10	12.68
		Protok vode*	0.04	6.72	0.10	
		Sb-nagib*				6.72

Paralelnim pregledom rezultata u svih pet serija analiza uočava se obrazac ponavljanja najsignifikantnijih varijabli u okviru podgrupa, s tim da se od ukupno 189 varijable 19 varijabli izdvajaju kao signifikantne u svih pet serija (Natrijum (Na) – ukupan, Sulfati (SO₄⁻⁻), suspendovane materije, elektroprovodljivost, rastvoren kiseonik, prisustvo pašnjaka u priobalju (5km uzvodno od deonice), udaljenost od ušća (RKM), srednja dubina uzorka, površina), AMPA. Varijabla RKM (rečni kilometar) se u svakoj analizi izdvojila kao najsignifikantniji faktor ukazujući na jačinu uticaja gradijenta rečnog toka od izvora ka ušću na ekološki status reka na osnovu makrofita.

4.1.4. Determinante distribucije makrofita duž toka reke Dunav

Na osnovu izvedenih analiza relacija fizičko-hemijskih, hidromorfoloških, hemijskih i CORINE parametara načina upotrebe zemljišta u priobalju izdvojene su varijable koje su najvećim uspehom mogle da objasne varijabilnost u strukturnim, biološkim i ekološkim karakteristikama makrofita, kao i indeksa ekološkog i trofičkog statusa reka koji su izračunati na osnovu podataka o makrofitama (Tabela 4.18.). Rezultati analiza pokazuju široku varijabilnost u smislu izdvajanja najvažnijih parametara. Izdvojeno je ukupno 82 varijable, što predstavlja skoro 50% od inicijalno testiranih sredinskih. Određeni obrasci se mogu uočiti u okviru istog tipa analiza kao i određenog aspekta posmatranja akvatične vegetacije duž istraživanih trasekata.

U analizama relacija distribucije i strukture makrofitske vegetacije sa odabranim sredinskim varijablama, kao najbitnije su se izdvojile količina hlorida (Cl⁻), hlorofila a i sulfata (SO₄⁻⁻) u vodi, kao i blizina brana, udaljenost od ušća (RKM), protka vode, prisustvo četinarskih šuma u priobalju na deonici, 1 i 5 km uzvodno od deonice.

Analize relacija varijabilnosti vrednosti ekoloških i trofičkih indeksa su se izdvojile kao grupa u kojoj su se relevantne sredinske varijable najviše podudarale. Bez obzira na to koji ekološki ili trofički ideks je analiziran minimum 50% izdvojenih varijabli u svih pet

analiza se podudaralo, što potencijalno ukazuje da bez obzira na mehanizam računanja korišteni ekološki indeksi reflektuju iste signale staništa. Sredinske varijable koje su analize izdvojile kao najrelevantnije za analize su količina rastvorenog kiseonika, rastvorenog organskog ugljenika, suspendovanih materije, sulfata (SO4--), natrijuma (ukupan) u vodi, kao i udaljenost od ušća (RKM), širine korita, površine uzorka, srednje dubine uzorka, udaljenosti obale, prisustva pašnjaka u priobalju na deonici, 1 i 5 km uzvodno od deonice, vinograda 5 km uzvodno od deonice, količine AMPA, Dinoterba, Karbetamida i Metolahlora u vodi.

U grupi analiza distribucije ekoloških karakteristika makrofita su se površinska brzina vode, prisustvo gradilišta i vodnih tela u priobalju duž deonice, kao i količine Dimetahlora, Terbutilazina i 2.4 D u vodi.

Tabela 4.18. Spisak sredinskih faktora koji su izdvojeni kao signifikantni u svim analizama

		CCA				RF i BRT					RDA		
		i)	ii)	iii)	iv)	v)	vi)	vii)	viii)	ix)	x)	xi)	xii)
Fizičko-hemijski parametri	Amonijak (NH ₄ - N)									*			
	Elektroprovodljivost					*	*		*	*			
	Fosfor (P) - ukupan							*	*				*
	Fosfati												*
	Hloridi (Cl ⁻)	*	*	*								*	
	Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)	*	*	*	*	*	*		*	*		*	
	Kalcijum (Ca) –ukupni												
	Kalijum (K) – ukupan	*						*	*	*		*	
	Natrijum (Na) – ukupan					*	*	*	*	*			
	pH			*									
	Rastvoren kiseonik	*	*		*	*	*	*	*	*			
	Rastvoren organski ugljenik					*	*	*	*				
	Sulfati (SO ₄ --)	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	Suspendovane materije					*	*		*	*			
	Hidromorfološki parametri	Temperatura vode		*	*								
Brane			*	*	*			*					
Erozija/Taloženje								*	*				
Izmene supstrata		*			*	*							
Maksimalna dubina								*	*				
Planform						*	*						
Površina						*	*	*	*	*			
Površinska brzina vode								*	*		*	*	*
Protok vode		*	*		*		*			*			
RKM		*	*	*	*	*	*	*	*	*			
Sb-nagib								*	*				
Širina					*	*	*		*				

Prometrin				*
S-Metolahlor NOA 413173				*
Terbutilazin				*
Terbutilazin-2-hydroxy	*	*	*	*
Terbutilazin SYN 545666				*
Glifosat				*
2.4 D				*
MCPA				*

i) *Hydrophyta+Amphiphyta+Helophyta* ii) *Hydrophyta+Helophyta* iii) *Hidrophyta* iv) Edifikatora – indikatorskih vrsta v) HU_RI_EQR vi) HU_RI vii) MIR viii) MTR ix) obsRMNI x) trejtovi životnih formi xi) trejtovi načina reprodukcije xii) trejtovi ekoloških afiniteta biljaka

Udaljenost lokaliteta od ušća reke, odnosno rečni kilometar predstavlja dominantnu sredinsku varijablu u svakoj od analiza. Ova varijabla se u inicijalnim CCA analizama po grupama sredinskih faktora i strukture makrofitske vegetacije za svaku izdvojenih matrica pokazala signifikantnom. Međutim, zbog velikog VIF faktora je u finalnim analizama koje su uključivale sve relevantne ekološke faktore izdvojene po grupama isključena iz seta sredinskih varijabli. Vukov i sar., (2018) su utvrdili da su osnovni ekološki faktori koji uslovljavaju distribuciju makrofita kao i fragmentaciju njihovih staništa duž toka Dunava kroz Srbiju udaljenost od ušća i udaljenost od brane. Postojanje, odnosno blizina brana je ekološki faktor koji se u i preliminarnim CCA analizama u ovoj disertaciji izdvojio kao signifikantna determinanta strukture makrofitske vegetacije duž celog toka reke Dunav. Vukov i sar. (2022) su slične obrasce signifikantnosti hidromorfoliških parametara staništa opisali i u studiji uticaja hidromorfologije i izmena staništa na funkcionalnu raznovrsnost i sastav makrofita duž Dunava u Srbiji, gde su se kao najdominantniji faktori izdvojili udaljenost od ušća, udaljenost od brane, širina riparijalne zone, providnost vode i granulometrija podloge. Kaijser i sar. (2022) u analizi relacija hidromorfoliških karakteristika deonica sa distribucijom makrofita tipološki različitih vodotoka u Nemačkoj pored granulometrijskog sastava, koja predstavlja ekološki faktor sa najvećom relativnom važnosti za makrofite, kao signifikantne izdvajaju i udaljenost od ušća i brzinu toka reke. U istoj studiji navode i kako su hemijski parametri kao indikatori trofičnosti vode imali nešto nižu relativnu važnost u odnosu na hidromorfološke parametre. Kaijser i sar. (2022) zaključuju kako je prilikom evaluacije distribucije makrofita pored hemijskih karakteristika vode (dominantno opterećenja nutrijentima) koje su u prethodnom periodu bile fokus istraživanja u analize potrebno uključiti i hidromorfološke karakteristike toka. Međutim, ističu kako je potrebno pronaći način za bolju kvantifikaciju prostornog diverziteta u okviru

pojedinačnih deonica reka. Na kraju, ukazuju na ograničenja metoda evaluacije reka upotrebom samo postojećih indeksa ekološkog statusa na osnovu makrofita u Evropi, s obzirom da dominantno oslikavaju trofički status i opterećenje voda nutrijentima, za koje je u datoj studiji pokazano da imaju niži uticaj na makrofite. Pregrađujući reke, brane predstavljaju strukture koje narušavaju uzdužnu povezanost reka izativajući čitav niz promena određenih rečnih deonica od smanjenja protoka vode, povećanja taloženja sedimenata, providnosti vode i akumulacije nutrijenata do eutrofikacije vode, koje dopirnose povećanju biomase makrofita (Vukov i sar., 2022). U ovoj studiji u grupi fizičko-hemijskih parametara vode kao signifikantna varijabla izdvaja i količina hlorofila a u vodi. Hlorofil a predstavlja meru biomase fitoplanktona u vodi i može da se koristi kao indikator trofičkog statusa vode, koji predstavlja jednu od osnovnih determinanti ratvoja makrofita na akvatičnim staništima. Trofičnost vode predstavlja ekološki faktor u rekama na koji je najbolje indikovano makrofitama (Szozkiewicz, i sar. 2020).

Brzina toka reke je u JDS3 istraživanju evaluirana kroz površinsku brzinu vode i srednju brzinu vode, dok je paralelno praćen i protok vode na svakom lokalitetu. Grupa ovih varijabli kao indikatora hidroloških uslova istraživanih deonica reke se kroz analize izdvojila kao značajna. Bornette & Puijalon (2011), opisuju različite direktne uticaje kretanja vode na životnu formu vrsta i linearnu formaciju zajednica zajednica u pravcu toka reke strukturu i distribuciju akvatične vegetacije, ali i uloge u disperziji semena i vegetativnih fragmenata makrofita. Takođe, pominju i indirektno uticaje koje blago kretanje vode ima u pravcu povećanja intenziteta fotosinteze i rasta makrofita usled poboljšanja protoka gasova i nutrijenata. Analizama relacija distribucije makrofita i brzine protoka vode na osnovu podataka prikupljenim tokom JDS2 Janauer, i sar. (2010), zaključuju kako jedan deo varijabilnosti makrofita duž može Dunava uslovljen brzinom toka, ali naglašavaju da relativno nizak procenat ukupne varijabilnosti obuhvaćen u ordinacionom prostoru analize implicira postojanje dodatnih značajnih sredinskih varijabli (hidrološki režim, karakteristike sedimenta, stabilnost podloge) koji uslovljavaju distribuciju makrofita duž Dunava. U datoj studiji Janauer i sar. (2010) takođe zaključuju da je za velike reke potrebno adaptirati način istraživanja makrofita, kako bi se izbegli neobjektivni rezultati analiza kao posledica veoma kratkih transekata, ili je u analizama neophodno isključiti veliki broj vrsta koje se na njima

pojavljaju u niskoj abundanci. U drugoj studiji koja obuhvata čitav tok Dunava, ne samo lokalitete obuhvaćene JDS monitoringom Janauer i sar. (2021) potvrđuju brzinu toka vode kao jednog od najrelevantnijih ekoloških faktora za distribuciju makrofita duž Dunava, međutim ponovo naglašavaju nizak procenat analizom objašnjene ukupne varijabilnosti.

O'ahel'ová i sar., (2012) navode kako su obrasci distribucije makrofita u delu toka Dunava kroz Slovačku blisko vezani sa morfološkim, hidrološkim i trofičkim karakteristikama vodotoka, konkretno sa hidrološkom povezanošću staništa i načinima upotrebe zemljišta u priobalju (kao indikatora antropogenog uticaja). Hrivnak i sar., (2010) navode da su tip sedimenta, zasenčenje usled prisustva riparijalnih šumskih i žbunovitih tipova vegetacije, dubina vode, pH vode i koncentracija nitrata u vodi najsignifikantniji faktori koji uslovljavaju distribuciju i strukturu makrofita vodotoka u Slovačkoj. Karakteristike i izmene supstrata su se u ovoj studiji pokazale kao signifikantne varijable za distribuciju makrofita u izdvojenim setovima *Hydrophyta*, *Amphiphyta*, *Helophyta*, odnosno edifikatora – indikatorskih vrsta makrofita duž istraživanih deonica. U grupi nezavisnih varijabli iz grupe načina upotrebe zemljišta u priobalju za grupu ekoloških i trofičkih indeksa kao značajni izdvojil prisustvo pašnjaka i vinograda uzvodno od istraživanog transeka, kao i prisustvo gradilišta i vodnih tela na deonici u slučaju ekoloških karakteristika makrofita. Prisustvo četinarskih šuma, na deonici, ali i uzvodno se pokazalo kao značajan faktor u analizama strukture makrofitske vegetacije duž istraživanih deonica. Četinarske šume ne predstavljaju tipičan i široko rasporstranjen način upotrebe zemljišta u priobalju Dunava, međutim moguće je da se izdvojio kao značajan zbog prostornog rasporeda istraživanih deonica tokom JDS3.

U grupi herbicida se izdvajaju derivati Atrazina, Karbetamida, Terbutilazina, Metabenzthiazuron, Metazahlor, Glifosat, njegov derivat AMPA, 2,4 D i Dinoterb koji su se pokazali kao signifikantni za bar jedan od testiranih aspekata distribucije makrofita duž Dunava. Atrazin je kao herbicid u Evropskoj uniji (EU) zabranjen pre više od 20 godina, zbog sveprisutnog zagađenja vode (Sass & Colangelo, 2006), međutim on se u nekim zemljama dunavskog sliva (uključujući i Srbiju) i dalje aktivno koristi. Takođe, Atrazin se nalazi i na listi prioritetnih supstanci u smislu polutanata vode koji predstavljaju ekološki rizik za i kroz akvatična staništa prema Aneksu X, WFD (WFD, 2000; ECHA 2024a). Derivati atrazina su se

pokazali kao značajne determinante distribucije makrofita i njihovih evaluiranih reproduktivnih karakteristika u ovoj studiji. Chițescu i sar. (2021) su u preglednom radu o koncentracijama polutanata u donjem toku Dunava (nizvodno od Novog Sada) utvrdili da je Atrazin jedan od najčešće prijavljivanih polutanata u vodi. Na listi zabranjenih herbicida u EU se nalazi i Dinoterb, koji veoma toksičan za akvatične bionte i predstavlja akutnu opasnost za ova staništa (PubChem, 2024; ECHA, 2024). U analizama se izdvojio i neselektivni pesticid široke namene Glifosat i njegov metabolit AMPA. Usled drenaže vode sa poljoprivrednih zemljišta, kao i fluvijalne erozije Glifosat i njegov mnogo stabilniji i prisutniji metabolit AMPA dospevaju u vodotoke gde mogu doprineti procesu eutrofizacije (kroz metabolizam cijanobakterija koje ga koriste kao izvor Fosfora) i smanjenja biodiverziteta (Zhang i sar. 2024). U oktobru 2023. godine, EU je odobrila upotrebu Glifosata na još 10 godina, međutim postoje inicijative (eng. *Pesticide Action Network, PAN*) koje se na evropskom nivou zalažu za promenu kategorije akvatične toksičnosti i postepenu zabranu upotrebe ovog herbicida zbog visokih koncentracija zabeleženih na rekama širom Evrope tokom sprovedene studije (PAN, 2023). U preglednom radu iz 2023. godine Klátyik i sar. takođe preporučuju reviziju kategorije akvatične toksičnosti usled neželjenih negativnih posledica Glifosata i metabolita koje imaju na akvatičnu biotu utvrđenih u čitavom nizu studija. Glifosat se nalazi među supstancama koje su 2022. godine predložene kao dodatak za listu prioriternih supstanci EU (European commission, 2022). Među ostalim herbicidima koji su izdvojeni kao značajni u izvršenim analizama nalazi se i Metazahlor za koji je utvrđeno da ima izražene efekte na makrofite i funkcionisanje akvatičnih ekosistema u slučaju koncentracija većim od 5,0 µg/l (Velisek i sar., 2020; Mohr i sar., 2007). Metabenzthiazuron, Karbetamid, Metolahlor i Terbutilazin su klasifikovani kao veoma toksični za akvatične bionte, dok je 2.4D klasifikovan kao štetan za vodeni svet sa dugotrajnim posledicama prema ECHA (eng. *European Chemical Agency*, Evropska agencija za hemikalije) (ECHA, 2024). Stereoizomer Metolahlora, s-Metolahlor je od 2024. godine zabranjen u EU. Kao supstance koje su zbog svoje namene često veoma dobro rastvorive u vodi, herbicidi imaju povećanu šansu dospevanja u vodu. Obzirom su vrlo često ispoljavaju toksične efente i prema netaargetnim organizmima kao što su alge i makrofite herbicidi mogu da imaju značajne efekte na funkcionisanje akvatičnih ekosistema (Vonk & Kraak, 2020). U preglednom radu iz 2020. godine, sumirajući dosadašnja saznanja o izloženosti primarnih producenata u vodi

herbicidima i njihovoj toksičnosti Vonk & Kraak navode 10 najčešće izmerenih herbicida u vodenom stubu akvatičnih staništa, od kojih se pet izdvojilo kao značajno u nekoj od analiza u ovoj studiji (Atrazin, MCPA, Metazahlor, Metalohlor, Terbutalazin). Pregledom dostupne literature Vonk & Kraak (2020) zaključuju da nije mogao biti uočen generalni obrazac najviše ili najmanje senzitivnih vrsta, već da su različite test vrsta različito reagovala na individualne herbicide. Na osnovu izmerenih vrednosti herbicida u vodi u Americi, SAD i Kini zaključuju kako herbicidi ne predstavljaju realan rizik za primarne producente (alge i makrofite), osim atrazina i diurona koji predstavljaju umeren rizik. Međutim ističu kako su generalni zaključci studije bazirani dominantno na testovima izvršenim na algama, te naglašavaju neophodnost povećanja brojnosti studija ekotoksičnosti herbicida za grupu makrofita da bi se došlo do pouzdane procene opasnosti i rizika od herbicida za ovu grupu hirobionata.

4.2 Tehnologija bespilotnih letelica i aerofotografije u ekologiji i monitoringu makrofita

4.2.1 Makrofite

Metodama plota i popisom vrsta na vodnim telima u plavnoj zoni Dunava zabeleženo je ukupno 59 taksona makrofita i algi (Tabela 4.19). Kombinacijom metoda transekta i dodatnih plotova na šest deonica duž glavnog toka zabeleženo je ukupno 22 vrste makrofita razvrstanih u 5 životnih formi (Tabela 4.19). Zbog konfiguracije terena i hidromorfoloških karakteristika staništa nije uvek bilo moguće istražiti čitavo vodno telo ili pun kilometar rečnog transekta.

Makrofite vodnih tela u plavnoj zoni su 2017., 2019. i 2020. godine istraživane sa čamaca. Tokom kasno-letnje sušne sezone 2018. godine terenski rad je bio otežan, uslovi na terenu nisu dozvoljavali bezbednu procenu sa čamaca, te su vodene makrofite popisane sa obale sa nekoliko pristupnih tačaka do kojih je moglo da se dođe peške. Ukupno je zabeleženo i geotagovano 788 plotova, kao i 14 pojedinačnih popisa makrofita sa obale u situacijama kada pristup vodi nije bio bezbedan.

U slučaju istraživanja makrofita u glavnom toku reke četiri deonice su istražene sa čamca, dok su preostale dve morale biti procenjene popisom i uzorkovanjem sa obale. Za svaki transekt zabeležena su vremena početka i kraja rada. Prosečno vreme potrebno za evaluaciju jednog transekta bilo je oko 40min, varirajući od 25 do 100min, opet zaviseći od konfiguracije terena i kompleksnosti prisutne akvatične vegetacije. Metodom plota zabeleženo je 128 dodatnih popisa makrofita, svaki plot je geotagovan. Broj dodatnih plotova je varirao od 0 do 46 po transektu u zavisnosti od pristupačnosti transekta, načina evaluacije transekta (čamac/obala), ali i kompleksnosti akvatične vegetacije duž transekta i potrebe za dodatnim podacima. U situacijama kada su na staništu bile prisutne velike uniformne sastojine i u plavnoj zoni i duž glavnog toka reke, zabeleženo po nekoliko identičnih sukcesivnih plotova, kako bi se povećala preciznost evaluacije aerosnimaka.

Tabela 4.19. Spisak zabeleženih taksona makrofita i algi zabeleženih tokom trenskih istraživanja akvatičnih staništa duž toka reke Dunav u Srbiji

Vrsta	PZ	D	Vrsta	PZ	D
<i>Acorus calamus</i> L.	*		<i>Potamogeton accutifolius</i> x	*	
Alge po dnu	*	*	<i>Potamogeton crispus</i> L.	*	
<i>Alisma gramineum</i> Lej.	*		<i>Potamogeton gramineus</i> L.	*	*
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	*	*	<i>Potamogeton lucens</i> L.	*	
<i>Butomus umbellatus</i> L.		*	<i>Potamogeton natans</i> L.	*	
<i>Callitriche</i> sp.	*		<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	*	
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	*	*	<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	*	*
<i>Ceratophyllum submersum</i> L.	*		<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	*	*
<i>Chara</i> sp.1	*		<i>Potamogeton trichoides</i>		
<i>Chara</i> sp.2	*		Cham. & Schltdl.	*	
<i>Chara</i> sp.3	*		<i>Ranunculus trichophyllus</i>		
<i>Elodea nuttallii</i> (Planch.)			Chaix	*	
H.St.John	*		<i>Riccia fluitans</i> L.	*	
Filamentozne alge	*	*	<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser	*	
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	*		<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	*	
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	*	*	<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	*	*
<i>Iris pseudacorus</i> L.	*		<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.)		
<i>Lemna gibba</i> L.	*	*	Palla	*	*
<i>Lemna minor</i> L.	*	*	<i>Sparganium erectum</i> L.	*	
<i>Lemna trisulca</i> L.	*	*	<i>Spirodela polyrhiza</i> (L.)		
<i>Lysimachia nummularia</i> L.	*		Schleid.	*	
<i>Lythrum salicaria</i> L.	*		<i>Stuckenia pectinata</i> (L.)		
<i>Mentha aquatica</i> L.	*		Börner	*	*
Mikroalge	*		<i>Trapa natans</i> L.	*	*
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	*	*	<i>Utricularia australis</i> R. Br.	*	
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	*		<i>Utricularia vulgaris</i> L.	*	
<i>Najas marina</i> L.	*	*	<i>Vallisneria spiralis</i> L.	*	*
<i>Najas minor</i> All.	*		<i>Veronica anagallis-aquatica</i>		
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm.	*	*	L.	*	
<i>Nymphaea alba</i> L.	*	*	<i>Veronica beccabunga</i> L.	*	
<i>Nymphoides peltata</i>					
(S.G.Gmel.) Kuntze	*	*			
<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.	*				
<i>Paspalum distichum</i> L.	*				
<i>Persicaria amphibia</i> (L.)					
Delarbre	*				
<i>Phragmites australis</i> (Cav.)					
Trin. ex Steud.	*	*			

*PZ - Plavna zona D - Dunav

Rezultati primene tradicionalnih i standardnih metoda monitoringa sprovedenih na odabranim deonicama reke Dunav su bili u saglasnosti sa podacima zabeleženim tokom JDS4 ekspedicije realizovane 2019. godine od strane istog istraživača. Tokom JDS4 ekspedicije prosečno vreme evaluacije transekta dužine 1 km sa čamca bilo do 30min, dok je za evaluaciju transekta sa obale bilo potrebno do sat vremena. Nešto kraće vreme evaluacije zabeleženo tokom JDS4 ekspedicije je potencijalno bilo uzrokovano nižom abundancom i prostijom strukturom akvatične vegetacije na istraživanim deonicama. Deonica Pančevo iz ove disertacije predstavlja najtipičniju deonicu u pogledu biodiverziteta i biomase makrofita toka reke Dunav u Srbiji. Ostale deonice predstavljaju makrofitama izuzetno bogate deonice, ali su kao takve odabrane za testiranje jer reprezentuju neke od najizazovnijih situacija sa kojima se istraživači susreću tokom monitoringa.

4.2.2 Aerofotografije makrofita

Aerofotografije vodnih tela su prikupljane paralelno sa standardnim terenskim istraživanjem makrofita. Tokom četiri istraživačke godine neki lokaliteti su snimljeni svake godine, dok su neki zabeleženi samo jednom (Tabela 4.20).

Letelicama tipa koptera je pomoću RGB kamera prikupljeno 39 kolekcija aerofotografija na 20 lokaliteta u plavnoj zoni Dunava. Visina leta, broj snimljenih fotografija, kao i dužina leta su u ovoj kategoriji podataka bili izuzetno varijabilni obzirom da su površine fluvijalnih jezera, bara i starih rukavaca, kao i okolna topografija i struktura terestrične vegetacije bili izuzetno šaroliki. Usled navedenog na svakom pojedinačnom lokalitetu karakteristike leta su bile prilagođavane trenutnim uslovima na terenu, a u skladu sa tehničkim mogućnostima bespilotnih letelica. Dužina trajanja leta varirala je u rasponu od 1 do 28min, što ujedno predstavlja maksimum dužine leta za navedeni tip letelice (Phantom 4 PRO, maksimalna dužina leta 30min). Visina leta varirala je 15 do 144m, osim na jednom lokalitetu gde je visina leta iznosila 225 m kako bi na optimalan način jednim letom bilo obuhvaćeno čitavo vodno telo. Broj snimljenih fotografija se kretao od 24 do 300 po vodnom telu.

Duž deonica glavnog toka reke aerofotografije su prikupljane pomoću drona tipa krila. Izvedeno je ukupno 8 letova, na lokalitetima Pančevo, Dubovac, Slatina i Labudovo okno. Prikupljene su aerofotografije sedam rečnih deonica dužine 1km. Na tri od ukupno četiri lokacije letelica je uspela da snimi fotografije za po dva transeka u okviru jednog leta. Prosečno vreme potrebno da za snimanje rečne deonice dužine 1km i 300m širine, na visini leta od 185m do 215m bilo je 15min. Kako bi bilo postignuto optimalno uzdužno i bočno preklapanje fotografija na svakom transektu je snimano 200-250 RGB fotografija S.O.D.A kamerom i 250-300 fotografija multispektralnom Sequoia kamerom.

Detaljne informacije i karakteristike svake misije prikupljanja aerofotografije, kao i korištenih letelica i kamera prikazane su u tabeli 4.20.

Tabela 4.20. Karakteristike letelica, kamera, prikupljenih fotografija i lokaliteta na kojima je izvršeno mapiranje makrofita pomoću bespilotnih letelica

Lokalitet	x koordinata	y koordinata	Godina	Naziv bespilotne letelice	Kamera	Veličina fotografije	Rezolucija fotografije	Početak leta	Kraj leta	Visina leta [m]	Broj fotografija	Snimljena površina [~ha]	Rzolucija ortomozaika
Arkanj	20.0667	45.1921	2017	Inspire 1	FC350	4000x2250	72dpi	14:19	14:23	116	84	6.5	0.04
Šlajz 2	20.0158	45.2058	2017	Inspire 1	FC350	4000x2250	72dpi	12:49	12:53	58	80	0.7	0.02
Šlajz 1	20.0199	45.2073	2017	Inspire 1	FC350	4000x2250	72dpi	12:15	12:22	54 - 73	148	1.5	0.02
Arkanj	20.0667	45.1921	2018	Inspire 1	FC350	4000x2250	72dpi	12:52	12:55	95	100	5.2	0.04
Šlajz 2 desno	20.0158	45.2058	2018	Inspire 1	FC350	4000x2250	72dpi	11:38	11:41	58	66	0.9	0.02
Agla	19.9472	45.2144	2018	Inspire 1	FC350	4000x2250	72dpi	10:00	10:05	69	91	6.4	0.03
Patrijaršijska Tonja	19.9357	45.2341	2018	Inspire 1	FC350	4000x2250	72dpi	9:17	9:26	71	237	6.9	0.02
Velika Tonja	20.0132	45.1846	2018	Inspire 1	FC350	4000x2250	72dpi	10:41	10:45	70	90	7.3	0.03
Patrijaršijska Tonja	19.9357	45.2341	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	7:10	7:17	52	79	3.9	0.03
Petrovaradinski dunavac	19.8938	45.2527	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	9:53	10:00	132	106	1.9	0.03
Rupa	19.9558	45.2041	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	8:44	8:47	25	77	1.3	0.03
Rupa pod nasipom	19.9686	45.2077	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	9:06	9:08	18	78	0.4	0.02
Šlajz 1	20.0199	45.2073	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	10:35	10:38	34	70	1.6	0.02
Šlajz 2	20.0158	45.2058	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	10:30	10:34	39	60	0.9	0.02
Šlajz 3	20.0161	45.2088	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	10:43	10:51	67	78	0.5	0.03
Tikvara	20.0342	45.2104	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	12:41	12:47	32	74	1.5	0.03
Karlovački dunavac	19.9278	45.2134	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	10:26	10:33	144	100	6.9	0.03
Velika Tonja	20.0132	45.1846	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	8:14	8:21	60	97	2.9	0.03
Arkanj	20.0667	45.1921	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	12:10	12:17	47	68	5.3	0.02
Doktor pumpa	19.1225	45.3132	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	7:50	7:54	86	101	1.9	0.03
Hašaški dunavac	19.1336	45.2908	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	7:34	7:39	86	125	6.9	0.04
Begečka jama	19.6018	45.2226	2019	Phantom 4	FC330	4000x2250	72dpi	8:54	9:06	225	115	19.1	0.03

Lokalitet	x koordinata	y koordinata	Godina	Naziv bespilotne letelice	Kamera	Velicina fotografije	Rezolucija fotografije	Početak leta	Kraj leta	Visina leta [m]	Broj fotografija	Snimljena površina [~ha]	Rzolucija ortomozaika
Agla	19.9472	45.2144	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	11:52	12:00	23	170	6.6	0.02
Arkanj	20.0667	45.1921	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	14:07	14:15	59	210	4.8	0.02
Bara 3 mosta	18.9608	45.5575	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	13:01	13:02	3?	25	0.1	0.01
Begečka jama	19.6018	45.2226	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	13:14	13:42	130	300	24.7	0.01
Doktor pumpa	19.1225	45.3132	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	15:09	15:14	26	134	1.4	0.01
Hašaški dunavac	19.1336	45.2908	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	14:52	15:00	67	228	6.6	0.02
Markova bara	18.9187	45.5935	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	12:23	12:24	51	24	0.5	0.02
Osmica	18.9170	45.5905	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	12:30	12:32	62	59	1.2	0.02
Patrijaršijska Tonja	19.9357	45.2341	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	10:17	10:24	29	210	3.9	0.02
Petrovaradinski dunavac	19.8938	45.2527	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	15:02	15:05	138	77	2.2	0.02
Rupa	19.9558	45.2041	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	12:21	12:25	15	95	0.1	0.02
Rupa pod nasipom	19.9686	45.2077	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	12:32	12:35	25	104	0.1	0.02
Šlajz 1	20.0199	45.2073	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	12:54	12:58	40	123	2.0	0.01
Šlajz 2	20.0158	45.2058	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	12:58	13:02	40	108	0.9	0.01
Šlajz 3	20.0161	45.2088	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	13:09	13:16	42	240	7.4	0.02
Tošina bara	18.9116	45.5782	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	12:42	12:45	50	65	0.9	0.02
Tuškoš	19.0624	45.5447	2020	Phantom 4 PRO	FC6310S	5472x3078	72dpi	13:24	13:26	43	71	1.0	0.02

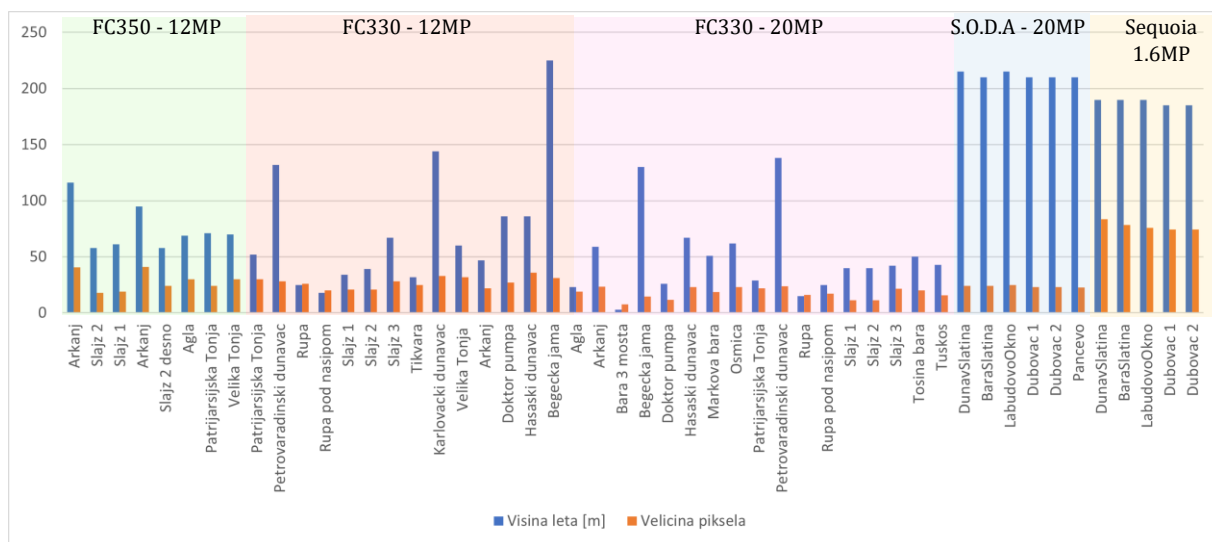
Lokalitet	x koordinata	y koordinata	Godina	Naziv bespilotne letelice	Kamera	Velicina fotografije	Rezolucija fotografije	Pocetak leta	Kraj leta	Visina leta [m]	Broj fotografija	Snimljena površina [~ha]	Rzolucija ortomozaika
Slatina_Dunav	21.2485	44.7950	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	5427x3648	72dpi	16:18	16:30	215	116	~119	0.02
Slatina_Bara	21.2382	44.7970	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	5427x3648	72dpi	16:01	16:18	210	253		0.02
LabudovoOkno	21.3032	44.8419	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	5427x3648	72dpi	14:55	15:06	215	143	~30	0.03
Dubovac_A	21.1969	44.7815	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	5427x3648	72dpi	11:56	12:24	210	455	~75	0.02
Dubovac_B	21.2075	44.7855	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	5427x3648	72dpi	11:56	12:24	210	455		0.02
Pančevo	20.6380	44.8066	2020	Sensefly eBee+	senseFly S.O.D.A.	5427x3648	72dpi	15:53	16:21	210	513	~90	0.02
Slatina_Dunav	21.2485	44.7950	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia	1280x960	96dpi	13:43	14:13	190	2088	~119	0.08
Slatina_Bara	21.2382	44.7970	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia	1280x961	96dpi	13:43	14:13	190	2088		0.08
LabudovoOkno	21.3032	44.8419	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia	1280x962	96dpi	11:24	11:39	190	1108	~30	0.08
Dubovac_A	21.1969	44.7815	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia	1280x963	96dpi	9:42	10:12	185	2449	~75	0.07
Dubovac_B	21.2075	44.7855	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia	1280x964	96dpi	9:42	10:12	185	2449		0.07
Pančevo	20.6380	44.8066	2020	Sensefly eBee+	Parrot Sequoia	1280x965	96dpi	16:10	16:45	185	2836	~90	

Dužina trajanja leta prilikom snimanja makrofita na lokalitetima u plavnoj zoni Dunava dominantno je zavisila od veličine samog vodnog tela, kao i visine sa koje je vršeno snimanje. Dužina leta varirala je od 1 min do 28 min. Letom dužine 28 min, na visini od 130 m snimljena je površina od 24.7 ha na lokalitetu Begečka jama 2020. godine i postignuta je rezolucija ortomozaika od 0.015 m²/pix. Na istom tom lokalitetu je u prethodnoj sezoni 2009. godine let trajao 12 min, ali na visini od 225 m, gde je kreirani ortomozaik imao skoro duplo lošiju rezoluciju od 0.031m²/pix. Ovaj lokalitet ujedno predstavlja i izuzetak, s' obzirom da je na svim ostalim lokalitetima snimanje izvršeno za manje od 10 min, a snimljene površine su zauzimale manje od 10 ha.

Bespilotna letelica tipa krila (eBee+) prema deklaraciji jednom baterijom može pruži do 59min aktivnog leta (www.sensefly.com), tako da jedna baterija teorijski može izdrži prikupljanje fotografija za tri sukcesivna transekta dužine 1km, kao što je predviđeno JDS metodologijom monitoringa makrofita. Nove pametne (*smart*) baterije eBee letelica bi trebalo da podrže letove i do 90min dužine, te bi sa lakoćom trebale da omoguće snimanje tri sukcesivne rečne deonice, čak i u suboptimalnim vremenskim uslovima. Ovde takođe treba pomenuti da širina transekta od 300m primenjena u ovoj studiji predstavlja preveliku širinu za najveći deo toka reke Dunav kroz Srbiju, ali i generalno, s obzirom da se akvatična vegetacija u Dunavu uglavnom razvija samo do dubine 1.5m (Janauer i sar., 2021). Proširivanje transekta van granica distribucije makrofita ne samo da je suvišno, već može da ima negativan efekat na procesuiranje fotografija i kreiranje ortomozaika (Kislik i sar., 2020). Sa druge strane plitke riparijalne deonice srednjeg, donjeg toka i delte Dunava predstavljaju zone u kojima akvatična vegetacija može da se pruža i šire od pomenutih 300m. Ovakva područja predstavljaju hotspotove biodiverziteta rečnih ekosistema, te je njihov monitoring od krucijalnog značaja, a u najvećem broju slučajeva izostaje upravo zbog vremenski i logistički zahtevne strategije monitoringa. Da bi se odredila odgovarajuća širina transekta koji će biti snimljen, predlaže se rekognosciranje deonica upotrebom malog lako upravljivog drona tipa koptera pre konstruisanja putanje svakog leta.

Kad se uporede obrasci promene visina leta sa rezolucijom dobijenih ortomozaika uočava se jasan obrazac zakonomernosti (Grafik 4.12). Međutim, može se uočiti da porast rezolucije ortomozaika ne prati linearno porast visine leta, jer bez obzra na visinu leta i tip, kao i rezoluciju korištene kamere rezolucija RGB ortomozaika ne prelazi 0.04 m²/pix. Prema

iskustvu iz ovog istraživanja navedena rezolucija predstavlja optimalnu za mapiranje makrofita. Previsoka rezolucija ortomozaika (oko 0.01 m²/pix) dovodi do otežane dalje obrade, segmentacije i klasifikacije, naročito u situacijama kada je površina istraživanog vodnog tela veća od par hektara. U tim slučajevima ortomozaici imaju tendenciju da budu izuzetno veliki fajlovi od po više od desetina gigabajta što dovodi do problema prilikom kompjuterske obrade čak i izuzetno snažnim računarskim jedinicama: laptop računar sa 32GB rama CORE i7-76000U CPU 2.80GHz i 2.90GHz procesora, sedme generacije i SSD diskom, pa čak i serverskog računara Supermicro, SYS-6018R-WTRT, Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2630 v4 @ 2.20GHz, 40 cores sa 512 GB rama i HDD discom korištenim u izvođenje analiza. Velika količina prikupljenih fotografija, odnosno potreba za skladištenjem i obradom izuzetno velike količine podataka predstavlja jedan od praktičnih problema koncepta monitoringa upotrebom bespilotnih letelica (Benjamin i sar., 2021; Cohen i Lewis, 2019). Sa druge strane izuzetno visoka prostorna rezolucija fotografija dovodi i do konceptualnih problema koji će biti pomenuti u narednim poglavljima.



Grafik 4.12. Prikaz varijacija visina leta i rezolucije generisanih ortomozaika. Veličina piksela je pomnožena sa 1000 kako bi obe vrednosti mogle biti prikazane na jednom grafiku. Za sve lokalitete je prikazan i tip kamere, kao i rezolucija fotografija koje snimaju.

U grupaciji lokaliteta na glavnom toku Dunava se jasno uočava smanjenje kvaliteta rezolucije ortomozaika prilikom snimanja multispektralnom Sequoia kamerom u odnosu na RGB S.O.D.A. kameru. Rezolucija od 0.07 – 0.08 m²/pix dozvoljava grubu vizuelnu

determinaciju osnovnih taksona makrofita sa ortomozaika, međutim bez podataka sa klasičnog terenskog istraživanja ili referentnih kvalitetnih RGB ortomozaika relevantna evauacija MSP ortomozaika i naknadna objektna klasifikacija ne bi bila moguća. Slično opažanje su zabeležili i Brooks i sar. (2022) prilikom mapiranja submerznih makrofita na osnovu multispektralnih fotografija rezolucije 0.05 – 0.1 m²/pix Iako je rezolucija fotogrametrijskih proizvoda u ovoj studiji bila generalno zadovoljavajuća, rezultati upućuju da visinu leta treba podesiti tako da generisani fotogrametrijski proizvodi imaju maksimalnu rezoluciju od 0.04 – 0.05 m²/pix. Visina leta u većini sličnih studija u kojima je ovaj podatak bio dostupan (Kislik i sar., 2020 (48m); Taddia i sar., 2020 (70m), Brinkhoff i sar., 2018 (75m); Ventura i sar., 2018 (40m); Chabot i sar., 2018 (122m); Flynn i sar. 2014 (120m)) je bila niža nego u ovoj studiji. Međutim GSD fotogrametrijskih produkata je u rang u rezultatima postignutim u drugim studijama koje su koristile multispektralnu fotografiju Taddia i sar., (2020) 0.05 m²/pix; Brooks i sar. (2022) 0.05 – 0.1 m²/pix; Brinkhoff i sar., (2018) 0.05 m²/pix; Chabot i sar., (2018) ~ 0.13 m²/pix; Samiappan i sar., (2017) – 0.08 m²/pix.

4.2.3. Digitalne mape distribucije makrofita

4.2.3.1. Izrada ortomozaika

Pozicija, orijentacija i geometrija prikupljenih fotografija je automatski korigovana i podešena za svako vodno telo ili deonicu reke pojedinačno. Tokom procesa korekcije neke od fotografija su uklonjene iz kolekcija s' obzirom da zbog neadekvatnih karakteristika nisu mogle biti orijentisane ili geometrijski korigovane i na taj način uklopljene sa ostatkom. Preostale fotografije su uklopljene i međusobno spojene u ortomozaike. RGB ortomozaici su imali prosečnu rezoluciju od 2 – 3 cm²/pix, dok je razolucija multispektralnih ortomozaika bila nešto grublja i iznosila je 7 – 8 cm²/pix, s' obzirom da su senzori date kamere bili više od 10 puta slabije rezolucije od RGB kamera.

Na pojedinačnim lokalitetima ortomozaici su mogli biti samo parcijalno generisani. Na kolalitetima Begečka jama, Patrijaršijska Tonja, Tikvara i Velika Tonja za 2019. godinu kreirani su parcijalni ili delimično oštećeni ortomozaici (Slika 4.1),(Prilog 3). Na pomenutim

lokalitetima preklap snimljenih fotografija i njihova međusobna orijentacija nisu bili optimalni usled slabije procene samog pilota. Iako je na svim ostalim lokalitetima ovakav pristup dao dobre rezultate, predlaže se upotreba autopilota i u slučaju manjih vodnih tela, ukoliko to okolina tj. konfiguracija terena dozvoljava.

Preklap snimljenih fotografija duž glavnog toka reke Dunav je bio optimalan i na svim lokalitetima je mogućio adekvatnih fotogrametrijskih proizvoda. Suboptimalni rezultati su postignuti samo na lokalitetima u okolini Pančeva. Ostatak ortomozaika je u potpunosti pokriva namerena vodna tela. Uzrok problema u ovom slučaju nije bilo neadekvatno procentualno preklapanje fotografija, već homogeni kadrovi mnoštva sukcesivnih fotografija. Na navedenim lokalitetima kreirani su samo parcijalni RGB ortomozaici, dok MSP proizvodi nisu mogli biti generisani ni u Pix4D niti u ArcGIS Pro softveru. Na lokalitetu Pančevo od fotografija snimljenih iznad dva transekta dužine 1 km mogao je biti generisan samo jedan RGB ortomozaik dužine 300m. Sličan problem prijavljen je i u Kislik i sar. (2020) gde je kao rešenje izvršena analiza pojedinačnih fotografija. Taddia i sar. (2020) su takođe prijavili probleme sa kreiranjem ortomozaika usled velikih homogenih površina vodenog ogledala relativno male dubine. Rešenje predloženo u Kislik i sar. (2020) nije predstavljalo opciju u ovoj studiji obzirom da bi pojedinačne fotografije obuhvatile samo mali fragment transekata, dok je jedan od ciljeva istraživanja kreiranje mapa distribucije makrofita duž rečnih deonica. Potencijalno rešenje ovog problema u smislu mapiranja rečnih staništa predlaže se snižavanje visine leta i konstrukcija putanje letelice tako da prati obalu i u svakom kadru pokriva bar jedan mali fragment iste kako bi na fotografijama bio prisutan dovoljan procenat jasno vidljivih objekata koji bi omogućili međusobno uklapanje fotografija i kreiranje ortomozaika.



Slika 4.1. Nepotpun ortomozaik na lokalitetu Patrijaršijska Tonja 2019. godine

4.2.3.2. Segmentacija ortomozaika

Proces segmentacije RGB fotografija je izvršen upotrebom prostorne distance od 30 jedinica i spektralne distance od 10 jedinica, s obzirom da se ta kombinacija u procesu testa i greške pokazao najoptimalnijim u smislu izdvajanja makrofita od vode i ostalih objekata na ortomozaicima. U slučaju segmentacije multispektralnih ortomozaika spektralna distanca je spuštana na 7 jedinica, zbog toga što vrednost od 10 nije uspevala pravilno da izdvoji submerznu vegetaciju od vode koja je okružuje. Ove vrednosti su odabrane zbog toga što su efikasno izdvajale fragmente submerznih makrofita od otvorene vode koja ih okružuje. U MSP pristupu morao je biti upotrebljena niža vrednost obzirom da vrednostu upotrebljena u MSP pristupu nije mogla potpuno uspešno da izdvoji submerznu vegetaciju, čak ni u situaciji kada su NDVI i NDWI indeksi bili dodati višeslojnom ortomozaiku pre procesa segmentacije. Slični problemi izdvajanja submerznih makrofita zabeleženi su i u Agioutanti (2022). Niski spektralni faktori uzrokuju prekomernu segmentaciju (eng. *oversegmentation*) određenih, heterogenih zona ortomozaika, međutim ova pojava može biti korigovana adekvatnom postavkom procesa klasifikacije, za razliku od gubljenja već fragilnih i oskudnih informacija o submerznoj vegetaciji. Nekoliko autora je takođe prijavilo da je malo prekomerne segmentacije bolje rešenje od grube segmentacije (eng. *undersegmentation*), zbog toga što omogućava izdvajanje detalja i precizno izdvajanje objekata na ortomozaicima (De Luca i sar., 2019, Díaz-Varela i sar., 2018). Chabott i sar. (2018), Visser i sar. (2018) i Ventura i sar. (2018) su kao rešenje problema prekomerne segmentacije predložili višefaznu segmentaciju ortomozaika, međutim u ovoj studiji cilj je bio kreiranje što jednostavnije strategije mapiranja makrofita tako da je ipak upotrebljena segmentacija u jednom koraku. Izuzetak od ovog pravila predstavljaju dva lokaliteta Begečka jama 2020 i Patrijaršijska Tonja 2020. godine na koje je primenjena spektralna distanca od 20 jedinica. Zbog kompleksnosti vegetacije, zasićenosti i varijabilnosti boja na ortomozaicima, visoke rezolucije ortomozaika i velike površine koju ova vodna tela pokrivaju upotreba niže vrednosti dovela do prekomerne segmentacije, mnoštva sitnih segmenata, prevelikog lejera segmentacije koji je otežavao dalju obradu i klasifikaciju ortomozaika. Visok prostorni faktor (30) upotrebljen u ovoj disertaciji je doveo do dužeg trajanja procesa segmentacije, ali je sa druge strane rezultirao kreiranjem većih pojedinačnih segmenata i do neke mere kompenzovao šumove

do kojih je doveo nizak spektralni faktor. Imajući u vidu da je process segmentacije potpuno automatizovan process i da ne zahteva nadzor istraživača ovakva postavka ne iziskuje dodatne istraživačke sate.

Nakon izdvaja površine od interesa na svakom vodnom telu površina AOI poligona je se kretala se od 0.6 ha za lokalitet Bara 3 mosta 2020. godine do 25ha na lokalitetu Begečka jama iste te godine. Za svaki ortomozaik je izračunat čitav niz dodatnih spektralnih i vegetacijskih indeksa čije vrednosti su iskorištene za karakterizaciju pojedinačnih segmenata. Nakon procesa karakterizacije svaki segment RGB ortomozaika je bio opisan sa 19 atributa, a svaki segment multispektralnih ortomozaika sa 30 atributa.

4.2.3.3. Priprema setova podataka za obuku i validaciju klasifikacionog algoritma

Setovi podataka za obuku algoritma klasifikacije kreirani su izdvajanjem 50 reprezentativnih referentnih segmenta za svaku kategoriju objekata na ortomozaiku, osim u situacijama kada je data kategorija bila prisutna na izuzetno maloj površini. Izdvojeno je ukupno 42 kategorija objekata od čega je 34 kategorija akvatičnih makrofita i algi (Tabela 4.21). Broj kategorija po vodnom telu se kretao u rasponu od tri klase za lokalitet Šlajz 3 2019. godine do 14 za lokalitet Agla 2020. godine.

Emerzne makrofite su mogle biti determinisane do nivoa vrste. Flotantne makrofite su u najvećem broju slučajeva mogle biti determinisane do nivoa vrste s tima da listovi belog i žutog lookvanja nisu u potpunosti mogli biti razdvojeni. Pojedinačne jedinice sitnih akropleustofita poput *Salvinia natans*, *Lemna sp.*, i *Spirodela sp.* nisu mogle biti utvrđene sa ortomozaika već samo njihove manje ili veće skupine. Slična situacija se dešavala i sa krupnijim vrstama poput *Hydrocharis morsus ranae* and *Nymphoides peltata* na ortomozaicima sa grubljom rezolucijom ili prisutnim svetlosnim šumovima. Submerzne makrofite predstavljaju ekološku grupu sa najvećom incidencom greške. Biomasa prisutna ispod flotantnog sprata nije uopšte mogla biti niti utvrđena niti kvantifikovana, dok su sastojine prisutne u delovima otvorenog vodenog ogledala mogle biti okarakterisane samo kao 'submerzna vegetacija' bez ikakve odrednice o specijskom diverzitetu ili procentualnom udelu određenih vrsta. Sa druge strane određene klase objekata poput *Trapa natans*, *Phragmites communis*, *Salvinia natans*, „lokvanji“, voda itd. su morale biti izdvojene u više

kategorija zbog spektralnih i tekturnih razlika koje su se pojavljivale na ortomozaicima kod ovih grupa (Tabela 4.21).

Tabela 4.21. Lista svih izdvojenih kategorija prilikom izrade digitalnih mapa

rbr	Boja na mapama	Pun naziv kategorija (klasa)	Skraćenica	Oznaka grupe
1.		<i>Trapa natans</i> [zelená]	Tra nat_g	
2.		<i>Trapa natans</i> [braon]	Tra nat_b	Tra nat
3.		<i>Trapa natans</i> [crvena]	Tra nat_r	
4.		<i>Trapa natans</i> [zasenčena]	Tra nat_sh	
5.		<i>Trapa natans</i> [svetlo zelena]	Tra nat_lg	
6.		<i>Salvinia natans</i> [zelená]	Sal nat	Sal nat
7.		<i>Salvinia natans</i> [zasenčena]	Sal nat_sh	
8.		<i>Salvinia natans</i> / <i>Spirodela polyrhiza</i>	Sal/Spi	
9.		<i>Salvinia natans</i> / <i>Lemna</i> / <i>Spirodela polyrhiza</i>	Sal/Lem/Spi	
10.		<i>Spirodela polyrhiza</i>	Spi pol	Spi pol
11.		<i>Spirodela polyrhiza</i> [zasenčena]	Spi pol sh	
12.		<i>Salvinia natans</i> / <i>Spirodela polyrhiza</i> / Filamentozne alge	Sal/Spi/Fil	
13.		Filamentozne alge	Fil alg	Fil alg
14.		Filamentozne alge [zasenčene]	Fil alg sh	
15.		Voda	Voda	Voda
16.		Voda [zasenčena]	Voda_sh	
17.		<i>Nymphoides peltata</i>	Nym pel	Nym pel
18.		<i>Nymphoides peltata</i> [zasenčena]	Nym pel sh	
19.		Senka	Senka	
20.		Submerzna vegetacija	Sub veg	
21.		Submerzna vegetacija [zasenčena]	Sub veg	Sub veg
22.		Submerzna vegetacija / Filamentozne alge	Sub veg /Alg	
23.		Submerzna vegetacija / <i>Spirodela polyrhiza</i>	Sub veg /Spi	
24.		Refleksija vode, odsjaj	Refleksija	
25.		Lokvanji (<i>Nuphar luteum</i> , <i>Nymphaea alba</i>)	Nuph/Nym	
26.		Lokvanji (<i>Nuphar luteum</i> , <i>Nymphaea alba</i>)	Nuph/Nym	Nuph/Nym
27.		Lokvanji (<i>Nuphar luteum</i> , <i>Nymphaea alba</i>)	Nuph/Nym	
28.		<i>Phragmites communis</i> [zelená]	Phr com	
29.		<i>Phragmites communis</i> [zasenčena]	Phr com sh	Phr com
30.		<i>Phragmites communis</i> [suva]	Phr com dry	
31.		Mulj	Mulj	
32.		<i>Polygonum amphibium</i>	Pol amph	
33.		Suvo granje	Suvo granje	
34.		<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Sch lac	
35.		<i>Butomus umbelatus</i>	But umb	
36.		Terestrična vegetacija	Ter veg	
37.		Alge na mulju	Alg / Mulj	
38.		<i>Acorus calamus</i>	Aco cal	
39.		<i>Iris pseudacorus</i>	Iri pse	
40.		<i>Salvinia natans</i> / <i>Spirodela</i>	Sal/Spi/Fil	
41.		Alge na dnu	Alg / dno	

Vizuelna interpretacija segmenata u referentnim setovima podataka za obuku algoritma i validaciju obuke je i u drugim sličnim studijama prepoznata kao adekvatna metoda pripreme. Slične pristupe koristili su i u Rommel i sar. (2022); Kislik i sar. (2020), Ventura i sar. (2018) i Husson i sar. (2017). U navedenim studijama je slično kao i u ovoj studiji bilo odabrano 40-80 segmenata po klasi za obučavanje, osim kada to nije bilo moguće zbog malog broja segmenata date klase. Takođe setovi podataka za validaciju su brojali ~350 nasumično odabranih segmenata u Husson i sar. (2017), 250-350 u Ventura i sar. (2018) i ~373 u Pande-Chhetri i sar. (2017). Iako su podaci prikupljeni tradicionalnim terenskim metodama imali ograničenu upotrebnu vrednost i u ovoj, ali i u prethodnim sličnim studijama (Chabott i sar., 2018, Chabott i sar., 2017) je prepoznata njihova vrednost u procesu obuke istraživača u evaluaciji makrofita sa aerofotografija, ali i verifikaciji interpretacije UAV snimaka.

U idealnom slučaju bi svaki od 59 tradicionalno zabeleženih taksona makrofita trebao biti prikazan individualnom klasom objekata na mapi. U toj situaciji bi rezolucija podataka UAV monitoringa imala isti nivo rezolucije kao i tradicionalne terenske metode. Međutim, zbog spektralnih karakteristika i veličine pojedinih vrsta makrofita, kao i zbog same strukture akvatične vegetacije sa ortomozaika je bilo nemoguće očitati sve zabeležene vrste. Brinkhoff i sar. (2018) su takođe prijavili slične izazove prilikom determinacije vrsta sa ortomozaika akvatičnih staništa. Zbog toga je u ovoj studiji primenjena kombinacija dva pristupa, izdvajanja životnih formi makrofita i izdvajanje pojedinačnih vrsta makrofita kada je to bilo moguće. Sličan pristup imale su i brojne druge studije Agioutanti, (2022), Villoslada i sar. (2020), Husson i sar. (2016), Chabott i sar. (2017 i 2018), Pande-Chhetri i sar. (2017), Husson i sar. (2017).

Submerzne vrste koje se pojavljuju ispod flotantnih nisu uopšte mogle biti utvrđene niti kvantifikovane, samim tim tumačenje prisutnosti ovih makrofita treba uvek raditi sa posebnom obazrivošću i napomenuti ograničenja metodologije. Husson i sar., (2016) su se u svojoj studiji fokusirali samo na ne-submerznu vegetaciju upravo iz navedenog razloga. Iako je čitav niz studija je pokušao da izdvoji pojedinačne vrste submerznih makrofita kao i da utvrdi njihovu distribuciju (Brooks i sar., 2022; Brooks i sar., 2019; Chabott i sar., 2017, 2018; Ventura i sar., 2018; Flynn i sar., 2014), u ovoj studiji su sve submerzne vrste grupisane u jednu ekološku kategoriju i kao takve obrađivane i prikazivane isto kao i u Taddia i sar.

(2020), Chabott i sar. (2018), Pande-Chhetri i sar. (2017). Pojedinačne vrste nisu mogle biti utvđene niti izdvojene zbog prisustva mešovitih i kompleksnih sastojina, kao i male spektralne razlike između pojedinačnih vrsta. Flotantna vegetacija je u najvećem broju slučajeva mogla biti determinisana do nivoa vrste, osim belog i žutog lokvanja čiji listovi nisu mogli biti jasno razdvojeni, čak iako su cvetovi mogli biti lako prepoznati. Zbog toga su ove dve vrste grupisane u mešovitu kategoriju "lokvanja" slično kao u Husson i sar. (2017) i Husson i sar. (2016). U mešovitim sastojinama sočivice nisu mogle biti razdvojene od vrste *Salvinia natans*, te je zbog toga kreirana i ova mešovita grupa. Emerzne makrofite su mogle biti determinisane do nivoa vrste, mahom zbog toga što na staništima nije bio prisutan bio prisutan veliki broj vrsta niti su postojale kompleksne, mešovite zajednice.

Sa druge strane klase poput *Trapa natans*, *Phragmites communis*, lokvanji i druge su morale biti podeljne na nekoliko kategorija zbog spektralnih razlika jedinki koje su postojale na staništima. Kada je reč o klasi *Trapa natans*, podeljena je u četiri podkategorije – „zelena“ i „svetlo zelena“ za redovne jedinke i „crvena“ i „braon“ za starije jedinke koje su promenile boju u narandžasto-crvenu. U slučaju *Phragmites communis* definisane su klase „zelena“ i „suva“, međutim zbog specifične strukture sastojina i fizičkih karakteristika vrste gde se jedinke međusobno preklapaju i stvaraju senku jedne drugima u prizemnim delovima uvedena je i klasa „zasenčena“. Brooks i sar. (2021) su vrstu *Phragmites australis* izdělili na dve podkategorije 'žive' i 'mrtve' trske. Klasa lokvanja je podeljena na tri kategorije, naravno „zelena“, ali i „žuta“ i „spaljena“. Drugoj i trećoj kategoriji pripadaju listovi koji su usled uvenjavanja odnosno refleksije sunčevih zraka na ortomozaicima izgledali belo ili žućkasto. U slučaju MSP ortomozaika ova klasa je bila izuzeta jer za njom nije bilo potrebe, verovatno zbog radiometrijske kalibracije fotografija sprovedene pre tokom kreiranja ortomozaika. Ovakav pristup je zabeležen i u drugim studijama, Husson i sar. (2016) su razdvajali guste i retke sastojine, dok su Bellia i sar. (2020) razdvajali juvenilne sastojine *Posidonia*-e, od tepiha i uvelih sastojina ove morske cvetnice, dok su Ventura i sar. (2018) i Pande-Chhetri i sar. (2017) uvodili različite klase za zelene i suve ili uvele jedinke slatkovodnih makrofita. Za submerznu vegetaciju je u MSP pristupu ove studije morala biti uvedena dodatna kategorija, gde su sastojine podeljene na "dubinske" i "površinske" zbog različitih spektralnih i teksturnih razlika koje su postojale između delova sastojina. Slično, Chabot i sar. (2018) su definisali različite kategorije za flotantne i submerzne jedinke jedne vrste (*Stratiotes*

aloides). Na ortomozaicima lokaliteta u plavnoj zoni Dunava je zbog strukture okolne terestrične vegetacije (riparijalnih šuma) često dolazilo do situacije parcijalnog zasenčenja ortomozaika. Zasenčenje je dovelo do promene spektralnih karakteristika makrofita, te je za sedam klasa uvedena podela na dve podkategorije “normalna” i “zasenčena”. Ove podkategorije su prilikom izrade finansijskih digitalnih mapa spajane u jednu ekološku kategoriju. Neki autori su postojenju refleksije i senke na slikama pokušavali da prevaziđu snimanjem u tačno određenom delu dana, u najvećem broju slučajeva rano ujutru ili oko podneva (Agioutanti, 2022; Oldeland i sar., 2021; Benjamin i sar., 2021; Bellia i sar., 2020; Chabott i sar., 2017; Flynn i sar., 2014), u periodima dana kada sunčevi zraci padaju pod uglom 35 - 40° ili snimanjem malo van nadir-a (Kislik i sar., 2020) . Ono što se u ovoj studiji pokazalo kao pravilo da je u slučaju ritskih staništa i plavnih područja riparijalnih šuma praktično nemoguće odabrati deo dana u kom ni jedan deo vodenog okna neće biti pod senkom. Takođe, iskustvo iz ove studije pokazuje da su za snimanje makrofita možda ipak pogodniji uslovi blage, ali konstante oblačnosti, naročito prilikom rada sa multispektralnim kamerama čije fotografije mogu da se kalibrišu u naknadnoj obradi, obzirom da je u takvim situacijama pojava refleksije drastično smanjena i na vodenom ogledalu i na samoj vegetaciji. Slično zapažanje iznose i Bellia i sar. (2020) koji pored uslova blage oblačnosti pominju i uslove mirne vode (bez talasa i vetra) s’ obzirom da se ta studija odnosi na plitke morske zaliive te uticaji talasa mogu da naruše uslove za snimanje.

4.2.3.4. Klasifikacija ortomozaika

Prvi korak klasifikacije ortomozaika predstavljala je optimizacija algoritma klasifikacije, testirano je 40 različitih kombinacija parametara *Random forest* klasifikatora na svakom lokalitetu. Kappa indeks analiza varirao je od 0.32 (jedva podobna) do 0.86 (skoro savršena) za RGB ortomozaika i od 0.53 (umerena) do 0.81 (skoro savršena) za multispektralne. Devijacija Kapa indeksa po lokalitetu kretala se u rasponu od 0.01 do 0.12. Najbolja kombinacija parametara nije mogla biti utvrđena sa lakoćom ni u slučaju RGB pristupa, ni u slučaju multispektralnog pristupa. Isto tako ni kada su se odvojeno posmatrali lokaliteti u plavnoj zoni Dunava i transektima glavnog toka reke. U svim aspektima posmatranja kombinacija koja daje najbolje rezultate po lokalitetu bila je naizgled

nasumična. Optimizacija klasifikatora je na svega 30% lokaliteta izazvala promenu kategorije Kappa indeksa, tj. na 16 od 45 lokaliteta u RGB pristupu i 1 od 5 lokaliteta u MSP pristupu. Prilikom promene kategorije, Kappa indeks se menjao u proseku 0.06 jedinica.

U oba pristupa (RGB i MSP) generalno su bolje rezultate imale klasifikacije sa nižom vrednosti (7) minimalnog broja uzoraka u svakom čvoru. U slučaju maksimalne dubine stabala vrednost 10 se u RGB pristupu ortomozaika na osnovu fotografija prikupljenih letelicom tipa krila pokazala kao najbolja opcija, dok u slučaju MSP pristupa nije mogla biti utvrđena pravilnost, kao ni u slučaju otromozaika na osnovu fotografija prikupljenih kopterima. Promena maksimalnog broja stabala je u većini slučajeva izazvala minimalne promene u uspešnosti klasifikacije prema Kappa indeksu (Tabela 4.22, 4.23, 4.24).

Optimizacija *Random forest* klasifikatora zapravo nije imala fundamentalan uticaj na tačnost klasifikacije. Samo na trećini istraživanih deonica za RGB, a ni na jednoj deonici u slučaju MSP pristupa, je promena parametara klasifikatora dovela do promene kategorije Kappa vrednosti prema Landis & Koch (1977) (Tabela 4.22, 4.23, 4.24). Na svega dva lokaliteta koji na kojima je došlo do promena Kappa vrednosti je razlika između minimalne i maksimalne vrednosti bila veća od 0.1. Sličnu situaciju su prijavili i Chabott i sar. (2018). U toj studiji je vrednost maksimalnog nivoa grananja 10 dala bolje rezultate, a maksimalan broj stabala od 200 ili 250 su dale najbolje rezultate. Odabrana kombinacija parametara u ovoj studiji je dala bolje rezultate od standardnih parametara koje automatski predlaže softver na 32 od 45 lokaliteta. Odabrana kombinacija parametara je na preko 70% lokaliteta imala manje odstupanje od maksimalnog rezultata. Husson i sar. (2016) i Husson i sar. (2017) su u obe studije vrednost maksimalnog broja stabala postavili na 1000, dok su ostatak parametara ostavili na automatskim vrednostima eCognition® softvera, dok su Iersel i sar. (2017) podigli maksimalan broj stabala na 10.000. Villoslada i sar. (2020) u svojoj studiji nisu pominjali parametre RF klasifikatora. Ma i sar. (2019) navode relativnu neosetljivost RF algoritma na parameter klasifikacije kao jednu od njegovih osnovnih prednosti.

Klasifikacije su pregledane i vizuelno i kao najbolja opcija odabrana je sledeća kombinacija: minimalan broj uzoraka u svakom čvoru – 7; maksimalna dubina grananja – 10 i maksimalan broj stabala – 225.

Tabela 4.22. Rezultati optimizacije algoritma klasifikacije RGB ortomozaika kreiranih na osnovu fotografija prikupljenih dronovima tipa koptera u plavnoj zoni Dunava u Srbiji

Lokalitet		10*	Maksimalna dubina stabla				7*	Maksimalna dubina stabla				Opseg Kappa indeksa	
			5	10	15	20		5	10	15	20	min	max
Arkanj 2017	Maksimalan broj stabala	100	0.72	0.71	0.70	0.70	100	0.70	0.71	0.71	0.71	0.69	0.73
		150	0.72	0.72	0.72	0.72	150	0.71	0.73	0.73	0.73		
		200	0.71	0.71	0.71	0.71	200	0.71	0.72	0.72	0.72		
		250	0.71	0.71	0.72	0.72	250	0.69	0.71	0.72	0.72		
		225	0.71	0.71	0.71	0.71	225	0.70	0.72	0.72	0.72		
Šlajz 1 2017	Maksimalan broj stabala	100	0.56	0.53	0.56	0.56	100	0.50	0.53	0.51	0.51	0.50	0.56
		150	0.54	0.52	0.53	0.53	150	0.50	0.53	0.53	0.53		
		200	0.54	0.53	0.53	0.53	200	0.51	0.53	0.52	0.52		
		250	0.54	0.52	0.53	0.53	250	0.53	0.53	0.52	0.52		
		225	0.54	0.52	0.53	0.53	225	0.53	0.53	0.52	0.52		
Šlajz 2 2017	Maksimalan broj stabala	100	0.50	0.49	0.49	0.49	100	0.48	0.47	0.50	0.50	0.46	0.50
		150	0.49	0.50	0.49	0.49	150	0.46	0.48	0.50	0.50		
		200	0.49	0.50	0.49	0.49	200	0.47	0.48	0.50	0.50		
		250	0.49	0.50	0.50	0.50	250	0.48	0.48	0.50	0.50		
		225	0.49	0.50	0.50	0.50	225	0.48	0.48	0.50	0.50		
Arkanj 2018	Maksimalan broj stabala	100	0.59	0.60	0.59	0.59	100	0.62	0.59	0.60	0.60	0.56	0.62
		150	0.59	0.60	0.60	0.60	150	0.62	0.61	0.58	0.58		
		200	0.57	0.59	0.60	0.60	200	0.61	0.61	0.58	0.58		
		250	0.57	0.60	0.61	0.61	250	0.61	0.60	0.59	0.59		
		225	0.56	0.60	0.61	0.61	225	0.61	0.60	0.59	0.59		
Šlajz 1 2018	Maksimalan broj stabala	100	0.71	0.69	0.69	0.69	100	0.71	0.71	0.71	0.71	0.69	0.72
		150	0.71	0.71	0.71	0.71	150	0.69	0.71	0.71	0.71		
		200	0.71	0.69	0.69	0.69	200	0.69	0.71	0.71	0.71		
		250	0.69	0.69	0.69	0.69	250	0.71	0.71	0.71	0.71		
		225	0.72	0.69	0.69	0.69	225	0.71	0.71	0.71	0.71		
Agla 2018	Maksimalan broj stabala	100	0.32	0.39	0.42	0.42	100	0.33	0.40	0.41	0.38	0.32	0.43
		150	0.33	0.39	0.42	0.42	150	0.32	0.40	0.40	0.39		
		200	0.33	0.39	0.42	0.42	200	0.32	0.40	0.40	0.39		
		250	0.34	0.39	0.40	0.41	250	0.32	0.41	0.41	0.39		
		225	0.34	0.39	0.42	0.43	225	0.32	0.41	0.40	0.40		
Patrijaršijska Tonja 2018	Maksimalan broj stabala	100	0.41	0.48	0.45	0.48	100	0.43	0.47	0.47	0.47	0.41	0.48
		150	0.44	0.47	0.46	0.48	150	0.43	0.47	0.47	0.46		
		200	0.43	0.46	0.47	0.48	200	0.44	0.47	0.47	0.46		
		250	0.43	0.47	0.47	0.47	250	0.43	0.47	0.48	0.47		
		225	0.43	0.47	0.47	0.47	225	0.44	0.46	0.48	0.47		

Velika Tonja 2018	Maksimalan broj stabala	100	0.70	0.69	0.67	0.67	100	0.70	0.68	0.69	0.69	0.67	0.71
		150	0.71	0.68	0.68	0.68	150	0.70	0.68	0.70	0.70		
		200	0.71	0.69	0.70	0.70	200	0.70	0.69	0.70	0.70		
		250	0.71	0.70	0.69	0.69	250	0.71	0.69	0.70	0.70		
		225	0.71	0.69	0.69	0.69	225	0.70	0.69	0.71	0.71		
Patrijaršijska Tonja 2019	Maksimalan broj stabala	100	0.61	0.63	0.62	0.62	100	0.57	0.63	0.64	0.64	0.57	0.64
		150	0.58	0.64	0.63	0.63	150	0.58	0.63	0.63	0.63		
		200	0.59	0.62	0.62	0.62	200	0.58	0.61	0.63	0.63		
		250	0.58	0.62	0.62	0.62	250	0.58	0.63	0.63	0.63		
		225	0.59	0.62	0.63	0.63	225	0.57	0.63	0.63	0.63		
Petrovaradinsk i Dunavac 2018	Maksimalan broj stabala	100	0.61	0.63	0.63	0.63	100	0.62	0.62	0.62	0.62	0.61	0.63
		150	0.62	0.62	0.62	0.62	150	0.62	0.62	0.62	0.62		
		200	0.61	0.62	0.62	0.62	200	0.62	0.62	0.62	0.62		
		250	0.61	0.62	0.62	0.62	250	0.62	0.62	0.62	0.62		
		225	0.61	0.62	0.62	0.62	225	0.62	0.62	0.62	0.62		
Rupa 2019	Maksimalan broj stabala	100	0.81	0.82	0.82	0.82	100	0.83	0.81	0.81	0.81	0.81	0.83
		150	0.81	0.81	0.81	0.81	150	0.81	0.82	0.82	0.82		
		200	0.81	0.82	0.82	0.82	200	0.82	0.82	0.82	0.82		
		250	0.82	0.83	0.83	0.83	250	0.83	0.82	0.82	0.82		
		225	0.81	0.83	0.83	0.83	225	0.81	0.83	0.83	0.83		
Rupa pod nasipom 2019	Maksimalan broj stabala	100	0.80	0.76	0.76	0.76	100	0.80	0.80	0.80	0.80	0.76	0.80
		150	0.80	0.76	0.76	0.76	150	0.80	0.80	0.80	0.80		
		200	0.80	0.76	0.76	0.76	200	0.80	0.80	0.80	0.80		
		250	0.80	0.76	0.76	0.76	250	0.80	0.80	0.80	0.80		
		225	0.76	0.76	0.76	0.76	225	0.80	0.80	0.80	0.80		
Šlajz 1 2019	Maksimalan broj stabala	100	0.62	0.62	0.62	0.62	100	0.61	0.61	0.61	0.61	0.58	0.64
		150	0.61	0.64	0.64	0.64	150	0.59	0.60	0.60	0.60		
		200	0.60	0.61	0.61	0.61	200	0.62	0.62	0.62	0.59		
		250	0.58	0.61	0.61	0.61	250	0.59	0.63	0.63	0.63		
		225	0.59	0.62	0.62	0.62	225	0.59	0.64	0.64	0.64		
Šlajz 2 2019	Maksimalan broj stabala	100	0.67	0.67	0.67	0.67	100	0.69	0.65	0.65	0.65	0.65	0.69
		150	0.69	0.65	0.65	0.65	150	0.69	0.67	0.67	0.67		
		200	0.69	0.65	0.65	0.65	200	0.67	0.67	0.67	0.67		
		250	0.69	0.65	0.65	0.65	250	0.68	0.65	0.65	0.65		
		225	0.69	0.67	0.67	0.67	225	0.68	0.65	0.65	0.65		
Šlajz 2019	Maksimalan broj stabala	100	0.60	0.60	0.60	0.60	100	0.60	0.61	0.61	0.61	0.60	0.61
		150	0.60	0.60	0.60	0.60	150	0.60	0.61	0.61	0.61		
		200	0.60	0.60	0.60	0.60	200	0.60	0.61	0.61	0.61		
		250	0.60	0.60	0.60	0.60	250	0.60	0.61	0.61	0.61		
		225	0.60	0.60	0.60	0.60	225	0.60	0.61	0.61	0.61		
	M a k s .	100	0.63	0.66	0.66	0.66	100	0.57	0.61	0.61	0.61	0.56	0.66

Patrijaršijska Tonja 2019		150	0.66	0.66	0.66	0.66	150	0.56	0.61	0.61	0.61		
		200	0.63	0.66	0.66	0.66	200	0.56	0.61	0.61	0.61		
		250	0.63	0.66	0.66	0.66	250	0.61	0.61	0.61	0.61		
		225	0.63	0.66	0.66	0.66	225	0.56	0.61	0.61	0.61		
2019KD	Maksimalan broj stabala	100	0.66	0.66	0.67	0.67	100	0.64	0.68	0.65	0.65	0.64	0.69
		150	0.65	0.66	0.67	0.67	150	0.65	0.69	0.69	0.67		
		200	0.65	0.67	0.68	0.68	200		0.67	0.68	0.68		
		250	0.64	0.67	0.68	0.68	250	0.65	0.68	0.67	0.67		
		225	0.64	0.67	0.68	0.68	225	0.64	0.68	0.67	0.67		
Velika Tonja 2019	Maksimalan broj stabala	100	0.64	0.63	0.63	0.63	100	0.64	0.65	0.65	0.65	0.63	0.65
		150	0.64	0.63	0.63	0.63	150	0.64	0.65	0.65	0.65		
		200	0.64	0.63	0.63	0.63	200	0.64	0.65	0.65	0.65		
		250	0.64	0.63	0.63	0.63	250	0.64	0.65	0.65	0.65		
		225	0.64	0.63	0.63	0.63	225	0.64	0.65	0.65	0.65		
Arkanj 2019	Maksimalan broj stabala	100	0.70	0.69	0.69	0.69	100	0.69	0.66	0.66	0.66	0.66	0.70
		150	0.70	0.69	0.69	0.69	150	0.69	0.66	0.66	0.66		
		200	0.70	0.69	0.69	0.69	200	0.69	0.66	0.66	0.66		
		250	0.70	0.69	0.69	0.69	250	0.69	0.66	0.66	0.66		
		225	0.69	0.69	0.69	0.69	225	0.69	0.66	0.66	0.66		
Doktor pumpa 2019	Maksimalan broj stabala	100	0.49	0.51	0.49	0.49	100	0.48	0.51	0.52	0.52	0.48	0.52
		150	0.49	0.49	0.50	0.50	150	0.48	0.51	0.52	0.52		
		200	0.48	0.49	0.49	0.49	200	0.49	0.51	0.52	0.52		
		250	0.49	0.49	0.50	0.50	250	0.49	0.51	0.52	0.52		
		225	0.49	0.49	0.50	0.50	225	0.49	0.51	0.51	0.51		
Hašaški DUnavac 2019	Maksimalan broj stabala	100	0.58	0.59	0.60	0.60	100	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.60
		150	0.58	0.59	0.60	0.60	150	0.59	0.59	0.59	0.59		
		200	0.58	0.60	0.59	0.59	200	0.59	0.59	0.59	0.59		
		250	0.58	0.60	0.59	0.59	250	0.59	0.59	0.59	0.59		
		225	0.58	0.60	0.59	0.59	225	0.59	0.59	0.59	0.59		
Begečka jama 2019	Maksimalan broj stabala	100	0.51	0.58	0.60	0.60	100	0.52	0.58	0.60	0.60	0.50	0.60
		150	0.51	0.56	0.58	0.58	150	0.50	0.59	0.59	0.59		
		200	0.52	0.57	0.59	0.59	200	0.51	0.59	0.59	0.59		
		250	0.52	0.57	0.58	0.58	250	0.51	0.59	0.58	0.58		
		225	0.52	0.57	0.58	0.58	225	0.51	0.59	0.59	0.59		
Agla 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.40	0.39	0.36	0.36	100	0.45	0.36	0.37	0.37	0.36	0.45
		150	0.43	0.39	0.37	0.37	150	0.43	0.37	0.39	0.37		
		200	0.42	0.40	0.38	0.38	200	0.44	0.36	0.38	0.37		
		250	0.44	0.39	0.37	0.38	250	0.45	0.37	0.38	0.36		
		225	0.43	0.39	0.38	0.39	225	0.44	0.36	0.39	0.37		
Arkanj 2020	Ma ksi mal an	100	0.49	0.51	0.49	0.49	100	0.45	0.49	0.49	0.49	0.45	0.51
		150	0.48	0.51	0.48	0.48	150	0.48	0.51	0.50	0.50		

		200	0.49	0.51	0.49	0.49	200	0.49	0.50	0.50	0.50		
		250	0.49	0.50	0.51	0.51	250	0.50	0.51	0.51	0.51		
		225	0.49	0.51	0.50	0.50	225	0.49	0.51	0.50	0.50		
Bara tri mosta 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.67	0.69	0.69	0.69	100	0.69	0.68	0.68	0.68	0.67	0.69
		150	0.67	0.69	0.69	0.69	150	0.68	0.68	0.68	0.68		
		200	0.69	0.69	0.69	0.69	200	0.69	0.68	0.68	0.68		
		250	0.69	0.69	0.69	0.69	250	0.69	0.68	0.68	0.68		
		225	0.69	0.69	0.69	0.69	225	0.69	0.68	0.68	0.68		
Begečka jama 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.41	0.42	0.41	0.42	100	0.39	0.41	0.41	0.43	0.39	0.43
		150	0.40	0.42	0.42	0.42	150	0.39	0.41	0.42	0.43		
		200	0.40	0.41	0.41	0.41	200	0.40	0.41	0.42	0.42		
		250	0.41	0.42	0.42	0.42	250	0.40	0.42	0.42	0.43		
		225	0.40	0.41	0.42	0.42	225	0.40	0.42	0.42	0.43		
Doktor pumpa 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.68	0.69	0.70	0.70	100	0.65	0.69	0.67	0.67	0.65	0.70
		150	0.66	0.70	0.69	0.69	150	0.67	0.70	0.67	0.67		
		200	0.67	0.69	0.68	0.68	200	0.66	0.70	0.69	0.69		
		250	0.67	0.70	0.68	0.68	250	0.67	0.68	0.68	0.68		
		225	0.67	0.70	0.67	0.67	225	0.65	0.70	0.69	0.69		
Hašaški dunavac 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.51	0.55	0.55	0.55	100	0.52	0.55	0.56	0.56	0.51	0.57
		150	0.52	0.54	0.56	0.56	150	0.51	0.55	0.57	0.57		
		200	0.51	0.55	0.56	0.56	200	0.53	0.54	0.55	0.55		
		250	0.52	0.55	0.56	0.56	250	0.54	0.55	0.56	0.56		
		225	0.52	0.54	0.55	0.55	225	0.53	0.54	0.55	0.55		
Markova Bara 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.77	0.82	0.82	0.82	100	0.75	0.82	0.82	0.82	0.75	0.83
		150	0.79	0.81	0.82	0.82	150	0.77	0.82	0.83	0.83		
		200	0.78	0.81	0.82	0.82	200	0.78	0.82	0.83	0.83		
		250	0.77	0.82	0.82	0.82	250	0.78	0.82	0.83	0.83		
		225	0.77	0.81	0.82	0.82	225	0.78	0.82	0.83	0.83		
Osmica 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.61	0.62	0.61	0.61	100	0.60	0.61	0.61	0.61	0.60	0.62
		150	0.62	0.61	0.61	0.61	150	0.61	0.62	0.61	0.61		
		200	0.62	0.61	0.61	0.61	200	0.62	0.61	0.61	0.61		
		250	0.62	0.61	0.61	0.61	250	0.62	0.62	0.61	0.61		
		225	0.62	0.61	0.61	0.61	225	0.62	0.61	0.61	0.61		
Patrijaršijska Tonja 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.47	0.47	0.46	0.46	100	0.45	0.48	0.47	0.47	0.45	0.49
		150	0.47	0.46	0.47	0.47	150	0.46	0.48	0.46	0.46		
		200	0.48	0.46	0.48	0.48	200	0.47	0.48	0.46	0.46		
		250	0.48	0.46	0.47	0.47	250	0.47	0.48	0.46	0.46		
		225	0.49	0.46	0.47	0.47	225	0.47	0.47	0.46	0.46		
Petrovaradiski Dunavac 2020	Maksi malan broj stabala	100	0.61	0.60	0.60	0.60	100	0.62	0.61	0.61	0.61	0.59	0.62
		150	0.60	0.61	0.61	0.61	150	0.61	0.61	0.61	0.59		
		200	0.60	0.60	0.61	0.61	200	0.59	0.61	0.61	0.59		

		250	0.59	0.61	0.61	0.61	250	0.59	0.62	0.59	0.59		
		225	0.59	0.61	0.61	0.61	225	0.60	0.62	0.59	0.59		
Rupa pod nasipom 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.72	0.69	0.69	0.69	100	0.72	0.71	0.71	0.71	0.69	0.72
		150	0.70	0.70	0.69	0.69	150	0.72	0.71	0.71	0.71		
		200	0.70	0.70	0.70	0.70	200	0.72	0.71	0.71	0.71		
		250	0.70	0.70	0.70	0.70	250	0.72	0.71	0.71	0.71		
		225	0.70	0.70	0.70	0.70	225	0.72	0.71	0.71	0.71		
Rupa 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.73	0.72	0.74	0.74	100	0.72	0.71	0.73	0.73	0.71	0.76
		150	0.76	0.75	0.75	0.75	150	0.73	0.74	0.75	0.75		
		200	0.75	0.74	0.74	0.74	200	0.74	0.72	0.74	0.74		
		250	0.74	0.74	0.74	0.74	250	0.73	0.74	0.73	0.73		
		225	0.75	0.74	0.74	0.74	225	0.73	0.72	0.74	0.74		
Šlajz 1 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.61	0.60	0.60	0.60	100	0.58	0.60	0.60	0.60	0.58	0.62
		150	0.60	0.60	0.60	0.60	150	0.61	0.60	0.60	0.60		
		200	0.60	0.60	0.59	0.59	200	0.61	0.60	0.61	0.61		
		250	0.60	0.60	0.59	0.59	250	0.61	0.61	0.62	0.62		
		225	0.60	0.60	0.60	0.60	225	0.60	0.60	0.61	0.61		
Šlajz 2 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.42	0.37	0.35	0.35	100	0.44	0.36	0.40	0.40	0.35	0.47
		150	0.45	0.36	0.40	0.40	150	0.44	0.38	0.41	0.41		
		200	0.45	0.36	0.39	0.39	200	0.45	0.40	0.41	0.41		
		250	0.43	0.36	0.40	0.40	250	0.47	0.40	0.39	0.39		
		225	0.44	0.36	0.40	0.40	225	0.47	0.40	0.39	0.39		
Šlajz 3 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.75	0.75	0.75	0.75	100	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.77
		150	0.77	0.75	0.75	0.75	150	0.75	0.74	0.74	0.74		
		200	0.77	0.75	0.75	0.75	200	0.74	0.74	0.74	0.74		
		250	0.77	0.75	0.75	0.75	250	0.74	0.74	0.74	0.74		
		225	0.77	0.75	0.75	0.75	225	0.74	0.74	0.74	0.74		
Tošina bara 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.57	0.54	0.55	0.55	100	0.56	0.55	0.55	0.55	0.54	0.57
		150	0.56	0.54	0.56	0.56	150	0.54	0.55	0.56	0.56		
		200	0.56	0.54	0.55	0.55	200	0.54	0.55	0.57	0.57		
		250	0.56	0.54	0.55	0.55	250	0.54	0.55	0.56	0.56		
		225	0.56	0.54	0.55	0.55	225	0.54	0.55	0.55	0.55		
Tuškoš 2020	Maksimalan broj stabala	100	0.61	0.59	0.59	0.59	100	0.61	0.64	0.64	0.64	0.59	0.64
		150	0.61	0.59	0.59	0.59	150	0.61	0.64	0.64	0.64		
		200	0.61	0.59	0.59	0.59	200	0.61	0.64	0.64	0.64		
		250	0.61	0.59	0.59	0.59	250	0.61	0.64	0.64	0.64		
		225	0.61	0.59	0.59	0.59	225	0.61	0.64	0.64	0.64		

* ■ 0.21–0.40 (jedva podobna), ■ 0.41–0.60 (umerena), ■ 0.61–0.80 (značajna), ■ ≥0.81 (skoro savršena)

** Belim slovima označen najviši Kappa indeks po lokalitetu.

Tabela 4.23. Rezultati optimizacije algoritma klasifikacije RGB ortomozaika kreiranih na osnovu fotografija prikupljenih dronovima tipa krila duž deonica glavnog toka reke Dunav

Lokalitet		Maksimalna dubina stabla					Maksimalna dubina stabla					Opseg Kappa indeksa	
		10*	5	10	15	20	7*	5	10	15	20	min	max
Slatina_Dunav	Maksimalan broj stabala	100	0.62	0.65	0.65	0.65	100	0.61	0.64	0.66	0.66	0.61	0.67
		150	0.63	0.66	0.64	0.64	150	0.62	0.62	0.64	0.64		
		200	0.63	0.67	0.64	0.64	200	0.62	0.65	0.65	0.65		
		250	0.63	0.67	0.64	0.64	250	0.66	0.64	0.64	0.64		
		225	0.63	0.66	0.65	0.65	225	0.61	0.65	0.65	0.65		
Slatina_Bara	Maksimalan broj stabala	100	0.53	0.55	0.53	0.53	100	0.53	0.55	0.53	0.53	0.53	0.56
		150	0.54	0.54	0.53	0.53	150	0.54	0.55	0.54	0.54		
		200	0.55	0.56	0.54	0.54	200	0.54	0.55	0.55	0.55		
		250	0.55	0.55	0.54	0.54	250	0.54	0.55	0.55	0.55		
		225	0.55	0.55	0.53	0.53	225	0.54	0.55	0.55	0.55		
Labudovo Okno	Maksimalan broj stabala	100	0.57	0.61	0.58	0.58	100	0.54	0.61	0.61	0.61	0.53	0.62
		150	0.55	0.61	0.58	0.58	150	0.53	0.62	0.61	0.61		
		200	0.56	0.60	0.59	0.59	200	0.54	0.62	0.61	0.61		
		250	0.57	0.60	0.60	0.60	250	0.54	0.62	0.61	0.61		
		225	0.56	0.61	0.59	0.59	225	0.54	0.61	0.61	0.61		
Dubovac_A	Maksimalan broj stabala	100	0.60	0.60	0.57	0.57	100	0.61	0.63	0.61	0.61	0.57	0.63
		150	0.62	0.60	0.60	0.60	150	0.62	0.61	0.60	0.60		
		200	0.63	0.61	0.59	0.59	200	0.62	0.60	0.61	0.61		
		250	0.62	0.59	0.59	0.59	250	0.63	0.63	0.62	0.62		
		225	0.61	0.59	0.59	0.59	225	0.63	0.61	0.61	0.61		
Dubvac_B	Maksimalan broj stabala	100	0.54	0.56	0.55	0.55	100	0.54	0.57	0.56	0.56	0.52	0.57
		150	0.54	0.55	0.56	0.56	150	0.56	0.52	0.56	0.55		
		200	0.54	0.54	0.55	0.55	200	0.54	0.55	0.55	0.55		
		250	0.53	0.53	0.56	0.56	250	0.54	0.56	0.56	0.56		
		225	0.54	0.54	0.55	0.55	225	0.54	0.55	0.56	0.56		
Pančevo	Maksimalan broj stabala	100	0.86	0.86	0.86	0.86	100	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
		150	0.86	0.86	0.86	0.86	150	0.86	0.86	0.86	0.86		
		200	0.86	0.86	0.86	0.86	200	0.86	0.86	0.86	0.86		
		250	0.86	0.86	0.86	0.86	250	0.86	0.86	0.86	0.86		
		225	0.86	0.86	0.86	0.86	225	0.86	0.86	0.86	0.86		

* ■ 0.21–0.40 (jedva podobna), ■ 0.41–0.60 (umerena), ■ 0.61–0.80 (značajna), ■ ≥0.81 (skoro savršena)

** Belim slovima označen najviši Kappa indeks po lokalitetu.

Tabela 4.24. Rezultati optimizacije algoritma klasifikacije MSP ortomozaika kreiranih na osnovu fotografija prikupljenih dronovima tipa krila duž deonica glavnog toka reke Dunav

Lokalitet		10*	Maksimalna dubina stabla				7*	Maksimalna dubina stabla				Opseg Kappa indeksa	
			5	10	15	20		5	10	15	20	min	max
Slatina_Dunav	Maksimalan broj stabala	100	0.74	0.74	0.74	0.74	100	0.73	0.73	0.74	0.74	0.72	0.75
		150	0.74	0.73	0.74	0.74	150	0.73	0.73	0.75	0.75		
		200	0.74	0.72	0.73	0.73	200	0.74	0.73	0.74	0.74		
		250	0.75	0.73	0.73	0.73	250	0.74	0.73	0.74	0.74		
		225	0.74	0.72	0.74	0.74	225	0.74	0.74	0.74	0.74		
Slatina_Bara-	Maksimalan broj stabala	100	0.55	0.58	0.59	0.59	100	0.53	0.58	0.58	0.58	0.53	0.59
		150	0.55	0.58	0.57	0.57	150	0.53	0.58	0.57	0.57		
		200	0.55	0.58	0.58	0.58	200	0.54	0.58	0.58	0.58		
		250	0.55	0.59	0.58	0.58	250	0.54	0.59	0.58	0.58		
		225	0.55	0.58	0.57	0.57	225	0.54	0.58	0.58	0.58		
Labudovo Okno	Maksimalan broj stabala	100	0.65	0.70	0.70	0.70	100	0.66	0.69	0.69	0.69	0.65	0.71
		150	0.65	0.69	0.70	0.70	150	0.66	0.68	0.70	0.71		
		200	0.65	0.70	0.70	0.70	200	0.66	0.68	0.70	0.71		
		250	0.65	0.69	0.70	0.70	250	0.66	0.68	0.71	0.71		
		225	0.65	0.70	0.70	0.70	225	0.66	0.68	0.70	0.71		
Dubovac_A	Maksimalan broj stabala	100	0.74	0.70	0.70	0.70	100	0.74	0.69	0.71	0.71	0.67	0.77
		150	0.74	0.68	0.71	0.71	150	0.76	0.70	0.70	0.70		
		200	0.74	0.68	0.71	0.71	200	0.76	0.71	0.70	0.70		
		250	0.75	0.68	0.72	0.72	250	0.77	0.70	0.70	0.70		
		225	0.74	0.67	0.71	0.71	225	0.76	0.70	0.70	0.70		
Dubvac_B	Maksimalan broj stabala	100	0.79	0.75	0.74	0.74	100	0.79	0.77	0.76	0.76	0.72	0.81
		150	0.78	0.78	0.73	0.73	150	0.80	0.76	0.75	0.75		
		200	0.80	0.77	0.72	0.72	200	0.81	0.74	0.74	0.74		
		250	0.81	0.75	0.75	0.75	250	0.81	0.74	0.75	0.75		
		225	0.81	0.75	0.73	0.73	225	0.81	0.75	0.76	0.76		

* ■ 0.21–0.40 (jedva podobna), ■ 0.41–0.60 (umerena), ■ 0.61–0.80 (značajna), ■ ≥0.81 (skoro savršena)

** Belim slovima označen najviši Kappa indeks po lokalitetu.

Nakon inicijalne klasifikacije za svaku mapu su utvrđene zone slabijih performansi klasifikatora, odabrani su dodatni referentni segmenti, procesi obuke algoritma i klasifikacije ortomozaika su ponovljeni i generisane su nove digitalne mape straživanih deonica. Proces reklasifikacije je na 90% lokaliteta doveo do povećanja vrednosti Kappa indeksa i generalna tačnost (eng. *overall accuracy*) klasifikacije, računajući indeks i „po poligonu“ i „po pikselu“. U slučajevima kada promena vrednosti indeksa nije bila znatna ili je došlo do smanjenja statističkih mera preciznosti ipak došlo je do poboljšanja kvaliteta same digitalne mape makrofita, obzirom da je takva mapa davala realističniji prikaz prave deonice. Tačnost klasifikacije ortomozaika po poligonu je u ovoj disertaciji varirala od 51-96% za RGB i 68-89% za MSP snimke. dok je vrednost generalne tačnosti po pikselu varirala 56-99% za RGB i 72-99% za MSP pristup (Tabela 4.25). Husson i sar. (2016) su takođe izveli dvostruku analizu preciznosti OBIA klasifikacija (Random Forest algoritam) RGB snimaka na osnovu spektralnih i teksturnih karakteristika objekata. U toj studiji je maksimalna tačnost klasifikacije po poligonu iznosila 70% generalne tačnosti, dok je preciznost po pikselu je iznosila 52-75%.

Upotrebljivost i verodostojnost finalnih produkata – mapa distribucije makrofita i njihovih životnih formi testirana je analizom preciznosti klasifikacije po pikselu, odnosno evaluiran je deo ispravno i pogrešno klasifikovanih površina. Imajući u vidu ciljeve ovog istraživanja pristup evaluacije po pikselu se izdvojio kao adekvatniji. Sastojine makrofita u prirodi imaju visoko varijabilne oblike i veličine, ali i varijabilne spektralne karakteristike, samim tim segmenti izdvojeni OBIA pristupom u klasifikaciji imaju različite oblike i veličine. Pristup evaluaciji po poligonu tretira svaki segment jednako, bez obzira na njegovu veličinu, međutim u praktičnom smislu ovaj pristup ima određene nedostatke, s' obzirom da nisu svi segmenti ortomozaika jednako relevantni. Pogrešno klasifikovani sitni segmenti nemaju isti uticaj na generalnu ispravnost mape kao pogrešno klasifikovani veliki segmenti.

Mape su dalje procesuirane i od inicijalnih 39 kategorija objekata spajanjem kategorija kreirane su mape na kojima je bilo prisutno 26 ekološki značajnih kategorija. Na 38 lokaliteta na kojima je došlo do spajanja različitih kategorija klasa u ekološke klase ponovljena je analiza preciznosti po pikselu koja je pokazala da je i ovaj korak doveo do generalnog povećanja tačnosti mapa oko 70% lokaliteta. Pomenuto povećanje potencijalno ukazuje na da je jedan deo pogrešno klasifikovanih segmenata pripadao jednoj ekološkoj

kategoriji koja je zbog spektralnih i teksturnih karakteristika morala biti podeljena na više podkategorija.

U slučaju klasifikacije ortomozaika kreiranih na osnovu fotografija prikupljenih letelicom tipa krila srednja vrednost Kappa indeksa finalnih digitalnih mapa iznosila je 0.83, odnosno 0.85 za RGB i MSP pristup redom, dok je generalna tačnost za oba pristupa iznosila 90%. U slučaju obrade ortomozaika sa letelica tipa koptera srednja vrednost Kappa indeksa finalnih mapa iznosila je 0.78 do je generalna tačnost klasifikacije iznosila 88%.

Tabela 4.25. Mere preciznosti i uspešnosti klasifikacije ortomozaika u svakoj od faza, inicijalnoj klasifikaciji, reklasifikaciji sa ciljem poboljšanja digitalnih mapa i spajanja podkategorija u kategorije i kreiranje finalnih digitalnih mapa

Lokalitet		Klasifikacija				Reklasifikacija				Digitalne mape				
		Broj klasa	Po poligonu		Po pikselu		Broj klasa	Po poligonu		Po pikselu		Broj klasa	Po pikselu	
Kappa indeks	Generalna tačnost [%]		Kappa hat indeks	Generalna tačnost [%]	Kappa indeks	Generalna tačnost [%]		Kappa hat indeks	Generalna tačnost [%]	Kappa hat indeks	Generalna tačnost [%]			
Arkanj	2017	7	0.72	77.5	0.87	90.0	7	0.74	79.2	0.93	96.6			
Slajz 2	2017	7	0.53	66.0			7	0.57	57.0	0.62	68.5	6	0.73	78.2
Slajz 1	2017	8	0.48	62.9	0.52	59.7	8	0.54	64.0	0.68	81.8	6	0.61	77.7
Arkanj	2018	8	0.58	66.8	0.41	51.5	8	0.63	71.6	0.56	65.1			
Slajz 2 desno	2018	5	0.71	80.9	0.53	65.7	5	0.73	82.0	0.84	88.7	5	0.91	93.7
Agla	2018	13	0.41	46.3	0.43	48.2	13	0.45	50.9	0.51	56.3	11	0.54	59.3
Patrijarsijska Tonja	2018	10	0.46	55.5	0.49	59.4	10	0.56	65.7	0.64	71.5	9	0.65	72.8
Velika Tonja	2018	9	0.69	80.4	0.78	88.6	9	0.74	83.4	0.81	90.0	8	0.81	90.4
Patrijarsijska Tonja	2019	8	0.62		0.58	80.2	8	0.70	83.6	0.62	83.7	7	0.65	84.7
Petrovaradinski dunavac	2019	7	0.62	78.5	0.72	84.0	7	0.62	77.3	0.72	83.0			
Rupa	2019	5	0.82	89.3	0.82	89.1	5	0.81	88.8	0.90	93.6	3	0.80	95.0
Rupa pod nasipom	2019	6	0.80	87.0	0.74	84.3	6	0.72	82.6	0.87	92.3	5	0.71	92.2
Slajz 1	2019	6	0.64	76.4	0.79	85.9	6	0.69	80.2	0.82	88.0	4	0.75	85.8
Slajz 2	2019	4	0.65	79.4	0.74	84.3	4	0.72	83.5	0.89	93.0			
Slajz 3	2019	3	0.61	76.7	0.78	90.0	3	0.71	83.3	0.91	96.2			
Tikvara	2019	4	0.61	72.5	0.77	91.4	4	0.67	78.0	0.82	91.7			
Karlovacki dunavac	2019	9	0.68	75.3	0.77	89.3	9	0.72	78.3	0.75	87.9	8	0.74	87.9
Velika Tonja	2019	6	0.65	86.2	0.54	84.4	6	0.71	90.3	0.69	95.2			
Arkanj	2019	7	0.69	75.9	0.71	79.8	7	0.76	82.4	0.87	91.3	6	0.88	92.0
Doktor pumpa	2019	7	0.51	59.8	0.59	68.0	7	0.56	64.2	0.63	71.6			
Hasaski dunavac	2019	6	0.59	69.5	0.44	54.6	6	0.63	70.7	0.67	73.6	4	0.88	92.9
Begecka jama	2019	10	0.59	66.2	0.77	89.6	10	0.71	76.9	0.87	94.5	9	0.88	94.8

Agla	2020	14	0.36	55.4	0.34	54.6	14	0.50	68.9	0.62	76.8	11	0.63	76.9
Arkanj	2020	10	0.52	58.9	0.77	87.5	10	0.55	62.4	0.79	88.4	7	0.86	93.4
Bara 3 mosta	2020	6	0.67	75.8	0.80	85.5	6	0.64	73.7	0.81	87.1			
Begecka jama	2020	12	0.42	49.8			12	0.59	67.3	0.69	76.2	10	0.72	78.0
Doktor pumpa	2020	7	0.68	74.9	0.64	71.0	7	0.74	79.4	0.80	84.2			
Hasaski dunavac	2020	8	0.54	63.9	0.48	61.2	8	0.60	75.3	0.81	86.7	7	0.80	86.2
Markova bara	2020	11	0.80	82.3	0.78	81.7	11	0.82	84.0	0.80	83.6	8	0.85	88.4
Osmica	2020	9	0.61	69.3	0.67	74.8	9	0.66	73.0	0.63	71.2	7	0.64	73.4
Patrijarsijska Tonja	2020	13	0.46		0.48	53.2	13	0.55	60.7	0.95	96.0	9	0.96	97.0
Petrovaradinski dunavac	2020	6	0.63	69.7	0.58	66.0	6	0.63	69.7	0.67	73.4	7	0.66	75.7
Rupa	2020	6	0.70	78.6	0.71	79.1	6	0.71	78.1	0.73	79.9	4	0.93	96.2
Rupa pod nasipom	2020	9	0.72	77.9	0.88	91.0	9	0.68	75.0	0.89	91.7	8	0.88	91.8
Slajz 1	2020	6	0.60	66.7	0.74	88.5	6	0.70	76.1	0.93	97.1	4	0.90	96.9
Slajz 2	2020	6	0.40	52.5	0.61	70.9	6	0.74	82.8	1.00	99.7			
Slajz 3	2020	6	0.74	83.9			6	0.74	92.0	0.62	97.0			
Tosina bara	2020	10	0.54		0.72	77.6	10	0.62	69.3	0.82	85.7			
Tuskos	2020	7	0.60	68.9	0.62	75.8	7	0.65	73.2	0.79	86.8			
DunavSlatina (RGB)	2020	12	0.65	74.7	0.67	78.3	12	0.67	77.0	0.75	84.7	10	0.75	84.7
BaraSlatina (RGB)	2020	13	0.55	61.4	0.67	72.5	13	0.58	64.1	0.67	71.6	11	0.70	74.6
LabudovoOkno (RGB)	2020	14	0.61	71.5	0.70	76.6	14	0.64	75.0	0.87	91.2	11	0.90	93.4
Dubovac 1 (RGB)	2020	8	0.61	81.3	0.57	81.4	8	0.66	83.9	0.73	90.9	8	0.73	90.9
Dubovac 2 (RGB)	2020	8	0.55	79.7	0.89	97.3	8	0.71	86.5	0.87	96.1	8	0.87	96.1
Pancevo (RGB)	2020	3	0.86	93.0	0.95	98.4	3	0.91	95.7	0.98	99.3	3	0.98	99.3
DunavSlatina (MSP)	2020	11	0.73	77.4	0.77	82.8	11	0.74	78.7	0.85	88.8	11	0.85	88.8
BaraSlatina (MSP)	2020	12	0.58	63.4	0.54	61.3	12	0.63	68.3	0.67	72.1	11	0.71	76.6
LabudovoOkno (MSP)	2020	14	0.68	73.7	0.73	79.2	14	0.73	77.2	0.80	84.6	11	0.86	89.9
Dubovac 1 (MSP)	2020	8	0.70	81.0	0.84	93.3	8	0.81	89.2	0.90	97.2	8	0.90	97.2
Dubovac 2 (MSP)	2020	7	0.75	86.4	0.86	96.0	7	0.77	88.9	0.94	99.3	7	0.94	99.3
Pancevo (MSP)	2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* U slučajevima kada u koloni „digitalne mape“ nedostaju rezultati, posmatraju se rezultati iz kolone „reklasifikacija“ obzirom da na tim lokalitetima nije bilo podkategorija klasa koje su morale biti spojene u jednu ekološki značajnu klasu.

4.2.3.5. Analiza digitalnih mapa distribucije makrofita

Na osnovu fotografija prikupljenih letelicama tipa koptera kreirano je 39 RGB ortomozaika u plavnoj zoni Dunava. Na osnovu svakog ortomozaika kreirane su digitalne mape makrofita. Klase makrofita su pretežno značajno tačno izdvojene sa ortomozaika. Submerzne i flotantne ukorenjene, odnosno neukorenjene makrofite su izdvojene prilično uspešno. Srednja vrednost Kappa hat indeksa za ove kategorije je redom iznosila 0.65, 0.57 i 0.74 dok su emerzne makrofite umereno dobro izdvojene sa Kappa hat vrednosti od 0.49. Mere preciznosti (eng. *Producers*) i odziva (eng. *Users*) su za navedene grupe pratile vrednosti Kappa hat indeksa. Kada se posmatra preciznost klasifikacije pojedinačnih klasa makrofita flotantne neukorenjene makrofite su najuspešnije izdvojene sa prosečnom Kappa hat vrednosti od 0.8. U grupi emerznih makrofita sve klase su imale umerenu preciznost klasifikacije sa Kappa hat indeksom koji se kretao od 0.31 za kategoriju *Schoenoplectus lacustris* do 0.59 za kategoriju *Phragmites communis*. Detaljne informacije o preciznosti klasifikacije za svaku kategoriju na svakom lokalitetu se nalaze u tabeli 4.26 Svaka klasa makrofita je označena različitom bojom i izračunat je procentulani udeo kao i apsolutnu površinu mape koju svaka klasa zauzima (Prilog 3).

Na osnovu podataka prikupljenih letelicom tipa krila iznad deonice glavnog toka Dunava generisano je šest mapa makrofita na osnovu RGB fotogrametrije i pet mapa na osnovu MSP fotogrametrije. Makrofite su skoro savršeno izdvojene od ostatka okruženja sa prosečnim Kappa indeksom od 0.84 i za RGB i 0.95 za MSP pristup. Mere preciznosti (eng. *Producers*, PA) i odziva (eng. *Users*, UA) za akvatičnu vegetaciju su iznosile 96.13% i 88.29% za RGB, odnosno 93.42% i 97.18% za MSP pristup. Preciznost klasifikacije pojedinačnih klasa je generalno bila viša u MSP nego u RGB pristupu. U MSP pristupu su sve osim jedne kategorije makrofita bile skoro savršeno klasifikovane, dok to nije bio slučaj u RGB pristupu (Tabela 4.27 i 4.28). Značajne razlike primećene su i u tačnosti klasifikacije po životnim formama, gde je MSP pristup takođe imao bolje rezultate (Tabela 4.27 i 4.28). Ortomozaici i digitalne mape makrofita su prikazane u Prilogu 4, svaka klasa makrofita je označena različitom bojom i izračunat je procentulani udeo kao i apsolutna površina mape koju svaka klasa zauzima.

Tabela 4.26. Detaljne informacije o preciznosti klasifikacije ortomozaika za svaku kategoriju makrofita na lokalitetima u plavnoj zoni Dunava

		SB		FL			AP											HE						
		Sub veg	Sub veg/Spi pol	Sub veg / Alg	Nym / Nuph	Nym pel	Tra nat	Sal nat	Spi pol	Sal nat / Spi pol	Sal/Spi/Fil	Fil alg	Mulj	Voda	Sneka	Refleksija vode	Suvo granje	Ter veg	Alge na mulju	Sch lac	Phra com	Pol amp	Iri pse	
Arkanj 2017	PA [%]	85.3	86.3		98.4	85.0			91.1					98.8	98.1									
	UA [%]	88.3	85.3		96.7	92.8			74.0					99.3	99.9									
	Kappa hat	0.88	0.84		0.96	0.93			0.73					0.97	1.00									
Slajz 2 2017	PA [%]	0.0			84.2				0.0				77.0	97.5	100			78.5						
	UA [%]	0.0			66.2				0.0				95.6	100	97.7			99.6						
	Kappa hat	-0.05			0.55				-0.01				0.94	1.00	0.97			0.99						
Slajz 1 2017	PA [%]	83.8			76.5	21.9	0.0						1.3	92.2										
	UA [%]	82.3			78.7	11.3	0.0						5.1	98.9										
	Kappa hat	0.79			0.77	0.07	-0.02						-0.03	0.97										
Arkanj 2018	PA [%]	22.3	64.1		98.1	66.2			73.9				95.4	92.2	0.0									
	UA [%]	96.6	83.6		77.2	67.0			99.2				72.0	47.5	nan									
	Kappa hat	0.95	0.78		0.74	0.66			0.99				0.71	0.30	nan									
Slajz 2 desno 2018	PA [%]	0.0			98.8				92.2				nan	94.7	96.4									
	UA [%]	0.0			98.4				100				nan	100	82.4									
	Kappa hat	0.00			0.97				1.00				nan	1.00	0.80									
Agla 2018	PA [%]	63.1			75.0	74.8	95.8				78.4	28.4	80.4					43.5	57.8	63.0	60.3			
	UA [%]	50.3			52.9	37.7	2.6				99.8	95.0	86.8					96.2	13.1	63.5	36.6			
	Kappa hat	0.44			0.51	0.30	0.02				1.00	0.94	0.85					0.95	0.12	0.63	0.35			
Patrijarsijska Tonja 2018	PA [%]				97.2	100		71.6				45.4	48.5	86.0	65.3				28.7		100			
	UA [%]				37.3	100		89.6				63.5	50.1	99.9	8.0				27.5		68.4			
	Kappa hat				0.33	1.00		0.83				0.57	0.47	1.00	0.08				0.26		0.66			

Velika Tonja 2018	PA [%]	54.1		93.9	89.4		89.3		35.0	94.6	nan		92.3		0.0
	UA [%]	57.7		100	9.7		97.6		22.1	99.0	nan		6.2		0.0
	Kappa hat	0.56		1.00	0.10		0.97		0.21	0.97	nan		0.06		0.00
Patrijarsijska Tonja 2019	PA [%]	92.6		74.2	90.7		86.1			97.2	100				57.2
	UA [%]	100		39.6	16.5		99.9			100	5.3				78.2
	Kappa hat	1.00		0.36	0.15		1.00			1.00	0.05				0.77
Petrovaradinski dunavac 2019	PA [%]	93.6		98.2			81.3		100	57.7	nan				100
	UA [%]	84.0		61.7			99.0		64.2	85.4	nan				100
	Kappa hat	0.65		0.60			0.99		0.63	0.80	nan				1.00
Rupa 2019	PA [%]						74.6	96.2		96.5					
	UA [%]						58.7	99.2		82.8					
	Kappa hat						0.56	0.93		0.81					
Rupa pod nasipom 2019	PA [%]						100			100	0.0		34.1	0.0	
	UA [%]						98.3			100	0.0		57.9	0.0	
	Kappa hat						0.89			1.00	-0.01		0.54	-0.02	
Slajz 1 2019	PA [%]			92.7	nan		87.9	19.8		91.8					
	UA [%]			77.4	0.0		86.2	17.7		99.8					
	Kappa hat			0.76	0.00		0.70	0.13		1.00					
Slajz 2 2019	PA [%]	100		81.6				92.6		98.1					
	UA [%]	31.2		74.8				99.9		100					
	Kappa hat	0.30		0.71				1.00		1.00					
Slajz 3 2019	PA [%]	96.7					96.6			96.0					
	UA [%]	54.0					99.6			99.2					
	Kappa hat	0.52					0.99			0.97					
Tikvara 2019	PA [%]	44.9		99.5			90.1			99.9					
	UA [%]	97.9		67.0			99.9			92.2					
	Kappa hat	0.98		0.65			1.00			0.75					
Karlovacki dunavac 2019	PA [%]	64.2		nan	99.8	nan	65.8		73.5	83.0	97.1				
	UA [%]	79.7		0.0	59.9	0.0	94.8		92.1	90.9	90.0				
	Kappa hat	0.77		0.00	0.60	0.00	0.94		0.92	0.91	0.69				

Velika Tonja 2019	PA [%]			60.0				96.6	95.8	nan		49.3
	UA [%]			97.1				98.7	84.3	nan		30.4
	Kappa hat			0.97				0.83	0.84	nan		0.29
Arkanj 2019	PA [%]	69.9		99.2		85.1		87.5	97.5	21.5		
	UA [%]	89.0		64.1		98.2		95.5	100	100		
	Kappa hat	0.88		0.59		0.98		0.94	1.00	1.00		
Doktor pumpa 2019	PA [%]	83.2		69.8	53.2			61.4	58.6	71.4		70.7
	UA [%]	84.4		54.7	58.8			86.4	67.1	55.7		56.5
	Kappa hat	0.75		0.49	0.57			0.84	0.62	0.54		0.50
Hasaski dunavac 2019	PA [%]				87.6	93.5			84.3	98.2		
	UA [%]				93.8	44.2			86.3	97.1		
	Kappa hat				0.91	0.43			0.84	0.94		
Begecka jama 2019	PA [%]	49.1		nan	93.7			87.4	97.8	99.3	nan	nan 92.4
	UA [%]	74.4		0.0	90.6			86.5	98.9	30.8	nan	nan 93.1
	Kappa hat	0.74		0.00	0.89			0.86	0.95	0.31	nan	nan 0.93
Agla 2020	PA [%]			81.6	58.1	82.9	80.8		33.9	76.9	0.0	66.3 24.5 76.5 nan
	UA [%]			78.6	29.4	56.8	99.1		100	99.6	0.0	86.1 6.8 95.9 0.0
	Kappa hat			0.77	0.28	0.54	0.97		1.00	1.00	0.00	0.86 0.05 0.96 0.00
Arkanj 2020	PA [%]	nan		92.9	35.7		79.5 49.7		97.5	95.2		
	UA [%]	0.0		93.4	45.8		95.3 97.9		98.7	98.8		
	Kappa hat	0.00		0.92	0.45		0.95 0.98		0.95	0.99		
Bara 3 mosta 2020	PA [%]	93.0			nan		66.9		83.8	79.4		85.4
	UA [%]	93.6			nan		75.2		98.5	30.6		87.0
	Kappa hat	0.88			nan		0.73		0.98	0.29		0.83
Begecka jama 2020	PA [%]	87.9		100	77.5	88.4	34.7	65.2	78.4	84.7		100 62.5
	UA [%]	84.3		3.3	69.5	7.7	85.9	58.2	99.9	94.5		40.2 57.9
	Kappa hat	0.79		0.03	0.64	0.07	0.85	0.56	1.00	0.94		0.40 0.56
Doktor pumpa 2020	PA [%]	84.4		63.6			66.2		89.1	99.1	82.7	94.0
	UA [%]	93.3		90.1			78.7		63.8	99.9	17.4	78.4
	Kappa hat	0.91		0.87			0.78		0.62	1.00	0.16	0.75

Hasaski dunavac 2020	PA [%]	84.4		97.5	76.8	0.0		93.6	87.4	nan	
	UA [%]	88.2		91.3	66.9	0.0		90.7	89.3	nan	
	Kappa hat	0.80		0.91	0.63	0.00		0.90	0.83	nan	
Markova bara 2020	PA [%]	61.3		95.2	96.8	74.3		90.1	96.8	99.5	100
	UA [%]	91.0		89.4	69.9	61.0		100	99.8	100	100
	Kappa hat	0.89		0.88	0.62	0.60		1.00	1.00	1.00	1.00
Osmica 2020	PA [%]	80.2		81.2	82.1	86.6		45.5	66.9	91.3	
	UA [%]	75.2		80.5	53.8	91.9		89.5	99.0	100	
	Kappa hat	0.59		0.80	0.42	0.91		0.87	0.99	1.00	
Patrijarsijska Tonja 2020	PA [%]	100		89.4	100	99.4		93.5	100	91.9	98.7 97.1
	UA [%]	100		98.9	100	96.9		100	98.6	100	88.8 97.5
	Kappa hat	1.00		0.99	1.00	0.95		1.00	0.99	1.00	0.88 0.97
Petrovaradinski dunavac 2020	PA [%]	77.6			80.9	69.5		89.7	76.7		49.1
	UA [%]	88.7			78.8	77.3		8.9	92.5		28.3
	Kappa hat	0.80			0.77	0.76		0.08	0.88		0.24
Rupa 2020	PA [%]					92.2	99.9			92.0	nan
	UA [%]					93.4	95.6			100	nan
	Kappa hat					0.92	0.90			1.00	nan
Rupa pod nasipom 2020	PA [%]	99.7		94.8		91.6	nan	99.6	88.9	97.5	73.6
	UA [%]	97.9		35.8		99.6	nan	78.5	99.8	100	46.0
	Kappa hat	0.98		0.36		0.99	nan	0.74	1.00	1.00	0.44
Slajz 2020	PA [%]			99.7	61.6				99.5	100	
	UA [%]			82.8	91.9				98.9	97.6	
	Kappa hat			0.81	0.91				0.94	0.98	
Slajz 2 2020	PA [%]			100	89.0	100	100		100	99.2	
	UA [%]			99.1	100	100	100		99.8	100	
	Kappa hat			0.99	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	
Slajz 3 2020	PA [%]			100	79.4	nan			100	32.1	84.8
	UA [%]			100	87.2	nan			97.2	100	80.0
	Kappa hat			1.00	0.87	nan			0.47	1.00	0.80

Tosina bara 2020	PA [%]	82.7			99.0	98.8	86.9	99.0			82.6	52.8	92.5	99.0					nan				
	UA [%]	85.4			100	98.0	77.7	97.5			98.7	76.4	85.8	97.6					0.0				
	Kappa hat	0.80			1.00	0.98	0.76	0.97			0.99	0.73	0.80	0.98					0.00				
Tuskos 2020	PA [%]	89.6				76.7		66.6			71.4		92.4	100	nan								
	UA [%]	70.0				68.8		98.6			76.5		99.7	16.0	0.0								
	Kappa hat	0.63				0.66		0.98			0.75		0.99	0.16	0.00								
Prosečno	PA [%]	69.4	50.1	49.1	85.0	75.7	76.7	74.8	57.3	64.9	39.2	69.2	63.0	87.5	76.6	50.0	17.1	42.1	28.8	45.9	73.6	55.7	0.0
	UA [%]	70.3	56.3	30.8	67.7	67.1	42.0	81.6	64.6	80.4	49.9	73.8	63.3	92.3	69.9	33.3	29.0	34.5	13.5	31.6	60.8	56.0	0.0
	Kappa hat	0.66	0.54	0.30	0.66	0.66	0.40	0.80	0.63	0.80	0.50	0.72	0.61	0.88	0.69	0.33	0.27	0.33	0.13	0.31	0.59	0.55	0.00
Prosečno po životnim formama	PA [%]	69.4				79.2		65.7													58.4		
	UA [%]	70.3				58.9		75.5													49.5		
	Kappa hat	0.65				0.57		0.74													0.49		

* ■ 0.21–0.40 (jedva podobna), ■ 0.41–0.60 (umerena), ■ 0.61–0.80 (značajna), ■ ≥0.81 (skoro savršena)

** Sub veg - Submerzna vegetacija, Sub veg / Spi pol - *Ceratophyllum* sp. / *Spirodela polyrhiza*, Sub veg / Alg / Submerzna vegetacija / Filamentozne alge, Nym / Nuph - *Nuphar luteum*, *Nymphaea alba*, Nym pel - *Nymphoides peltate*, Tra nat - *Trapa natans*, Sal nat - *Salvinia natans*, Spi pol - *Spirodela polyrhiza*, Sal nat / Spi pol - *Salvinia natans* / *Spirodela polyrhiza*, Sal/Spi/Fil - *Salvinia natans* / *Spirodela polyrhiza* / Filamentozne alge, Fil alg - Filamentozne alge, Ter veg - Terestična vegetacija, Sch lac - *Schoenoplectus lacustris*, Phra com - *Phragmites communis*, Pol amp - *Polygonum amphibium*, Iri pse - *Iris pseudacorus*

*** akropleustofite (AP), submerzne (SB), flotantne ukorenjene (FL), helofite (HE)

Tabela 4.27. Detaljne informacije o preciznosti klasifikacije RGB ortomozaika za svaku kategoriju makrofita na lokalitetima duž glavnog toga Dunava

RGB	SB		FL			AP		HE		Ter veg	Voda	Mulj	Suvo granje	Senka	Refleksija vode	
	Sbm veg	Alg / dno	Tra nat	Nym pel	Nuph/ Nym	Sal nat	Sal/Lem/Spi	Fil alg	Phra com							But umb
Slatina_Bara	PA [%]	65.4	92.4		95.8	59.3		0.0	92.8		42.4	69.1	0.0	41.6	100	
	UA [%]	99.2	95.1		74.3	99.2		nan	51.2		85.4	87.2	nan	13.4	80.8	
	Kappa hat	0.99	0.94		0.71	0.99		nan	0.41		0.85	0.83	nan	0.13	0.81	
Slatina_Dunav	PA [%]	92.5	79.2	93.1		79.8	28.8	100		91.7	85.0	84.6	100	76.2		
	UA [%]	54.6	65.5	76.8		98.9	36.3	100		100	99.7	73.3	5.6	70.1		
	Kappa hat	0.52	0.63	0.74		0.99	0.35	1.00		1.00	0.99	0.72	0.06	0.70		
Dubovac_A	PA [%]	84.8				86.3			87.9		92.4			100	99.7	
	UA [%]	71.0				100			28.5		97.3			95.7	100.0	
	Kappa hat	0.65				1.00			0.28		0.85			0.96	1.00	
Dubovac_B	PA [%]	95.9			99.2	94.1				99.5	96.4		100		54.1	
	UA [%]	80.3			67.3	99.7				100	99.5		53.4		100.0	
	Kappa hat	0.77			0.67	1.00				1.00	0.97		0.53		1.00	
Labudovo okno	PA [%]	92.8	99.4	91.7		0.0		99.5	77.9		0.0	96.7	98.9	100	84.4	
	UA [%]	96.3	48.8	96.4		0.0		46.5	48.7		nan	98.5	72.1	25.9	95.0	
	Kappa hat	0.96	0.49	0.94		0.00		0.46	0.47		nan	0.97	0.72	0.26	0.95	
Pančevo	PA [%]	97.8									99.7			97.3		
	UA [%]	98.6									99.5			100		
	Kappa hat	0.98									0.97			1.00		
Prosečno	PA [%]	88.2	90.3	92.4		97.5	29.6	86.7	42.8	89.6	58.4	89.9	61.2	99.3	75.6	84.6
	UA [%]	83.3	69.8	86.6		70.8	49.6	99.5	41.4	57.1	95.1	96.9	72.7	46.2	68.5	93.6
	Kappa hat	0.81	0.69	0.84		0.69	0.50	1.00	0.41	0.54	0.95	0.93	0.72	0.46	0.68	0.94
Prosečno po životnim formama	PA [%]	86.6			95.0	63.9				89.6						
	UA [%]	83.3			78.7	79.5				57.1						
	Kappa hat	0.81			0.77	0.80				0.54						

* ■ 0.21–0.40 (jedva podobna), ■ 0.41–0.60 (umerena), ■ 0.61–0.80 (značajna), ■ ≥0.81 (skoro savršena) ** Sbm veg - Submerzna vegetacija, Alg / dno - Alge na dnu, Tra nat - *Trapa natans*, Nym pel - *Nymphoides peltate*, Nuph/Nym - *Nuphar luteum*, *Nymphaea alba*, Sal nat - *Salvinia natans*, Sal/Lem/Spi - *Salvinia natans* / *Lemna Minor* / *Spirodela polyrhiza*, Fil alg - Filamentozne alge, Phra com - *Phragmites communis*, But umb - *Butomus umbelatus*, Ter veg - Teresrtična vegetacija *** akropleustofite (AP), submerzne (SB), flotantne ukorenjene (FL), helofite (HE)

Tabela 4.28. Detaljne informacije o preciznosti klasifikacije MSP ortomozaika za svaku kategoriju makrofita na lokalitetima duž glavnog toga Dunava

MSP		SB		FL			AP		Fil alg	HE		Ter veg	Voda	Mulj	Suvo granje	Senka	Refleksija vode
		Sbm veg	Alg / dno	Tra nat	Nym pel	Nuph/ Nym	Sal nat	Sal/Lem/Spi		Phra com	But umb						
Slatina_Bara	PA [%]	50.2	83.4			92.3	74.9		93.1	83.9		56.8	64.6	95.5		90.1	100
	UA [%]	71.8	80.7			80.9	99.4		98.3	81.3		65.6	53.9	90.5		69.4	40.3
	Kappa hat	0.66	0.76			0.78	0.99		0.98	0.73		0.64	0.49	0.90		0.69	0.40
Slatina_Dunav	PA [%]	60.5	80.3	98.9			98.0	75.7	100			99.1	92.2	79.8	97.7	100	
	UA [%]	51.2	77.1	97.7			87.3	89.2	100			99.6	99.2	62.5	100	84.2	
	Kappa hat	0.47	0.74	0.97			0.87	0.89	1.00			1.00	0.98	0.61	1.00	0.84	
Dubovac_A	PA [%]	98.8					100	29.5	100			97.9		98.9	100	99.7	
	UA [%]	90.3					99.8	100	100			99.9		100	90.9	51.9	
	Kappa hat	0.89					1.00	1.00	1.00			0.99		1.00	0.91	0.51	
Dubovac_B	PA [%]	95.1				97.7	89.9					91.9	99.7		76.8		97.6
	UA [%]	95.1				85.7	98.5					93.9	99.9		100		43.7
	Kappa hat	0.95				0.86	0.98					0.94	0.97		1.00		0.44
Labudovo okno	PA [%]	67.3	34.6	94.3	98.6		83.5	77.4		92.1			96.0	78.1	83.2	96.7	
	UA [%]	77.0	66.0	99.3	99.2		100	100		84.6			94.7	71.2	100	27.2	
	Kappa hat	0.73	0.66	0.99	0.99		1.00	1.00		0.83			0.92	0.71	1.00	0.26	
Pančevo	PA [%]																
	UA [%]																
	Kappa hat																
Prosečno	PA [%]	74.4	66.1	96.6	98.6	95.0	79.2	96.0	68.9	94.0		82.6	90.1	84.5	89.2	96.7	99.1
	UA [%]	77.1	74.6	98.5	99.2	83.3	99.7	95.2	96.9	91.5		86.4	89.5	74.7	100	67.9	45.3
	Kappa hat	0.74	0.72	0.98	0.99	0.82	1.00	0.95	0.97	0.89		0.86	0.87	0.74	1.00	0.68	0.45
Prosečno po životnim formama	PA [%]	74.4			96.4		89.2			94.0							
	UA [%]	77.1			92.5		97.0			91.5							
	Kappa hat	0.74			0.92		0.97			0.89							

* ■ 0.21–0.40 (jedva podobna), ■ 0.41–0.60 (umerena), ■ 0.61–0.80 (značajna), ■ ≥0.81 (skoro savršena) ** Sbm veg - Submerzna vegetacija, Alg / dno - Alge na dnu, Tra nat - *Trapa natans*, Nym pel - *Nymphoides peltate*, Nuph/Nym - *Nuphar luteum*, *Nymphaea alba*, Sal nat - *Salvinia natans*, Sal/Lem/Spi - *Salvinia natans* / *Lemna Minor* / *Spirodela polyrhiza*, Fil alg - Filamentozne alge, Phra com - *Phragmites communis*, But umb - *Butomus umbelatus*, Ter veg - Teresrtična vegetacija *** akropleustofite (AP), submerzne (SB), flotantne ukorenjene (FL), helofite (HE)

Kada posmatramo preciznost klasifikacije po životnim formama u ovoj studiji je kategorija submerznih makrofita imala najbolju tačnost, sa prosečnim PA i UA od 88%. Nakon ove grupe dolaze akropleustofite i ukorenjena flotantna vegetacija. Helofite su kao životna forma rezultirale sa najnižom tačnosti od 90% i UA 57%.

Submerzne makrofite su u RGB pristupu pomoću S.O.D.A kamere bile skoro savršeno klasifikovane (KI~0.81; PA 88%; UA 83%), dok su prilikom mapiranja na osnovu ostalih kamera postigle nešto nižu preciznost od 0.65 KI i PA 69%, UA 70%. Poredeći submerznu vegetaciju sa drugim makrofitskim grupama ili vrstama ona predstavlja svojevrsan izazov za UAV tehnologiju (Agioutanti, 2022; Kislik i sar., 2020). Ventura i sar. (2018) su prilikom mapiranja podvodnih livada *Posidonia* prijavili tačnost od OA 85% i KIA 83% , međutim naglasili su veliki problem prilikom pokušaja razvajanja vijabilnih i uvenulih sastojina ove vrste. Kislik i sar. (2020) su zabeležili PA 73% i UA 63% prilikom mapiranja filamentoznih algi u dubokoj, ali bistroj reci upotrebom piksel po piksel klasifikacije. Flynn & Chapra (2014) su postigli OA 90% sa ACE i 92% sa SAM klasifikatorima mapirajući vrstu *Cladophora glomerata* u bistrim plitkim potocima. Kategorija lokvanja je u RGB, a naročito MSP pristupu veoma uspešno izdvojena, tako da je premašila preciznost prijavljenu u drugim studijama. Husson i sar. (2016) su zabeležili prosečne vrednosti od PA 67% i UA 79% primenjujući OBIA pristup, ali su u drugoj studiji 2017. godine prijavili poboljšanje dodavanjem varijable visine vegetacije u klasifikaciju. Pande-Chetri i sar. (2017) su izračunali PA 56% i UA 58% za klasu lokvanja, dok su za klasu Lotus postigli PA 81% and UA 74%, takođe koristeći OBIA pristup sa SVM klasifikatorom mapirajući makrofite močvarnih (plavnih) područja. *Trapa natans* je na deonici glavnog toka Dunava izdvojena skoro savršeno i pomoću RGB i pomoću MSP pristupa, dok su na lokalitetima u plavnoj zoni srednje vrednosti mera preciznosti nešto niže, ali kao posledica izuzetno slabe preciznosti po klasi na svega nekoliko lokaliteta sa izuzetno kompleksnom i abundantnom vegetacijom. Sočivice su takođe veoma uspešno izdvojene, gde je mešovita grupa *Spirodella/Lemna* klasifikovana skoro savršeno. Slično je prijavila i Agioutanti (2022) za klasu sočivica (PA 94% and UA 81%). *Salvinia natans* je klasa koja je u ovoj studiji dala kontradiktorne rezultate s obzirom da je na najvećem broju lokaliteta izdvojena skoro savršeno dok je u RGB pristupu lokaliteta duž glavnog toka Dunava imala prilično nisku tačnost. Ova kontradiktornost bi potencijalno mogla biti posledica neujednačene distribucije validacionih segmenata na datim lokalitetima. Grupa *Phragmites*

communis je imala umerenu tačnost klasifikacije KI 0.54, PA 90% i UA 57%. Emerzne makrofite je i u drugim studijama imala sličan nivo tačnosti van Iersel i sar. (2018), Husson i sar. (2017), Pande-Chetri i sar. (2017), Husson i sar. (2016). Chabot i sar. (2013) takođe uočavaju slabiju preciznost klasifikacije emerznih makrofita. Sve navedene studije su rađene na fotogrametrijskim proizvodima lošije rezolucije (>5cm/pix) u odnosu na ovu studiju (2.4cm/pix). Kontroverzno, lošija rezolucija je mogla dovesti do boljih rezultata klasifikacije u ovom slučaju s obzirom da prevelika količina detalja na ortomozaicima može imati loš uticaj na process klasifikacije. Klasa *Nymphoides peltata* je na lokalitetima u plavnoj zoni Dunava izdvojena relativno dobro (KI~0.66; PA 76%; UA 67%), dok duž deonica glavnog toka reke klase *Nymphoides peltata* i *Butomus umbelatus* nisu evaluirane, jer su imale izuzetno malu pokrovnost duž transekata (<1% površine) i ni jedna od automatski postavljenih nasumičnih tačaka upotrebljenih za ekstrakciju poligona za validaciju nije bila smeštena na njihovu površinu.

Tačnost klasifikacije svih kategorija je u MSP pristupu duž deonica glavnog toka reke bila generalno viša. Sve kategorije osim submerznih makrofita su bile skoro savršeno klasifikovane. Submerzna vegetacija je u MSP pristupu na datim lokalitetima imala značajnu tačnost od (PA 74%, UA 77%) dok je u RGB pristupu bila skoro savršeno klasifikovana. Multispektralni snimci su se pokazali prilično izazovnim u pogledu izdvajanja submerznih makrofita. Agioutanti (2022) je prijavila visoke greške u klasifikaciji ove kategorije sa PA 25-50%, dok kategorija algi uopšte nije mogla biti izdvojena. Chabot i sar. (2018) su koristeći izdvajanje objekata prema postavljenim ograničenjima (eng. '*rule-based feature extraction*') uspeli da razdvoje submerznu vegetaciju od objekata na i iznad vode. Submerzne jedinice *Stratiotes aloides* su izdvojene sa PA72% i US 84%, dok je ostala submerzna vegetacija kao celina imala vrednosti PA 48% and UA 86%. Visser i sar. (2018) su koristili OBIA klasifikaciju prema postavljenim ograničenjima (eng. *rule set*) i prijavili opštu tačnost klasifikacije od 53-65%, sa prilično varijabilnim tačnostima za različite klase submerznih makrofita, ali su bez obzira na sve istakli potencijal upotrebe OBIA u klasifikacija snimaka visoke rezolucije. Nasuprot tome, Brooks i sar. (2019) su uspeli da razdvoje različite submerzne vrste koristeći podatke sa spektrometra prikupljane pod vodom, iznad vode i iz vazduha. Međutim istakli su kako su merenja iz vazduha imala slabije signale od merenja pod vodom i zbog toga zaključili da je strategija podvodnog snimanja spektrometrom adekvatnija opcija za

studije malog opsega. Nakon toga su Brooks i sar. (2022) upotrebom multispektralnih snimaka iz vazduha uspjeli da mapiraju submerzu vegetaciju i uspešno izdvoje ciljnu vrstu *Myriophyllum spicatum*. Flotantna, ukorenjena i neukorenjena vegetacija kao i emerzne makrofite su u MSP pristupu imale izvanrednu tačnost sa PA i UA preko 90% za sve tri kategorije. Slični rezultati su za emerznu i flotantnu vegetaciju prijavljeni i u Chabot i sar. (2018) prilikom mapiranja vrste *Stratiotes aloides* u akvatičnim staništima, kao i Villoslada i sar. (2020), prilikom mapiranja priobalnih livada koje uključuju sastojine trske i Brooks i sar. (2021) testiranjem mogućnosti upotrebe UAV tehnologija u mapiranju vrste *Phragmites australis* prilikom tretmana suzbijanja ove introdukovane vrste u basenu Velikih jezera u Sjedinjenim Američkim državama. Primetno povećanje tačnosti klasifikacije trske u MSP pristupu ove studije može biti uzrokovano grubljom rezolucijom multispektralnih snimaka (~8cm/pix), a samim tim i prisustvom manje količine detalja koji bi unosili šum u analizu. Sa druge strane potencijalni razlog jesu i dodatni NIR i RedEdge kanali koji su korišteni u MSP pristupu.

4.3. Predlog metodologije upotrebe bespilotnih letelica i aerofotografije u monitoringu makrofita

- Izbor letelice zavisi od tipa vodnog tela i konfiguracije staništa na kom se vrši monitoring. U slučaju evaluacije dugačkih rečnih transekata velikih reka, letelice sa fiksnim krilima predstavljaju adekvatniji izbor. U slučaju evaluacije manjih vodnih tela koja se nalaze u teško dostupnim priobalnim i plavnim zonama velikih reka preporučuje se upotreba dronova kopter tipa, dominantno zbog vertikalnog poletanja i sletanja i veoma lake manualne upravljivosti.
- Multispektralne kamere sa RGB senzorima predstavljaju bolje rešenje od izvođenja dva sukcesivna leta sa dve odvojene kamere. Mnogi proizvođači upravo zbog toga počinju da nude ova kombinovana rešenja ili nosače koji omogućavaju montiranje obe vrste kamere i paralelno prikupljane fotografija tokom jednog leta.
- Visina leta bi trebala da bude utvrđena individualno od slučaja do slučaja u zavisnosti od fizičkih karakteristika i površine staništa koje se snima, ali i u zavisnosti od tipa i kvaliteta kamere. Na osnovu rezultata u ovoj studiji za uspešno mapiranje makrofita preporučuje se rezolucija fotogrametrijskih proizvoda od 2 do 3cm²/pix. Određivanje rezolucije proizvoda mora biti obavljeno pažljivo u skladu sa potrebama studije i dimenzijama najvećih i najmanjih pojedinačnih objekata koji treba da budu vidljivi. Prevelika rezolucija fotogrametrijskih proizvoda (GSD manje od 1cm²/pix) može uzrokovati šumove i greške tokom analiza, ali i dovesti do višestrukog povećanja dužine računarske obrade podataka.
- Pre izvođenja leta svaku deonicu treba biti rekognoscirati, utvrditi tačnu deonicu ili površinu područja koje se snima. Inicijalno rekognosciranje se može izvršiti pomoću satelitnih mapa područja, a konkretno rekognosciranje pre samog polatnja može biti izvršeno malim lako upravljivim dronovima tipa koptera.
- Prilikom planiranja leta potrebno je obratiti pažnju na bočno i uzdužno preklapanje sukcesivnih fotografija. Uzdužno preklapanje od 80% i bočno od 60% upotrebljeno u ovoj studiji je dalo zadovoljavajuće rezultate. Kada god je moguće koristiti autopilote bespilotnih letelica.
- U situacijama kada je potrebno snimiti velika homogena i uniformna područja preporučuje se povećanje procentualnog preklopa sukcesivnih fotografija zarad lakšeg

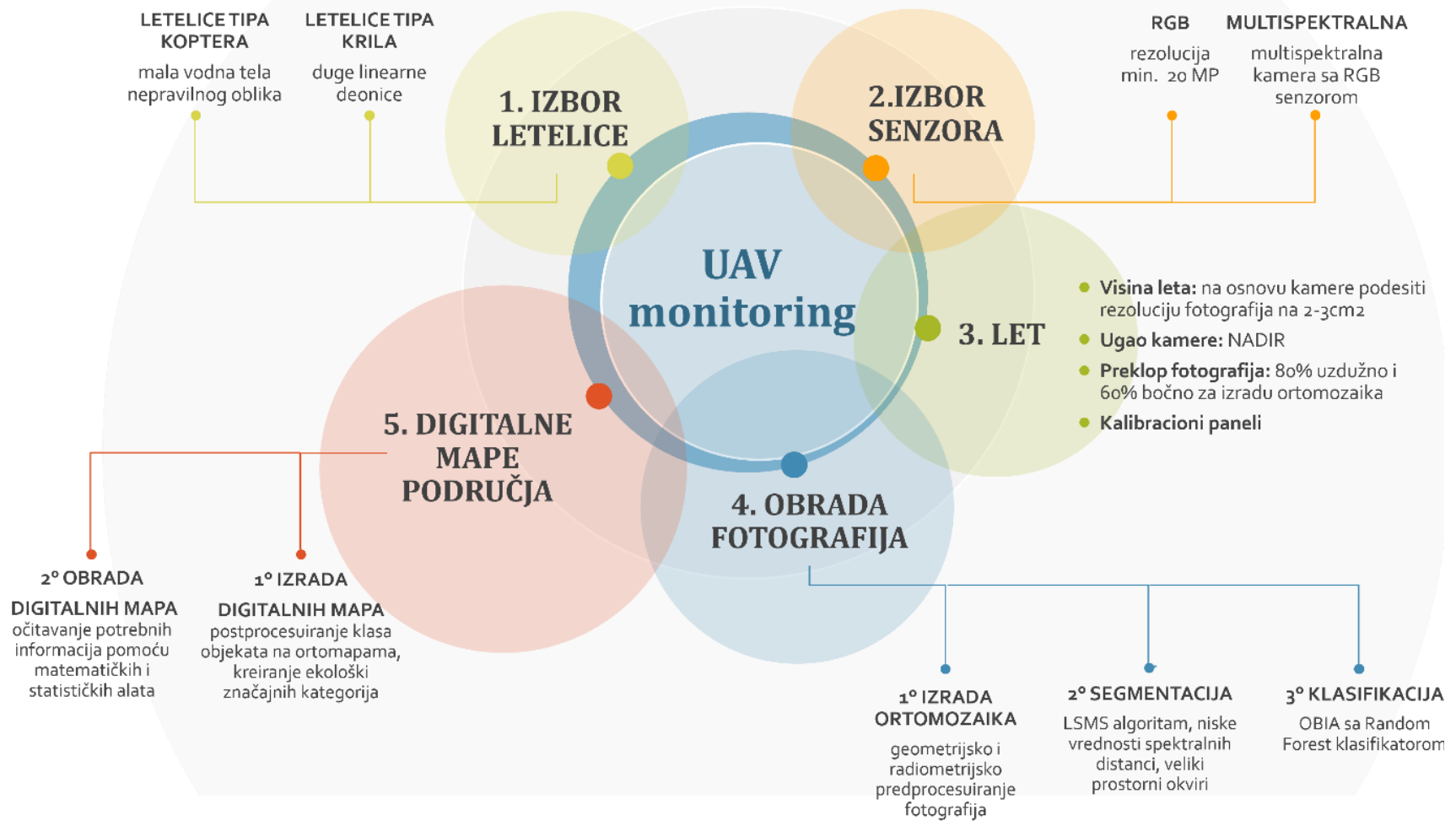
kreiranja fotogrametrijskih produkata. Takođe, potrebno je obratiti pažnju i let konstruisati tako da svaki kadar tj svaka fotografija obuhvata bar mali procenat obale ili područja sa krupnim i jasnim objektima koji će u fazi obrade dovesti do uspešne orijentacije i geometrijske korekcije fotografija.

- Prilikom upotrebe multispektralnih kamera, iskoristiti svaki mogući oblik radiometrijske kalibracije fotografija, pre svega upotrebom kalibracionih panela na svakom lokalitetu. Ručno dronom snimiti kalibracioni panel pre početka i nakon završetka svakog leta.
- Sve fotografije, a naročito multipsektralne je potrebno predprocesuirati, u smislu geopozicioniranja i orijentacije fotografija. U ovoj studiji su korišteni komercijalni softveri Pix4D i ArcGIS Pro, dok se kao postoji i Google Earth Engine koji nudi besplatne alate akademskoj i ne-profitnoj zajednici, ali ima i komercijalnu verziju.
- Prilikom kupovine drona i kamera kojima će se vršiti snimanje obavezno proveriti softversku podršku za opremu.
- Za obradu ortomozaika preporučuje se kombinacija objektne klasifikacija fotografija (OBIA) sa *Random forest* klasifikatorom koja se u ovoj studiji pokazala adekvatnom i jednostavno primenjivom sa logički razumljivim sledom operacija.
- Prilikom procesa segmentacije potrebno je obratiti pažnju na podešavanje adekvatnih parametara spektralnih ograničenja. Naime, u delineaciji različitih vrsta makrofita izgledno je da će spektralni rang dozvoljenih razlika između piksela biti veoma nizak obzirom na spektralne sličnosti koje ovaj tip vegetacije pokazuje. Ispravnost segmentacije je veoma lako proveriva jednostavnom vizuelnom evaluacijom analize.
- Setovi podataka za obuku i validaciju klasifikatora i klasifikacije bi trebali biti kreirani na osnovu ekspertskog znanja direktno sa ortomozaika. Na ovaj način se eliminiše potreba prikupljanja velikog seta podataka tokom vremenski i finansijski intenzivnih kampanja monitoringa. Na ovaj način bi UAV pristup u monitoringu makrofita smanjio količinu skupih istraživačkih sati na terenu koji uglavnom predstavljaju najveći i najčešći razlog neredovnog sprovođenja monitoring vodnih tela iako to Evropska Direktiva o vodama zahteva od svih potpisnika.
- Ukoliko ipak postoji potreba i za terenskom evaluacijom transekata, potencijalno rešenje leži u modifikaciji metodologije monitoringa. Naime, pažnja bi mogla biti posvećena

geopozicioniranju reprezentativnih čistih fragmenata prisutnih vrsta. S obzirom da ovakav pristup mapiranju olakšava referenciranje kategorija objekata na ortomozaicima.

- Letačke misije bi trebale biti sprovedene pre terenskog istraživanja sa obale, čamaca ili iz vode, jer na taj način bi pregledom snimljenog terena i staništa istraživači ciljano mogu izlaziti na vodu i efikasnije prikupljati podatke o makrofitama na unapred targetiranim delovima vodotoka ili fragmentima riparijlnih vodnih tela.
- Predloženi UAV pristup terenskom istraživanju makrofita omogućava prikupljanje relevantnih i objektivnih podataka od strane istraživača, tehničara, kao i praktičara sa različitim akademskim pozadinama. Od istraživača ili praktičara na terenu zahteva samo opšte znanje o vrstama makrofita koje se na staništima pojavljuju i osnove upotrebe GISa i UAV tehnologije.
- Računarska obrada podatka zahteva od istraživača osnovno poznavanje rada na računaru i upotrebu GIS softvera. Kako za svaku od preporučenih faza obrade postoje gotovi alati, moguće je obučiti istraživače i praktičare te taj način standardizovati process monitoringa i izrade digitalnih mapa makrofita.

Osnovne faze predložene metodologije mapiranja makrofita upotrebom tehnologije bespilotnih letelica, kao i izbori koji se kroz proces pojavljuju su grafički prikazani na slici 4.2.



Slika 4.2. Šematski prikaz osnovnih faza predložene metodologije mapiranja makrofita upotrebom tehnologije bespilotnih letelica

4.4. Uvođenje tehnologije bespilotnih letelica u standardan monitoring reke Dunav

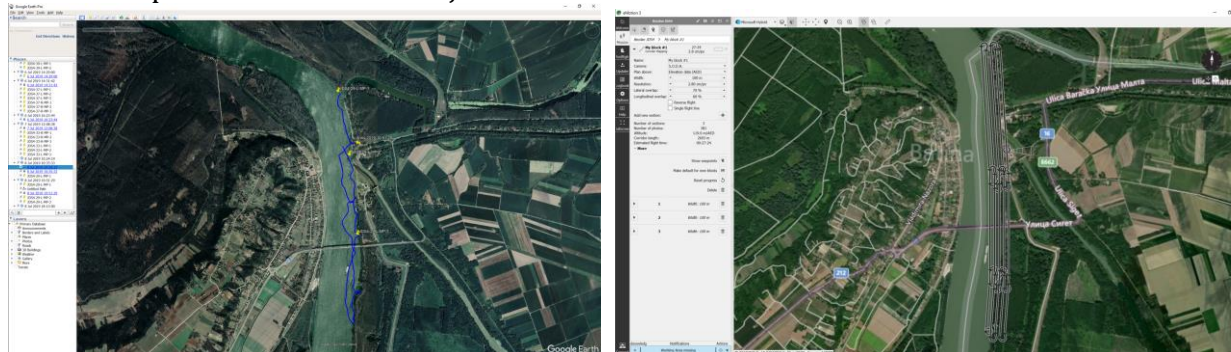
Kao što je do sada nekoliko puta pomenuto monitoring reke Dunav tokom JDS akcija se vrši u skladu sa Evropskim standardom EN 14184: 2003, odnosno EN 14184: 2014 sa napomenom da je reka Dunav u određenim delovima standarda navedena kao primer odstupanja od univerzalnog pravila zbog svoje veličine i dužine. Prema ovom standardu makrofite se kvantifikuju relativnim ocenama petostepene do desetostepene skale. U samom standardu je navedeno da se u slučaju velikih reka i dugih transekata kao što je slučaj sa Dunavom najčešće koristi robusnija petostepena skala, s' obzirom da kompleksnije skale mogu lako da dovedu do grešaka u proceni, jer standard predviđa osmatranje vode sa čamca, laganom plovidbom duž deonica. Uvođenje tehnologije bespilotnih letelica metodologijom predloženom u prethodnom poglavlju bi omogućilo utvrđivanje apsolutnih mera pokovnosti i distribucije makrofita duž transekata i na taj način doprinelo smanjenju grešaka procene od strane istraživača. Kvantifikacija abundance, kao i utvrđivanje prostorne distribucije makrofita predstavljaju podatke neophodne za razvoj i procene strategija menadžmenta prirodnih staništa (Benjamin i sar., 2021; Biggs i sar., 2018).

Vreme potrebno da se sa čamca obradi jedan transekt reke Dunav dužine 1km tokom klasičnog pristupa istraživanju makrofita varira u zavisnosti od rezolucije prikupljanja podataka. Tokom JDS4 ekspedicije vreme rada na čamcu sa minimalno dva zaustavljanja po transektu je variralo od 15min do 40min u zavisnosti od kompleksnosti vegetacije i karakteristika staništa. Tokom terenskih istraživanja u okviru ove studije vreme po kilometru je variralo od 25 do 100min uz napomenu da su duž transekata prikupljeni i dodatni podaci metodom plota sa ciljem povećanja rezolucije prikupljenih podataka. Tokom istraživanja u okviru ove disertacije je utvrđeno da je dronu tipa krila (*eBee+*) potrebno do 15min da snimi transekt dimenzija 1x0.3km (Tabela 4.20). Ponavljanje istog leta dva puta na jednoj deonici dovodi do približavanja vremena potrebnog da se deonica istraži standardno sa čamca. Zbog toga se umesto pojedinačnih letova preporučuje upotreba nosača sa paralelno postavljenim ili kombinovanim RGB i multispektralnim kamerama. Müllerová i sar. (2017) naglašavaju da pored povećanja vremena potrebnog za snimanje određene površine, prilikom kombinacije snimaka prikupljenih iz dva leta dolazi i do problema u naknadnoj računarskoj obradi snimaka. Ovde bi trebalo naglasiti i činjenicu da je prostor koji

tokom ploidbe može biti obuhvaćen okom istraživača mnogo uži od prostora koji u samo jednom preletu obuhvataju fotokamere drona. Sve ovo upućuje na prve prednosti upotrebe dronova koji bez obzira na kompleksnost vegetacije uvek imaju jednako vreme snimanja određene površine, a ujedno preletima obuhvataju mnogo veće površine od vidokruga istraživača.

Tokom 2019. godine u okviru akcije JDS4 je u Srbiji istraženo ukupno 19km reke duž obe obale na 5 lokaliteta (Bezdan, Bačka Palanka, Pančevo (nizvodno), Banatska Palanka, Dubovac). Tokom akcije samo su dva lokaliteta (Bezdan i Bačka Palanka) istraženi u toku istog dana, dok je ostatak lokaliteta istražen u pojedinačnim danima. Ukoliko bi se monitoring ovih transekata vršio eBee+ dronom korištenim u ovoj disertaciji bilo bi potrebno izvesti sedam letova, s' obzirom da navedena letelica ne predstavlja najnoviju generaciju, niti poseduje pametne baterije, već standardne koje omogućavaju dužinu leta od 59min. Planiranjem leta pomoću *eMotion3* softvera kreirani su letovi koji pokrivaju iste koridore u širini od 100m sa uzdužnim preklapanjem fotografija od 80%, a bočnim minimalno 40%. Rezolucija fotografija je u slučaju RGB S.O.D.A. kamere iznosila $2.8\text{cm}^2/\text{pix}$, letom na visini od 120m prosečnom rezolucijom RGB proizvoda, dok je u slučaju multispektralne Sequoia kamere rezolucija podešena na $5\text{cm}^2/\text{pix}$ visinom leta od 50-60m. Prosečno trajanje leta prilikom snimanja koridora dugih do 3km, bilo je do 30 min (Slika 4.3).

Slika 4.3. Paralelni prikaz putanja kretanja čamac tokom terenskog istraživanja za vreme JDS4 ekspedicije i planova letova u eMotion 3 softveru koji bi obuhvatili isto područje sa naznačenim vremenom potrebnim za istraživanje čamcem u odnosu na let drona

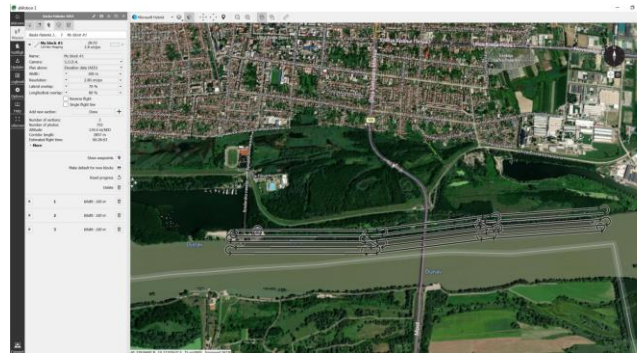


a) Bezdan čamac: 120min

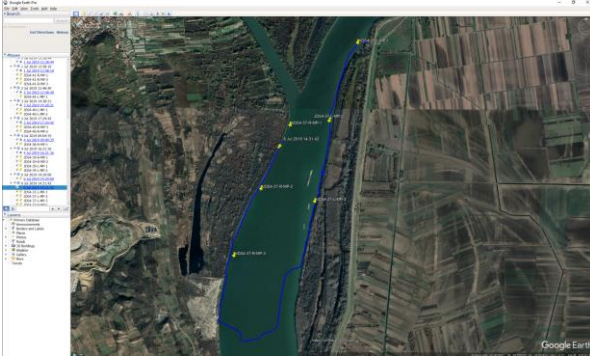
b) Bezdan dron: 28min



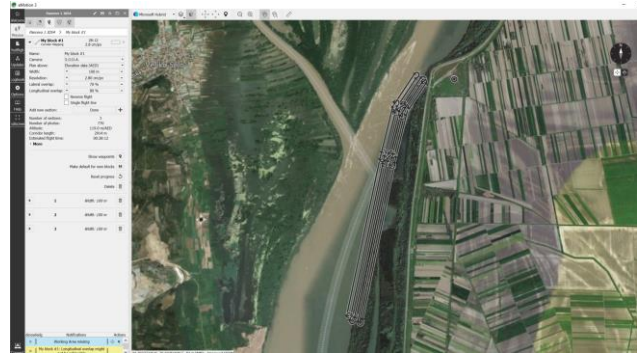
c) Bačka Palanka čamac: 45min



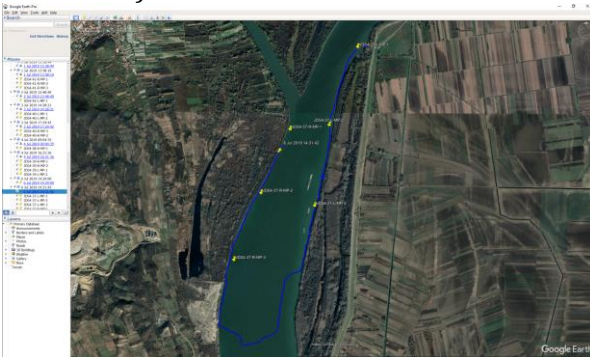
d) Bačka Palanka dron: 28min



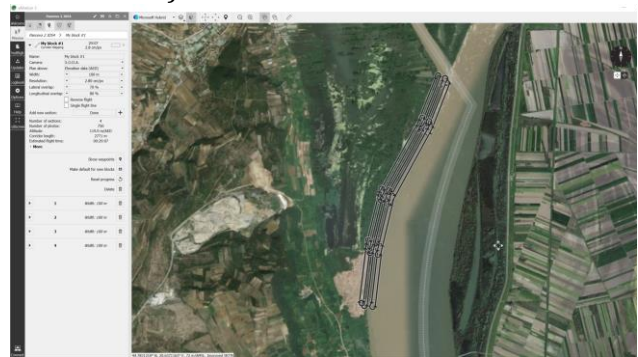
e) Pančevo 1 čamac: 38min



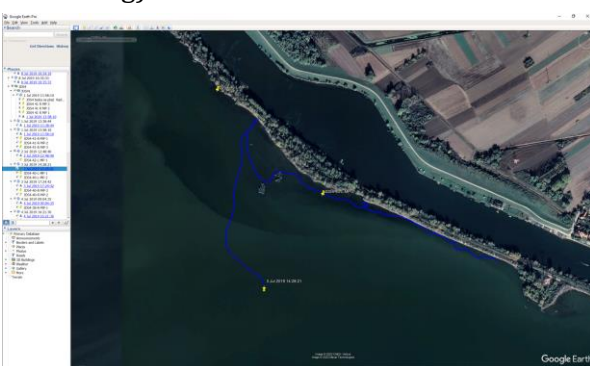
f) Pančevo 1 dron: 28min



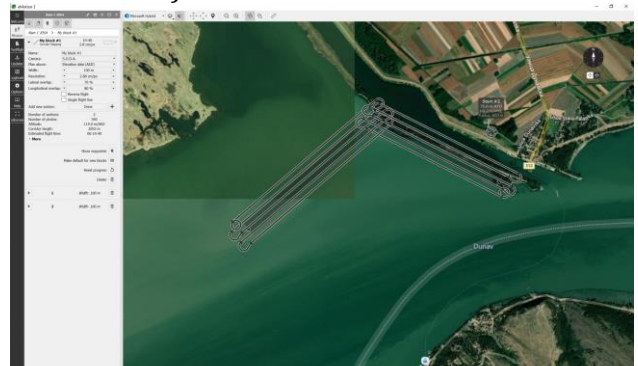
g) Pančevo 2 čamac: 40min



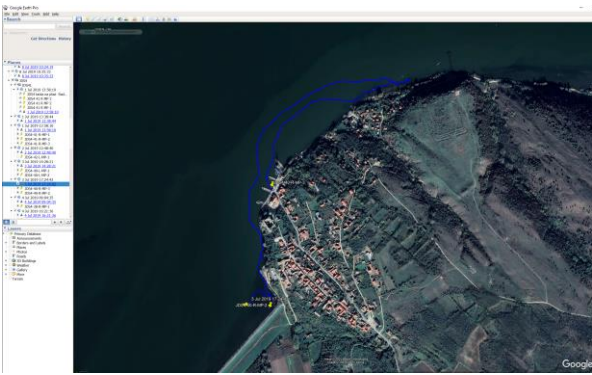
h) Pančevo 2 dron: 29min



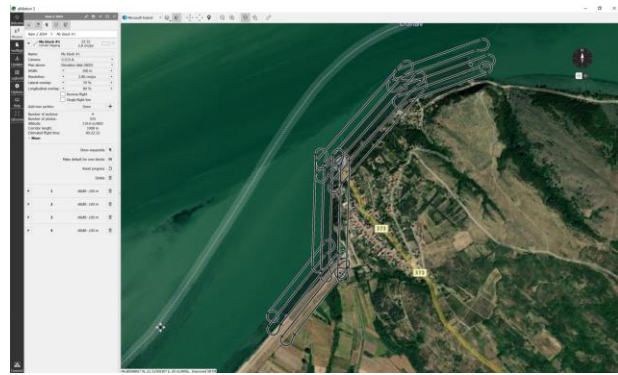
i) Banatska Palanka 1 čamac: 60min



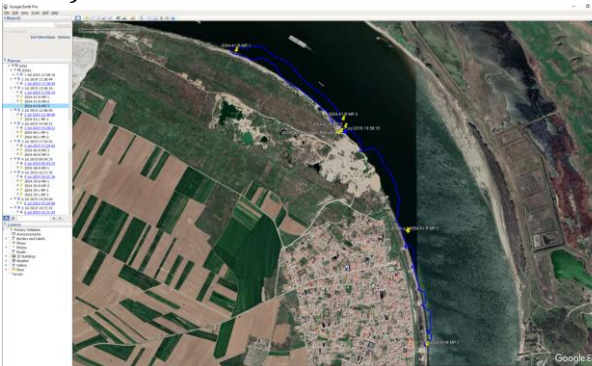
j) Banatska Palanka 1 dron: 20min



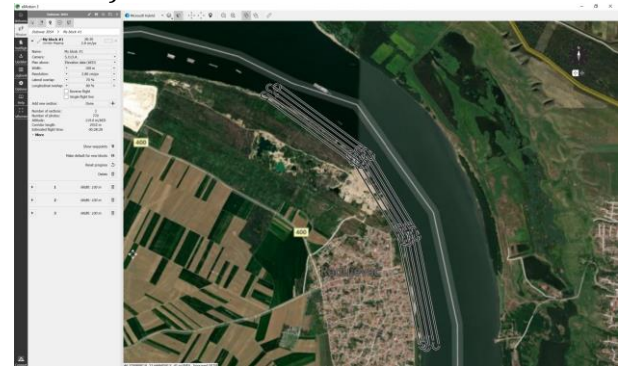
k) Banatska Palanka 2 čamac: 105min



l) Banatska Palanka 2 dron: 23min



lj) Radujevac čamac: 105min



m) Radujevac dron: 28min

Svi isplanirani letovi bi mogli da se izvedu u okviru dva dana. Zbog geografske udaljenosti lokaliteta, u jednom danu bi mogli biti snimljeni lokaliteti uzvodno do Pančeva, a u drugom danu oni nizvodno. U ovom slučaju ukupna dužina rada sa letelicom za jedan lokalitet (obe obale) ne bi bila duža od sat ipo vremena, dok je za istraživanje tri transekta dužine 1km na obe sa čamca potrebno minimum dva-tri sata.

Prilikom svakog istraživanja i monitoringa postavlja se i pitanje adekvatnog lociranja probnih površina (Madsen & Wersal, 2012). Poseban odeljak standarda EN 14184: 2014 se bavi lociranjem transekata koji će biti istraženi tokom monitoringa. Naglašava se problem tradicionalnog postavljanja transekata duž onih deonica reke na kojima je akvatična vegetacija najabundantnija i najkompleksnija, naročito na onim rekama na kojima je distribucija makrofita neujednačena, pa može lako doći do grešaka prilikom evaluacije rezultata i donošenja pogrešnih zaključaka o stanju i karakteristikama celog vodotoka na osnovu izabranih deonica. Upotreba tehnologije bespilotnih letelica omogućava u prevazilaženje ovakvih problema s' obzirom da bi snimanjem bilo moguće pokrivanje čitavog vodotoka.

Trenutna generacija dronova sa fiksiranim krilima koja se kreće u cenovnom rangu do 20.000 - 30.000€, u vazduhu može da izdrži 1-2h i tokom leta pokrije površinu od preko 200ha (eBee X – 90min na 120m visine, WingtraOne Gen II - 59min, Aeromapper Talon 120min, Marlyn – 50min, Deltaquad Pro #Map – 110min). Rotacijom nekoliko baterija bilo bi moguće mapiranje dugih kontinuiranih deonica reke u toku jednog dana. Velika praktična prednost u potencijalnom mapiranju reke Dunav pomoću ovih letelica je postojanje bentova, naispa i staza pomoću kojih se lako može kretati uz samu reku i prići joj dovoljno da mapiranje bude efikasno, što nije uvek tako u slučaju potrebe za spuštanjem čamca i potragom odgovarajućeg prilaza i spusta u vodu.

Dužina obale Dunava kroz Srbiju iznosi oko 808km (leva i desna obala zajedno). eBee+ letelici je za 3km potrebno oko 30min. Aktivnim snimanjem od po 6 sati leta dnevno letelici bi bilo potrebno oko mesec dana, da snimi čitav tok Dunava kroz Srbiju, uključujući obe obale. Poređenja radi Vukov (2008) u studiji koja je za cilj imala istraživanje makrofita reke Dunav navodi da je terensko istraživanje sa čamca tokom kog je istraženo 809 kilometarskih deonica leve i desne obale reke i 277 deonica rukavaca trajalo 4 vegetacione sezone (2003-2006. godine). Bellia i sar. (2020) pored vremenske efikasnosti naglašavaju i povećanje preciznosti prilikom mapiranja submerzne morske vegetacije u zalivima u odnosu na standardne terenske metode transekta koje se trenutno koriste.

Chabot i sar. (2013) su takođe utvrdili da je mapiranje makrofita ritških i vlnastih staništa pomoću dronova bilo vremenski pet puta efikasnije u odnosu na standardan terenski pristup. Istraživanje i monitoring ovakvih staništa predstavlja odroman metodološki izazov (Chabot i sar., 2013) i vrlo često zbog toga odsustvuje iako se navedena staništa smatraju centrima biodiverziteta i kao takva ne bi smela da budu zanemarena (Jiménez López & Mulero-Pázmány, 2019). Plavna područja i močvarna staništa predstavljaju jedne od najfragilnijih i najugroženijih tipova staništa u Evropi, ovakav način monitoringa smanjio bi antropogeni pritisak koji je neminovan prilikom tradicionalnih načina monitoringa (Cohen i Lewis, 2019), s' obzirom da se u okviru njih do lokaliteta mora dopremiti veliki tim ljudi i opreme uključujući vozila, prikolice i čamce probijajući se nekad kroz nedirnute delove staništa. U slučaju upotrebe bespilotnih letelica osmatranje i monitoring ovakvih staništa bi mogao da se obavi bez direktnog ulaska na stanište (Piégay i sar., 2020) osim u situacijama kada je prema proceni iz vazduha to neophodno. Međutim i u

takvim situacijama bi istraživači i praktičari već imali informaciju o izgledu, najbržem, najsigurnijem i najmanje invazivnom putu ulaska i procene staništa.

Tokom istraživanja Dunava u okviru JDS4 akcije na transektima duž Dunava zabeleženo je od nula (jedna deonica kod Bačke Palanke) do 25 vrsta (jedna deonica kod Banatske Palanke), dok je prosečan broj vrsta po deonici iznosio pet do deset, a ukupan broj zabeleženih vrsta 27 (Prilog 5). U slučaju terenskog istraživanja sa čamca sprovedenog u okviru ove disertacije broj zabeleženih vrsta po transektu je varirao od šest do 16, ukupno 22 vrste (Prilog 6). Monitoringom istih deonica u pomoću bespilotnih letelica mapirano je pet akvatičnih biljnih vrsta (*Trapa natans*, *Nymphoides peltata*, *Salvinia natans*, *Phragmites communis*, *Butomus umbelatu*) i tri agregata (beli i žuti lokvanj; sočivice, submerzna vegetacija). Za svaku od vrsta i agregata utvrđena je apsolutna i relativna pokrovnost transekta kao i tačna prostorna distribucija. Kao što je i ranije pomenuto floristička rezolucija podataka koji se mogu prikupiti dronom je slabija u odnosu na standardne terenske metode. U slučaju flotantnih i emerznih makrofita, mogućnost razdvajanja vrsta zavisi dominantno od rezolucije fotografije i naravno strukture vegetacije. Međutim u slučaju submerznih makrofita dolazi do velikog problema kvantifikacije i abundance i biomase makrofita. Ovaj problem bi mogao biti prevaziđen paralelnom upotrebom sonara (Stocks i sar., 2019; Mizuno i sar., 2018; Bučas i sar., 2016.) ili podvodnih dronova (de Lima i sar., 2020).

Zbog navedenih ograničenja monitoring pomoću bespilotnih letelica trenutno ne može da zameni tradicionalne i standardne metode, međutim može da im doda novi prostorni i kvantitativni aspekt koji postojeće metode ne mogu da postignu. Takođe sami letovi bi mogli da se smatraju i izvidničkim aktivnostima. Letove bi trebalo obaviti pre potencijalnog ulaska čamcem u vodu. Obzirom da u velikom delu deonica duž obala Dunava ne postoje sastojine makrofita, ulazak u vodu u takvim slučajevima predstavlja bespotrebno trošenje svih resursa. Ukoliko se nakon leta uvrđi postojanje vrlo kompleksne vegetacije ili fragmenata u kojima vrste ne mogu biti jasno determinisane sa fotografija može se obaviti popisivanje makrofita upotrebom čamca, ali vremenski mnogo efikasnije s' obzirom da bi lokacija ka kojoj se plovi bila poznata.



ZAKLJUČAK

5.1. Determinante distribucije akvatične vegetacije u antropogeno multistresnom okruženju reke Dunav

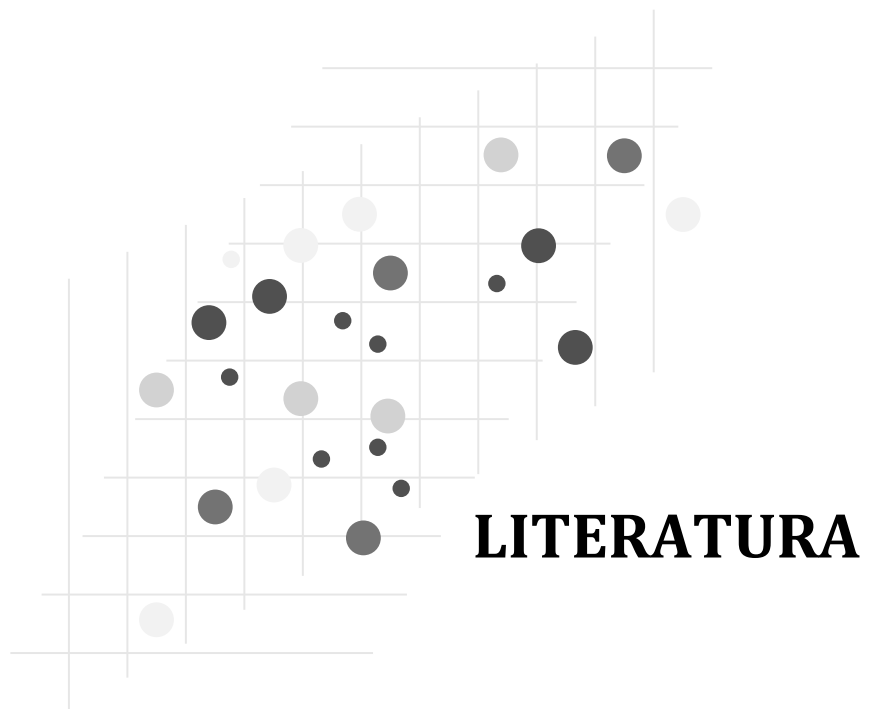
Na osnovu izvedenih analiza za svaki od indikatora akvatične vegetacije izdvojene su najrelevantnije sredinske varijable. Za svaki od aspekata utvrđeni su obrasci izdvajajna određenih varijabli.

5.2. Predlog metodologije monitoringa akvatične vegetacije upotrebom bespilotnih letelica

Metodologija predložena u doktorskoj disertaciji omogućava: uspešno prikupljanje adekvatnih aerofotografija bespilotnim letelicama, prikupljanje terenskih podataka za potrebe izrade digitalnih mapa makrofita, obradu aerofotografija i generisanje ortomozaika, računanje spektralnih i teksturnih indeksa na osnovu izvornih kanala aerofotografija, obradu ortomozaika u smislu segmentacije i klasifikacije, izradu digitalnih interaktivnih ortomapa i očitavanje ekoloških informacija sa kreiranih digitalnih mapa.

5.3. Upotreba bespilotnih letelica u svrhe monitoringa akvatične vegetacije velikih reka, plavnih područja i riparijalnih ekosistema

Rezultati istraživanja ukazuju da rezolucija informacija dobijenih monitoringom bespilotnim letelicama može signifikantno da dopuni rezoluciju prikupljenih podataka tradicionalnim metodama. Takođe može povećati prostornu i vremensku rezoluciju prikupljenih podataka, omogućiti kreiranje vremenskih serija i evaluiranje dinamike makrofita istraživanih deonica. Pored povećanja rezolucije i egzaktnosti podataka, nove tehnologije maksimalno optimizuju finansijske i vremenske okvire menadžmenta i monitoringa akvatičnih ekosistema. To se posebno odnosi na ciljane akcije restauracije kao i praćenje odgovora ekosistema na sprovedene mere.



Agapiou, A. 2020. Vegetation Extraction Using Visible-Bands from Openly Licensed Unmanned Aerial Vehicle Imagery. *Drones*. 4(2):27. <https://doi.org/10.3390/drones4020027>

AgEagle. <https://ageagle.com/drone-sensors/soda/>

Agioutanti, R. 2022. Classifying and Mapping Aquatic Vegetation in Heterogeneous Stream Ecosystems Using Visible and Multispectral UAV Imagery. University of Kentucky. <https://doi.org/10.13023/etd.2022.034>

Andelković, A., Živković, M., Cvijanović, D., Novković, M., Marisavljević, D., Pavlović, D. & Radulović, S. 2016. The contemporary records of aquatic plants invasion through the Danubian floodplain corridor in Serbia. *Aquatic Invasions*. 11(4): 381-395.

ArcGIS Pro. [GIS software]. Version 2.6.0. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2021. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>

Baatrup-Pedersen, A., Göthe, E., Riis, T., & O'Hare, MT. 2016. Functional trait composition of aquatic plants can serve to disentangle multiple interacting stressors in lowland streams. *Science of the Total Environment*. 543A: 230-238. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.027>

Balázs, A., Baranyainé Nagy, A. & Papp, B. 2015. Módszertani útmutató a Makrofiton élőlénycsoport VKI szerinti gyűjtéséhez és feldolgozásához - Draft. MTA Ökológiai Kutatóközpont

Barbosa, BDS., Ferraz, GAS., Gonçalves, LM., Marin, DB., Maciel, DT., Ferraz, PFP. & Rossi, G. 2019. RGB vegetation indices applied to grass monitoring: A qualitative analysis. *Agronomy Research*. 17 (2): 349–357. <https://doi.org/10.15159/AR.19.119>

Bellia, AF., Evans, J. & Lanfranco, S. 2020. A drone's eye view: A preliminary assessment of the efficiency of drones in mapping shallow-water benthic assemblages. In Bonora, L., Carboni, D., De Vincenzi, M. (Eds.) Eighth International Symposium "Monitoring of Mediterranean Coastal Areas. Problems and Measurement Techniques" Livorno, Italy. 501-509. DOI: 10.36253/978-88-5518-147-1

Bendig, J., Kang, Y., Helge, A., Andreas, B., Simon, B., Janis, B., Martin, L.G. & Georg, B. 2015. Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared vegetation indices for biomass monitoring in barley. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 39: 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.02.012>.

Benjamin, AR., Abd-Elrahman, A., Gettys, LA., Hochmair, HH. & Thayer, K. 2021. Monitoring the Efficacy of Crested Floatingheart (*Nymphaoides cristata*) Management with Object-Based Image Analysis of UAS Imagery. *Remote Sensing*. 13: 830. <https://doi.org/10.3390/rs13040830>

- Biggs HI., Nikora, VI., Gibbins, CN., Fraser, S., Green, DR., Papadopoulos, K. & Hicks, DM.** 2018. Coupling Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and hydraulic surveys to study the geometry and spatial distribution of aquatic macrophytes. *Journal of Ecohydraulics*. 3(1): 45-58. DOI: 10.1080/24705357.2018.1466666
- Birk, S., Bonne, W., Borja, A., Brucet, S., Courrat, A., Poikane, S., Solimini, A., Van De Bund, W., Zampoukas, N. & Hering, D.** 2012. 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. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.10.009>
- Birk, S., Strackbein, J. & Hering, D.** 2010. WISER methods database. Version: March 2011. Available at <http://www.wiser.eu/results/method-database/>. [Accessed, 17.03.2020.]
- Bolch, EA., Hestir, EL. & Khanna, S.** 2021. Performance and feasibility of drone-mounted imaging spectroscopy for invasive aquatic vegetation detection. *Remote Sensing*. 13(4): 1–20. <https://doi.org/10.3390/rs13040582>
- Bornette, G. & Puijalon, S.** 2011. Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquat Sci* 73:1–14. <https://doi.org/10.1007/s00027-010-0162-7>
- Brinkhoff, J., Hornbuckle, J. & Barton, JL.** 2018. Assessment of aquatic weed in irrigation channels using UAV and satellite imagery. *Water*. 10(11):1–20. <https://doi.org/10.3390/w10111497>
- Britannica.** 2023. <https://www.britannica.com/place/Danube-River/Hydrology> [Accessed, 25.02.2023.]
- Brooks, C., Grimm, A., Marcarelli, AM., Marion, NP., Shuchman, R. & Sayers, M.** 2022. Classification of Eurasian Watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) Using Drone-Enabled Multispectral Imagery Analysis. *Remote Sensing*. 14:2336. <https://doi.org/10.3390/rs14102336>
- Brooks, C., Weinstein, C., Poley, A., Grimm, A., Marion, N., Bourgeau-Chavez, L., Hansen, D. & Kowalski, K.** 2021. Using Uncrewed Aerial Vehicles for Identifying the Extent of Invasive *Phragmites australis* in Treatment Areas Enrolled in an Adaptive Management Program. *Remote Sensing*. 13:1895. <https://doi.org/10.3390/rs13101895>
- Brooks, CN., Grimm, AG., Marcarelli, AM. & Dobson, RJ.** 2019. Multiscale collection and analysis of submerged aquatic vegetation spectral profiles for Eurasian watermilfoil detection. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13(03):1. <https://doi.org/10.1117/1.jrs.13.037501>
- Bučas M., Šaškovič A., Šiaulys A. & Sinkevičienė Z.** 2016. Assessment of a simple hydroacoustic system for the mapping of macrophytes in extremely shallow and turbid lagoon, *Aquatic Botany*. 134:39-46. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2016.06.009>
- CEN - EN 14184.** 2003. Water quality - Guidance standard for the surveying of aquatic macrophytes in running waters. Comité Européen de Normalisation, Bruxelles.

CEN - EN 14184. 2014. Water quality - Guidance for the surveying of aquatic macrophytes in running waters. Comité Européen de Normalisation, Bruxelles.

Chabot, D. & Bird, D. 2013. Small unmanned aircraft: precise and convenient new tools for surveying wetlands. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*. 01(01):15-24. <https://doi.org/10.1139/juvs-2013-0014>

Chabot, D., Dillon, C., Ahmed, O. & Shemrock, A. 2017. Object-based analysis of uas imagery to map emergent and submerged invasive aquatic vegetation: A case study. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*. 5(1): 27–33. <https://doi.org/10.1139/juvs-2016-0009>

Chabot, D., Dillon, C., Shemrock, A., Weissflog, N. & Sager, E. P. S. 2018. An object-based image analysis workflow for monitoring shallow-water aquatic vegetation in multispectral drone imagery. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 7: 8. <https://doi.org/10.3390/ijgi7080294>

Chițescu, CL., Ene, A., Geana, E-I., Vasile, AM. & Ciucure, CT. 2021. Emerging and Persistent Pollutants in the Aquatic Ecosystems of the Lower Danube Basin and North West Black Sea Region—A Review. *Appl. Sci.* 2021, 11, 9721. <https://doi.org/10.3390/app11209721>

Chytrý, M. & Tichý, L. 2003. Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision, *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis*. 108: 1-231.

Chytrý, M. (ed.) 2011. Vegetace České republiky 3. Vodní a mokřadní vegetace / Vegetation of the Czech Republic 3. Aquatic and Wetland Vegetation. Academia, Praha, 827

Cohen, J. & Lewis, M. 2019. Development of an Automated Monitoring Platform for Invasives in Coastal Ecosystems. Michigan Natural Features Inventory and Michigan Aerospace Corporation. Report Number 2019-05

Cohen, J. & Lewis, M. 2020. Development of an Automated Monitoring Platform for Invasive Plants in a Rare Great Lakes Ecosystem Using Uncrewed Aerial Systems and Convolutional Neural Networks. *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, Athens, Greece, 2020, pp. 1553-1564, doi: 10.1109/ICUAS48674.2020.9214035.

CORINE Land Cover — Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

Côté, IM., Darling, ES. & Brown, CJ. 2016. Interactions among ecosystem stressors and their importance in conservation. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 283(1824):1–9. Royal Society of London. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.2592>

Council Directive 79/409/EEC of 2 April 1979 on the conservation of wild birds

Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora

Cruzan, MB., Weinstein, BG., Grasty, MR., Kohn, BF., Hendrickson, EC., Arredondo, TM. & Thompson, P. G. 2016. Small Unmanned Aerial Vehicles (Micro-Uavs, Drones) in Plant Ecology. Applications in Plant Sciences. 4(49). <https://doi.org/10.3732/apps.1600041>

Damnjanović, B., Novković, M., Vesić, A., Živković, M., Radulović, S., Vukov, D., Anđelković, A. & Cvijanović, D. 2018. Biodiversity-friendly designs for gravel pit lakes along the Drina River floodplain (the Middle Danube Basin, Serbia). *Wetland Ecology and Management*. 27(1):1-22. DOI 10.1007/s11273-018-9641-8

de Lima, RLP.; Boogaard, FC. & de Graaf-van Dinther, RE. 2020. Innovative Water Quality and Ecology Monitoring Using Underwater Unmanned Vehicles: Field Applications, Challenges and Feedback from Water Managers. *Water*. 12:1196. <https://doi.org/10.3390/w12041196>

De Luca, G., Silva, JMN., Cerasoli, S., Araújo, J., Campos, J., Di Fazio, S. & Modica, G. 2019. Object-based land cover classification of cork oak woodlands using UAV imagery and Orfeo Toolbox. *Remote Sensing*. 11:10. <https://doi.org/10.3390/rs11101238>

De'Ath, G. 2007. Boosted trees for ecological modeling and prediction. *Ecology*. 88(1): 243-251.

Díaz-Varela, RA., Calvo Iglesias, S., Cillero Castro, C. & Díaz Varela, ER. 2018. Sub-metric analysis of vegetation structure in bog-heathland mosaics using very high resolution rps imagery. *Ecological Indicators*. 89:861-873. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.068>

Dronova, I. 2015. Object-Based Image Analysis in Wetland Research: A Review. *Remote Sensing*. 7: 6380-6413.

Elith, J., Leathwick, JR. & Hastie, T. 2008. A working guide to boosted regression trees. *Journal of Animal Ecology*. 77: 802-813.

eMotion 3 [GIS softwar] Copyright (C) senseFly Ltd. All Rights Reserved. 2009 - 2018, Route de Genève 38, 1033 Cheseaux-sur-Lausanne (Switzerland) <https://www.sensefly.com/software/emotion/>

Engloner, A. 2012. Alternative ways to use and evaluate Kohler's ordinal scale to assess aquatic macrophyte abundance. *Ecological Indicators*. 20: 238-243.

Euro+Med (2006-): Euro+Med PlantBase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Published on the Internet <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/> [Accessed, 23.02.2023].

European Chemical Agency, ECHA. 2024. <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/> [Accessed, 4.6.2024.]

European Chemical Agency, ECHA. 2024a. https://echa.europa.eu/ann-x-priority-subst-water-dir-2000-60?p_p_id=eucleflegislationlist_WAR_euclefportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_eucleflegislationlist_WAR_euclefportlet_javax.portlet.action=searchLegislationLists [Accessed, 20.6.2024.]

European Commission, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23rd October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. Official J. Eur. Commun. L327: 1–72.

European Commission, 2019. Fitness Check of the Water Framework Directive and the Floods Directive. Brussels.

European Commission. 2020. Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives.

European Commission. 2021. Biodiversity Strategy 2030 Barrier Removal for River Restoration. Luxembourg: Publications Office of the European Union

European commission. 2022. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy, Directive 2006/118/EC on the protection of groundwater against pollution and deterioration and Directive 2008/105/EC on environmental quality standards in the field of water policy, Brussels.

European Commission. 2024. Energy, Climate change, Environment. Biodiversity strategy for 2030 https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en#documents [Accessed, 20.05.2024.]

European Environment Agency (EEA). 2023. Copenhagen K. Denmark. <https://eunis.eea.europa.eu/about> [Accessed 10.06.2023]

Evans JD. 1996. Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences. Brooks/Cole Publishing; Pacific Grove, Calif.

Feld, CK., Fernandes, MR., Ferreira, MT., Hering, D., Ormerod, SJ., Venohr, M. & Gutiérrez-Cánovas, C. 2018. Evaluating riparian solutions to multiple stressor problems in river ecosystems — A conceptual study. In *Water Research*. 139:381–394. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.04.014>

Feld, CK., Segurado, P. & Gutiérrez-Cánovas, C. 2016. Analysing the impact of multiple stressors in aquatic biomonitoring data: A "cookbook" with applications in R. *Science of the Total Environment*. 573:1320–1339. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.243>

Flynn, KF. & Chapra, SC. 2014. Remote sensing of submerged aquatic vegetation in a shallow non-turbid river using an unmanned aerial vehicle. *Remote Sensing*. 6(12): 12815–12836. <https://doi.org/10.3390/rs61212815>

Gitelson, A. & Merzlyak, MN. 1994. Quantitative estimation of chlorophyll-a using reflectance spectra: Experiments with autumn chestnut and maple leaves. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. B22:247–252. [https://doi.org/10.1016/1011-1344\(93\)06963-4](https://doi.org/10.1016/1011-1344(93)06963-4)

Gitelson, A., Kaufman, YJ. & Merzlyak, MN. 1996. Use of a Green Channel in Remote Sensing of Global Vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*. 58: 289–298. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00072-7](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00072-7)

Grizzetti, B., Pistocchi, A., Liqueste, C., Udias, A., Bouraoui, F. & van de Bund, W. 2017. Human pressures and ecological status of European rivers. *Scientific Reports*. 7: 205. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00324-3>

Haury, J., Peltre, MC., Trémolières, M., Barbe, J., Thiébaud, G., Bernez, I., Daniel, H., Chatenet, P., Haan-Archipof, G., Muller, S., Dutartre, A., Laplace-Treytoure, C., Cazaubon, A. & Lambert-Servien, E. 2006. A new method to assess water trophy and organic pollution – the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): its application to different types of river and pollution. *Hydrobiologia* 570:153–158. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0175-3>

Hering, D., Carvalho, L., Argillier, C., Beklioglu, M., Borja, A., Cardoso, A. C., Duel, H., Ferreira, T., Globevnik, L., Hanganu, J., Hellsten, S., Jeppesen, E., Kode, V., Solheim, A. L., Nooges, T., Ormerod, S., Panagopoulos, Y., Schmutz, S., Venohr, M. & Birk, S. 2015. Managing aquatic ecosystems and water resources under multiple stress - An introduction to the MARS project. *Science of the Total Environment*. 503–504:10-21. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.106>

Herrero, A., Gutiérrez-Cánovas, C., Vigiak, O., Lutz, S., Kumar, R., Gampe, D., Huber-García, V., Ludwig, R., Batalla, R. & Sabater, S. 2018. Multiple stressor effects on biological quality elements in the Ebro River: Present diagnosis and predicted responses, *Science of The Total Environment*. 630: 1608-1618. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.032>.

Hill, DJ., Tarasoff, C., Whitworth, GE., Baron, J., Bradshaw, JL. & Church, JS. 2017. Utility of unmanned aerial vehicles for mapping invasive plant species: a case study on yellow flag iris (*Iris pseudacorus* L.). *International Journal of Remote Sensing*. 38:8-10. 2083-2105, DOI: 10.1080/01431161.2016.1264030

Hill, MO. 1973. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*. 54(2): 427-432.

Hill, MO., Roy, DB., Mountford, JO. & Bunce, RGH. 2000: Extending Ellenberg's indicator values to a new area: an algorithmic approach, *Journal of Applied Ecology*. 37: 3-15.

Holmes, N., Newman, J., Chadd, S., Rouen K., Saint L., Dawson F. 1999. Mean Trophic Rank: A User's Manual. R&D Technical Report E38. Environment Agency

Horning, N. 2010. Random Forests: An algorithm for image classification and generation of continuous fields data sets. Proceedings of the International Conference on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, Osaka, Japan

Hrivnák, R., Ot'ahel'ova, H., Valachovič, M., Pal'ove-Balang, P., & Kubinská, A. 2010) Effect of environmental variables on the aquatic macrophyte composition pattern in streams: a case study from Slovakia. *Fundamental and Applied Limnology*. 177:115-124. DOI:10.1127/1863-9135/2010/0177-0115

Huang, X., Zhang, L. & Li, P. 2007. Classification and Extraction of Spatial Features in Urban Using High-Resolution Multispectral Imagery. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 4(2):260-264. DOI: 10.1109/LGRS.2006.890540

Husson, E. 2012. The Potential of an Unmanned Aircraft System for Surveying Lake and River Vegetation. Licentiate thesis. Luleå University of Technology, Department of Civil, Environmental and Natural Resources, Sweden.

Husson, E., Ecke, F. & Reese, H. 2016. Comparison of manual mapping and automated object-based image analysis of non-submerged aquatic vegetation from very-high-resolution UAS images. *Remote Sensing*. 8(9):1–18. <https://doi.org/10.3390/rs8090724>

Husson, E., Hagner, O. & Ecke, F. 2014. Unmanned aircraft systems help to map aquatic vegetation. *Applied Vegetation Science*. 17(3):567–577. <https://doi.org/10.1111/avsc.12072>

Husson, E., Reese, H. & Ecke, F. 2017. Combining spectral data and a DSM from UAS-images for improved classification of non-submerged aquatic vegetation. *Remote Sensing*. 9(3):247. <https://doi.org/10.3390/rs9030247>

International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR. International Commission for the Protection of the Danube River. Web sajt: <http://www.icpdr.org/main/> [Accessed, 17.03.2020.]

International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR. 2021a. Danube River Basin Management Plan Update 2021. ICPDR Secretariat Vienna International Centre / D0412

International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR. 2021. Joint Danube Survey 4 - Scientific Report: A Shared Analysis Of The Danube River ed. Igor Liška, Franz Wagner, Manfred Sengl, Karin Deutsch, Jaroslav Slobodník and Momir Paunović. ICPDR Secretariat, Vienna International Centre / D0412

International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR. 2015. Joint Danube Survey 3 - A Comprehensive Analysis of Danube Water Quality. Final scientific report. ed. Igor Liška, Franz Wagner, Manfred Sengl, Karin Deutsch and Jaroslav Slobodník. ICPDR Secretariat, Vienna International Centre / D0412

- International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR.** 2015a. Joint Danube Survey 3, Chapter (long report) on: Macrophytes ICPDR Secretariat, Vienna International Centre / D0412 (Stanković I, Pall K, Janauer G)
- International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR.** 2015b. Danube River Basin District Management Plan - Update 2015. ICPDR Secretariat, Vienna International Centre, Austria.
- International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR.** 2009. Danube River Basin District Management Plan. ICPDR Secretariat, Vienna, International Centre, Austria.
- International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR.** 2008. Joint Danube Survey 2, Final Scientific Report. ed. Liška I, Wagner F, Slobodnik J. ICPDR Secretariat Vienna International Centre / D0412
- International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR.** 2008a. Joint Danube Survey 2, Macrophytes – final report. ed. Janauer G, Schmidt B, Greiter A. Department of Freshwater Ecology, University of Vienna.
- International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR.** 2002. Summary of the Final Report Joint Danube Survey. ICPDR Secretariat Vienna International Centre / D0412
- International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR.** 2002a. Joint Danube Survey 1 - final report, 4.4 Macrophytes. Department of Freshwater Ecology, University of Vienna.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R.** 2017. An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R. 1st ed. 2013, Corr. 7th printing 2017 edition. Springer.
- Janauer G., Schmidt-Mumm, U. & Schmidt, B.** 2010. Aquatic macrophytes and water current velocity in the Danube River. *Ecological Engineering*. 36(9):1138-1145. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.05.002>.
- Janauer, G., & Dokulil, M.** 2006. Macrophytes and Algae in Running Waters. *Biological Monitoring of Rivers: Applications and Perspectives*, 89–109. John Wiley i Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, EN <https://doi.org/10.1002/0470863781.ch6>
- Janauer, G.A., Exler, N., Anačkov, G., Barta, V., Berczik, Á., Boža, P., Dinka, M., Georgiev, V., Germ, M., Holcar, M., i sar.** 2021. Distribution of the Macrophyte Communities in the Danube Reflects River Serial Discontinuity. *Water*. 13: 918. <https://doi.org/10.3390/w13070918>
- Jaskuła, J., & Sojka, M.** 2019. Application Of Remote Sensing and Gis To Water Transparency Estimation In Reservoirs. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 14(2):353–366. DOI:10.26471/cjees/2019/014/086
- Jiménez López, J. & Mulero-Pázmány, M.** 2019. Drones for Conservation in Protected Areas: Present and Future. *Drones*. 3(1):10. <https://doi.org/10.3390/drones3010010>

Jiménez-Jiménez, S. I., Ojeda-Bustamante, W., Ontiveros-Capurata, RE. & Marcial-Pablo, M. de J. 2020. Rapid urban flood damage assessment using high resolution remote sensing data and an object-based approach. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 11(1)906–927. <https://doi.org/10.1080/19475705.2020.1760360>

JP Vode Vojvodine, Javno vodoprivredno preduzeće Vode Vojvodine, Novi Sad. 2022. Plan upravljanja parkom prirode „Begečka jama“ za period od 2022. do 2031. godine. Novi Sad, Srbija.

JP Vojvodinašume. Javno preduzeće Vojvodinašume, Petrovaradin. 2020. Plan upravljanja Specijalnim rezervatom prirode „Gornje Podunavlje“ (2021-2030). Sombor, Petrovaradin, Srbija.

JP Vojvodinašume. Javno preduzeće Vojvodinašume, Petrovaradin. 2021. Plan upravljanja Specijalnim rezervatom prirode „Koviljsko-petrovaradinski rit“ (2022-2031). Petrovaradin, Srbija.

Jusik, S., Szoszkiewicz, K., Kupiec, JM., Lewin, I. & Samecka-Cymerman, A. 2015. Development of comprehensive river typology based on macrophytes in the mountain-lowland gradient of different Central European ecoregions. *Hydrobiologia* 745:441–262. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2111-2>

Kaijser, W., Hering, D. & Lorenz, AW. 2022. Reach hydromorphology: a crucial environmental variable for the occurrence of riverine macrophytes. *Hydrobiologia*. 849: 4273–4285 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04983-w>

Kaplan, G., Milevski, I. & Valjarević, A. 2022. National Land Cover Mapping Using Various Remote Sensing Datasets In *Gee. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 17(2):297–306. DOI: 10.26471/cjees/2022/017/223

Kattge J. i sar. 2012. TRY - Categorical Traits Dataset. Data from: TRY - a global database of plant traits. TRY Downloadable Files Archive <https://www.try-db.org/TRYWeb/Data.php#3>

Kattge, J., Díaz, S., Lavorel, S., Prentice, IC., Leadley, P., Bönisch, G., ... & Wirth, C. 2011. TRY – a global database of plant traits. *Global Change Biology*. 17:2905–2935.

Kislik, C., Genzoli, L., Lyons, A. & Kelly, M. 2020. Application of UAV imagery to detect and quantify submerged filamentous algae and rooted macrophytes in a non-wadeable river. *Remote Sensing*. 12(20): 1–24. <https://doi.org/10.3390/rs12203332>

Klátyik, S., Simon, G., Oláh, M., .. & Szeckas, A. 2024. Aquatic ecotoxicity of glyphosate, its formulations, and co-formulants: evidence from 2010 to 2023. *Environ Sci Eur* 36:22. <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00849-1>

Kohler, A. & Janauer G.A. 1995. Zur Methodik der Untersuchung von aquatischen Makrophyten in Fließgewässern; In: Steinderg C, Bernhardt H. und Klapper H., *Handbuch Angewandte Limnologie*, Kap. VIII - 1.1.3. Ecomed-Verlag, Landsberg/Lech, 1-22.

Kohler, A. 1978. Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft + Stadt* 10:23-85.

Kohler, A., Janauer, G. 1997. Zur Methodik der Untersuchung von aquatischen Makrophyten in Fließgewässern. In: Steinberg, C., Bernhardt, H., Klapper, H. (Eds.). *Handbuch Angewandte Limnologie*, Kap. VIII 1.1.3: 1-22.

Kolada, A., Hellsten, S., Kanninen, A., Sondergaard, M., Dudley, B., Noges, P., Ott, I., Ecke, F., Mjelde, M., Bertrin, V., Davidson, T. & Duel, H. 2009. WISER Deliverable D3.2-1: Overview and comparison of macrophyte survey methods in European countries and a proposal of harmonized common sampling protocol to be used for WISER uncertainty exercise including a relevant common species list.

Kuemmerlen, M., Reichert, P., Siber, R. & Schuwirth, N. 2019. Ecological assessment of river networks: From reach to catchment scale. *Science of The Total Environment*, 650, 1: 1613-1627. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.019>.

Kuhar, U., Germ, M., Gaberščik, A. & Urbanič, G. 2011. Development of a River Macrophyte Index (RMI) for assessing river ecological status. *Limnologica*. 41(3): 235-243. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2010.11.001>.

Kuhar, U., Šraj-Kržič, N., Germ, M., Urbanc-Berčič, O. & Gaberščik, A. 2006. Quality of aquatic environment and macrophytes in Slovenian watercourses. *Proceedings 36th international conference of IAD*. 96–100.

Kupidura, P. 2019. The comparison of different methods of texture analysis for their efficacy for land use classification in satellite imagery. *Remote Sensing*. 11(10):1233. <https://doi.org/10.3390/rs11101233>

Landis, JR. & Koch, GG. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 33:159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>

Lászlóffy, W. 1965. Die Hydrographie der Donau. Der Fluss als Lebensraum. In: Liepolt, R. (ed.): *Limnologie der Donau – Eine monographische Darstellung*. Kapitel II: 16-57. Schweizerbart, Stuttgart.

Legendre, P. & Legendre, L. 1998. *Numerical ecology*. 2nd English Edition, Elsevier, Amsterdam.

Lemm, J. & Feld, C. 2017. Identification and interaction of multiple stressors in central European lowland rivers. *Science of The Total Environment*. 603–604:148-154. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.092>.

Lemm, J., Feld, C. & Birk, S. 2019. Diagnosing the causes of river deterioration using stressor-specific metrics. *Science of The Total Environment*. 651(1):1105-1113. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.157>.

Lemm, J.U., Venohr, M., Globevnik, L., Stefanidis, K., Panagopoulos, Y., van Gils, J., Posthuma, L., Kristensen, P., Feld, C.K., Mahnkopf, J., Hering, D. & Birk, S. 2021. Multiple stressors determine river ecological status at the European scale: Towards an

integrated understanding of river status deterioration. *Global Change Biology*. 27:1962–1975. <https://doi.org/10.1111/gcb.15504>

Lepš, J. & Šmilauer, P. 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using Canoco*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Lishawa, S., Carson, B., Brandt, J., Tallant, J., Reo, N., Albert, D., Monks, A., Lautenbach, J. & Clark, E. 2017. Mechanical Harvesting Effectively Controls Young *Typha* spp. Invasion and Unmanned Aerial Vehicle Data Enhances Post-treatment Monitoring. *Frontiers in Plant Science*. 8. DOI=10.3389/fpls.2017.00619

Literáthy, P., Koller-Kreimel V. & Liska I. (Eds.) 2002. Joint Danube Survey. Technical Report of the International Commission for the Protection of the Danube River. <http://www.icpdr.org/pls/danubis/docs/folder/HOME/ICPDR/ICPDRANNUALREPORTS/2002/INDEX.HTML>

Louhaichi, M., Borman, MM. & Johnson, DE. 2001. Spatially Located Platform and Aerial Photography for Documentation of Grazing Impacts on Wheat. *Geocarto International*. 16(1):65–70. <https://doi.org/10.1080/10106040108542184>

Lukacs, B.A., Baranyaine, NA. & Pap, B. 2015. Módszertani útmutató a Makrofiton élőlénycsoport VKI szerinti gyűjtéséhez és feldolgozásához. Makrofiton módszertan. MTA Ökológiai Kutatóközpont.

Lukács, B.A., Dévai, G. & Tóthmérész, B. 2009. Aquatic macrophytes as bioindicators of water chemistry in nutrient rich backwaters along the Upper-Tisza river (in Hungary). *Phytocoenologia*. 39(3):287–293. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2009/0039-0287>

Lussem, U., Bolten, A., Gnyp, ML., Jasper, J. & Bareth, G. 2018. Evaluation of rgb-based vegetation indices from uav imagery to estimate forage yield in grassland. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII:3 ISPRS TC III Mid-term Symposium “Developments, Technologies and Applications in Remote Sensing”*. 7–10 May, Beijing, China

Ma, L., Li, M., Ma, X., Cheng, L., Du, P. & Liu, Y. 2017. A review of supervised object-based land-cover image classification. In *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 130: 277-293. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.06.001>

Ma, L., Liu, Y., Zhang, X., Ye, Y., Yin, G. & Johnson, BA. 2019. Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 152:166-177. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.04.015>.

Madsen, J. & Wersal, R. 2012. A review of aquatic plant monitoring and assessment methods. *Journal of Aquatic Plant Management*. 55:1–12

Manfreda, S., McCabe, M. F., Miller, P. E., Lucas, R., Pajuelo Madrigal, V., Mallinis, G., ... & Toth, B. 2018. On the Use of Unmanned Aerial Systems for Environmental Monitoring. *Remote sensing*. 10(4):641. <https://doi.org/10.3390/rs10040641>

- Marcaccio, J.V., Markle, C.E. & Chow-Fraser, P.** 2015. Unmanned aerial vehicles produce high-resolution, seasonally-relevant imagery for classifying wetland vegetation. *ISPRS Archives*. 174:609-615. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-249>
- McFeeters, S.K.** 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*. 17(7):1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Mehmood, M., Shahzad, A., Zafar, B., Shabbir, A. & Ali, N.** 2022. Remote Sensing Image Classification: A Comprehensive Review and Applications. *Mathematical Problems in Engineering*.
- Meilinger, P., Schneider, S. & Melzer, A.** 2005. The Reference Index Method for the macrophyte-based assessment of rivers - a contribution to the implementation of the European Water Framework Directive in Germany. *International Review of Hydrobiology*. 90: 322–342.
- Melzer, A.** 1988. Der Makrophyten index - Eine biologische Methode zur Ermittlung der Nährstoffbelastung von Seen. Habilitationsschrift an der Fakultät für Chemie, Biologie und Geowissenschaften der TU München, 249.
- Menard, S.** 2001. *Applied Logistic Regression Analysis*. 2nd edition. SAGE Publications, Inc.
- Michez, A., Piégay, H., Jonathan, L., Claessens, H. & Lejeune, P.** 2016. Mapping of riparian invasive species with supervised classification of Unmanned Aerial System (UAS) imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.06.014>
- MIDCC.** Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment. <https://www.midcc.at/> [Accessed, June 2022]
- Milošević, Đ., Stojković Piperac, M. & Cvijanović, M.** 2023. Numerička ekologija sa R-om. Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet. Niš.
- Mizuno K., Asada A., Ban S., Uehara Y., Ishida T. & Okuda N.** 2018. Validation of a high-resolution acoustic imaging sonar method by estimating the biomass of submerged plants in shallow water, *Ecological Informatics*. 46:179-184. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.07.002>.
- Mohr, S., Berghahn, R., Feibicke, M., Meinecke, S., Ottenströer, T., Schmiedling, I., Schmiediche, R. & Schmidt, R.** 2007. Effects of the herbicide metazachlor on macrophytes and ecosystem function in freshwater pond and stream mesocosms. *Aquat Toxicol*. 82(2):73-84. doi: 10.1016/j.aquatox.2007.02.001. Epub 2007 Feb 11. PMID: 17353057.
- Moog, O., Sommerhäuser, M., Robert, S., Battisti, T., Birk, S., Hering, D., Ofenböck, T., Schmedtje, U., Schmidt-Kloiber, A. & Vogel, B.** 2006. Typology of the Danube River based on „top-down“ and „bottom-up“ approaches In: 36th International Conference AC-IAD, Vienna.

Moreno HL., Ortega JF., Moreno MS. & Ballesteros R. 2022. Using an unmanned aerial vehicle (UAV) for lake management: ecological status, lake regime shift and stratification processes in a small mediterranean karstic lake. *Limnetica*. 41(2):355-375. DOI: 10.23818/limn.41.21

Müllerová, J., Bartaloš, T., Brůna, J., Dvořák, P. & Vítková, M. 2017. Unmanned aircraft in nature conservation: an example from plant invasions. *International Journal of Remote Sensing*. 38(8-10):2177-2198. DOI: 10.1080/01431161.2016.1275059

Naimi, B., Hamm, NA., Groen, TA., Skidmore, AK. & Toxopeus AG. 2014. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling. *Ecography*. 37:191-203. doi:10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x.

Navarro-Ortega, A., Acuña, V., Bellin, A., Burek, P., Cassiani, G., Choukr-Allah, R., Dolédec, S., Elozegi, A., Ferrari, F., Ginebreda, A., Grathwohl, P., Jones, C., Ker Rault, P., Kok, K., Koundouri, P., Ludwig, RP., Merz, R., Milacic, R., Muñoz, I., Nikulin, G., Paniconi, G., Paunović, M., Petrovic, M., Sabater, L., Sabater, S., Skoulikidis, NT., Slob, A., Teutsch, G., Voulvoulis, N. & Barceló, D. 2015. Managing the effects of multiple stressors on aquatic ecosystems under water scarcity. The GLOBAQUA project. *Science of The Total Environment*. 503-504:3-9. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.081>.

Nöges, P., Argillier, C., Borja, Á., Garmendia, J. M., Hanganu, J., Kodeš, V., Pletterbauer, F., Sagouis, A. & Birk, S. 2016. Quantified biotic and abiotic responses to multiple stress in freshwater, marine and ground waters. *Science of the Total Environment*. 540:43-52. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.045>

Oldeland, J., Revermann, R., Luther-Mosebach, J., Buttschardt, T. & Lehman, JRK. 2021. New tools for old problems — comparing drone- and field-based assessments of a problematic plant species. *Environmental Monitoring and Assessment*. 193:90. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08852-2>

OrfeoToolbox [GIS software]. Version 7.2.0 and 7.4.0. Project Steering Committee of the OrfeoToolBox. 2021. <https://www.orfeo-toolbox.org/>

OrfeoToolbox, OTB. 2021. Orfeo Toolbox 7.4.0 documentation. <https://www.orfeo-toolbox.org/CookBook/> [Website accessed January 14, 2022]

O'ahel'ová, H., Valachovič, M. & Hrivnák, R. 2007. The impact of environmental factors on the distribution pattern of aquatic plants along the Danube River corridor (Slovakia). *Limnologica*. 37(4):290-302. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2007.07.003>

Pande-Chhetri, R., Abd-Elrahman, A., Liu, T., Morton, J. & Wilhelm, VL. 2017. Object-based classification of wetland vegetation using very high-resolution unmanned air system imagery. *European Journal of Remote Sensing*. 50:(1):564-576. <https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1373602>

Panjković, B. 2005. Akvatična i semiakvatična vegetacija apatinskog i monoštorskog rita. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu. Doktorska disertacija.

Pearson, RL. & Miller, LD. 1972. Remote mapping of standing crop biomass for estimation of the productivity of the shortgrass prairie. In Proceedings of the Eighth International Symposium on Remote Sensing of Environment, University of Michigan. 1357–1381, 2–6 October 1972. Ann Arbor, MI, USA.

Pesticide Action Network, PAN. 2023. Glyphosate is polluting our waters - all across Europe. Pan Europe's water report.

Phiri, D. & Morgenroth, J. 2017. Developments in Landsat Land Cover Classification Methods: A Review. *Remote Sensing* 9(9):967. <https://doi.org/10.3390/rs9090967>

Piégay, H., Arnaud, F., Belletti, B., Bertrand, M., Bizzi, S., Carbonneau, P., Dufour, S., Liébault, F., Ruiz-Villanueva, V. & Slater, L. 2020. Remotely sensed rivers in the Anthropocene: state of the art and prospects. *Earth Surf. Process. Landforms.* 45:157–188. <https://doi.org/10.1002/esp.4787>.

Pix4D mapper 4.2 [GIS software] senseFly Ltd. All Rights Reserved. 2009 - 2018, Route de Genève 38, 1033 Cheseaux-sur-Lausanne (Switzerland) <https://www.sensefly.com/software/pix4d/>

Pix4D. Pix4Dmapper's Software Manual

PubChem. 2024. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/> [Accessed, 4.6.2024.]

PZZP. Pokrajinski zavod za zaštitu prirode. 2010. Specijalni rezervat prirode „Koviljsko-petrovaradinski rit“. Predlog za stavljanje pod zaštitu kao zaštićenog područja I kategorije. Studije zaštite. Novi sad, Srbija.

QGIS.org [GIS software]. Version Quantum GIS (QGIS) 3.16.3-Hannover. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. 2021. <http://www.qgis.org>

R Core Team 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. "R version 4.2.3 (2023-03-15 ucrt)"

Radulović S. 2000. Vodena vegetacija Koviljskog rita. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu. Magistarska teza.

Rico, A., Van den Brink, PJ., Leitner, P., Graf, W. & Focks, A. 2016. Relative influence of chemical and non-chemical stressors on invertebrate communities: a case study in the Danube River. *Science of the Total Environment.* 571:1370–1382. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.087>

Rodwell, JS. (Ed.) 1995. *British Plant Communities, Volume 4, Aquatic communities, swamps and tall-herb fens*, Cambridge University Press, Cambridge

Rodwell, JS., Schaminée, JHJ., Mucina, L., Pignatti, S., Dring, J. & Moss, D. 2002. The diversity of European vegetation, An overview of phytosociological alliances and their relationships to EUNIS habitats, National Reference Centre for Agriculture, Nature and Fisheries, Wageningen, EC-LNV nr. 2002/054

Rommel, E., Giese, L., Fricke, K., Kathöfer, F., Heuner, M., Mölter, T., Deffert, P., Asgari, M., Näthe, P., Dzunic, F., Rock, G., Bongartz, J., Bukart, A., Quick, I., Schroder, U. & Baschek, B. 2022. Very High-Resolution Imagery and Machine Learning for Detailed Mapping of Riparian Vegetation and Substrate Types. *Remote Sensing*. 14: 954. <https://doi.org/10.3390/rs14040954>

Rouse, JW., Haas, RH., Schell, JA. & Deering, DW. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In *Proceedings of the 3th Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, Goddard Space Flight Center, NASA, Washington, DC, USA, 10–14 December 1973. 309–317.

RStudio Team 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/Version> 2023.3.0.386. “Cherry Blossom”

Samiappan, S., Turnage, G., Hathcock, LA. & Moorhead, R. 2017. Mapping of invasive phragmites (common reed) in Gulf of Mexico coastal wetlands using multispectral imagery and small unmanned aerial systems. *International Journal of Remote Sensing*. 38:8-10, 2861-2882, DOI: 10.1080/01431161.2016.1271480

Sass, JB. & Colangelo, A. 2006. European Union bans atrazine, while the United States negotiates continued use. *Int J Occup Environ Health*. 12(3):260-7. doi: 10.1179/oeh.2006.12.3.260. PMID: 16967834.

Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Hofmann, G., Gutowski, A. & Foerster, A. 2006. Instruction Protocol for the ecological Assessment of Running Waters for Implementation of the EC Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos. Bavarian Environment Agency.

Schinegger, R., Palt, M., Segurado, P. & Schmutz, S. 2016. Untangling the effects of multiple human stressors and their impacts on fish assemblages in European running waters. *Science of the Total Environment*. 573:1079–1088. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.143>

Schneider, S., Melzer, A. 2003. The Trophic Index of Macrophytes (TIM) – a New Tool for Indicating the Trophic State of Running Waters. *International Review of Hydrobiology*. 88: 49-67. doi:10.1002/iroh.200390005

SenseFly - <https://www.sensefly.com/blog/why-upgrade-ebec-x/>

SenseFly. 2018. eMotion 3 User Manual. Revision 1.9 / March 2018.

SenseFly. 2023. Create Drone Imagery Products in ArcGIS Pro. Tutorial. <https://doc.arcgis.com/en/imagery/workflows/tutorials/create-drone-imagery-products-ortho-mapping.htm> [Accessed, 30.08.2023]

Sibaruddin, HI., Shafri, HZM., Pradhan, B. & Haron, NA. 2018. Comparison of pixel-based and object-based image classification techniques in extracting information from UAV imagery data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 169:1. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/169/1/012098>

Skupština grada Novog Sada. 2022. Odluka o proglašenju Parka prirode „Begečka jama“ zaštićenim područjem.

Službeni glasnik Republike Srbije, Sl. glasnik RS, br. 74/2011. Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda.

Službeni glasnik Republike Srbije, Sl. glasnik RS. br. 102/2010. Uredba o ekološkoj mreži.

Song, B. & Park, K. 2020. Detection of aquatic plants using multispectral UAV imagery and vegetation index. *Remote Sensing*. 12(3):1–16. <https://doi.org/10.3390/rs12030387>

Stehman, SV. & Wickham, JD. 2011. Pixels, blocks of pixels, and polygons: Choosing a spatial unit for thematic accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*. 115(12):3044–3055. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.06.007>

Stocks, JR., Rodgers, MP., Pera, JB. & Gilligan, DM. 2019. Monitoring aquatic plants: An evaluation of hydroacoustic, on-site digitising and airborne remote sensing techniques. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, 420, 27. <https://doi.org/10.1051/kmae/2019016>

Suzuki, T., Tsuchiya, T., Suzuki, S. & Yamaba, A. 2016. Vegetation Classification Using a Small UAV Based on Superpixel Segmentation and Machine Learning. *Journal of The Remote Sensing Society of Japan*. 59-71. 10.11440/rssj.36.59.

Szoszkiewicz, K., Jusik, S., Pietruczuk, K., & Gebler, D. 2020. The Macrophyte Index for Rivers (MIR) as an Advantageous Approach to Running Water Assessment in Local Geographical Conditions. *Water*. 12:108.

Taddia, Y., Russo, P., Lovo, S. & Pellegrinelli, A. 2020. Multispectral UAV monitoring of submerged seaweed in shallow water. *Applied Geomatics*. 12:19–34. <https://doi.org/10.1007/s12518-019-00270-x>

ter Braak CJF. 1986. Canonical Correspondence-Analysis – a New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. *Ecology*. 67:1167–1179.

ter Braak, C.J.F. & Šmilauer, P. 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca, NY, USA. (www.canoco.com)

Tmušić, G., Manfreda, S., Aasen, H., James, M. R., Gonçalves, G., Ben-Dor, E., Brook, A., Polinova, M., Arranz, J. J., Mészáros, J., Zhuang, R., Johansen, K., Malbeteau, Y., de Lima, I. P., Davids, C., Herban, S. & McCabe, M. F. 2020. Current Practices in UAS-based Environmental Monitoring. *Remote Sensing*. 12(6):1001. <https://doi.org/10.3390/rs12061001>

TRY. Trait Plant Database. <https://www.try-db.org/TryWeb/About.php> [Accessed, 30.08.2023]

Tucker, CJ. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*. 8:127–150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)

UKTAG. UK Technical Advisory Group On the Water Framework Directive. 2013. Final recommendations on new and updated biological standards.

UNESCO. <https://en.unesco.org/biosphere/eu-na/backo-podunavlje> [Accessed, 30.08.2023]

Urbanič, G., Mihaljević, Z., Petkovska, V. & Pavlin Urbanič, M. 2020. Disentangling the Effects of Multiple Stressors on Large Rivers Using Benthic Invertebrates—A Study of Southeastern European Large Rivers with Implications for Management. *Water*. 12: 621. <https://doi.org/10.3390/w12030621>

van Iersel, W., Straatsma, M., Middelkoop, H. & Addink, E. 2018. Multitemporal classification of river floodplain vegetation using time series of UAV images. *Remote Sensing*. 10(7):1144. <https://doi.org/10.3390/rs10071144>

Velisek, J., Stara, A., Kubec, J., Zuskova, E., Buric M. & Kouba, A. 2020. Effects of metazachlor and its major metabolite metazachlor OA on early life stages of marbled crayfish. *Sci Rep* 10:875. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57740-1>

Ventura, D., Bonifazi, A., Gravina, M. F., Belluscio, A. & Ardizzone, G. 2018. Mapping and classification of ecologically sensitive marine habitats using unmanned aerial vehicle (UAV) imagery and Object-Based Image Analysis (OBIA). *Remote Sensing*. 10(9):1–23. <https://doi.org/10.3390/rs10091331>

Venturi, S., Di Francesco, S., Materazzi, F. & Manciola, P. 2016. Unmanned aerial vehicles and Geographical Information System integrated analysis of vegetation in Trasimeno Lake, Italy. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*. <https://doi.org/10.1111/lre.12117>

Villoslada, M., Bergamo, TF., Ward, RD., Burnside, NG., Joyce, CB., Bunce, RG. H. & Sepp, K. 2020. Fine scale plant community assessment in coastal meadows using UAV based multispectral data. *Ecological Indicators*. 111:105979. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105979>

Visser, F., Buis, K., Verschoren, V. & Meire, P. 2015. Depth estimation of submerged aquatic vegetation in clear water streams using low-altitude optical remote sensing. *Sensors*. 15(10):25287–25312. <https://doi.org/10.3390/s151025287>

Visser, F., Buis, K., Verschoren, V. & Schoelynck, J. 2018. Mapping of submerged aquatic vegetation in rivers from very high-resolution image data, using object-based image analysis combined with expert knowledge. *Hydrobiologia*. 812:157–175. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2928-y>

Visser, F., Wallis, C. & Sinnott, AM. 2013. Optical remote sensing of submerged aquatic vegetation: Opportunities for shallow clearwater streams. *Limnologica*. 43(5): 388–398. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2013.05.005>

Vittinghoff, E. 2005. *Regression Methods in Biostatistics: Linear, Logistic, Survival, and Repeated Measures Models*. Springer.

Vonk, JA., & Kraak, MH. 2020. Herbicide Exposure and Toxicity to Aquatic Primary Producers. In: de Voogt, P. (Eds.) *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology Volume 250*. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, vol 250. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/398_2020_48

Vukov, D. 2008. Floristička i ekološka analiza vaskularnih makrofita reke Dunav u Srbiji. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu. Doktorska disertacija.

Vukov, D., Ilić, M., Ćuk, M. & Igić R. 2022. The Effect of Hydro-Morphology and Habitat Alterations on the Functional Diversity and Composition of Macrophyte Communities in the Large River. *Front. Environ. Sci.* 10:863508. doi: 10.3389/fenvs.2022.863508

Vukov, D., Ilić, M., Ćuk, M., Radulović, S., Igić, R. & Janauer, GA. 2018. Combined effects of physical environmental conditions and anthropogenic alterations are associated with macrophyte habitat fragmentation in rivers - Study of the Danube in Serbia. *Science of the Total Environment*. 632:780-790.

Water Framework Directive (WFD). 2000/60/EC: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.

Whitehead, K., Hugenholtz, HC., Myshak, S., Brown, O., LeClair, A., Tamminga, A., Barchyn, ET., Moorman B. & Eaton, B. 2014. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: scientific and commercial applications. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*. 02(03):86-102. <https://doi.org/10.1139/juvs-2014-0007>

WISER. Water Bodies in Europe - integrative systems to assess ecological status and recovery. Web sajt: <http://www.wiser.eu/results/method-database/> [Accessed, 17.03.2020.]

Woebbecke, DM., Meyer, GE., Von Barga, K. & Mortensen, DA. 1995. Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions. *Transactions of the ASAE*. 38(1):259–269. doi: 10.13031/2013.27838

Yang, Z., Willis, P. & Mueller, R. 2008. Impact of Band-Ratio Enhanced AWIFS Image on Crop Classification Accuracy. United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistics Service. Research and Development Division. 3251 Old Lee Highway, Room 305. Fairfax, VA 22030

Ye, S., Pontius, RG. & Rakshit, R. 2018. A review of accuracy assessment for object-based image analysis: From per-pixel to per-polygon approaches. *ISPRS Journal of*

Photogrammetry and Remote Sensing. 141:137–147.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.04.002>

Zhang, Q., Li, Q., Kroeze, C., Xu W., Gai, L., Vitsas, M., Ma, L., Zhang, F. & Strokal, M. 2024. A global assessment of glyphosate and AMPA inputs into rivers: Over half of the pollutants are from corn and soybean production, *Water Research*. 261. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121986>.



PRILOG

Prilog 1. Lista sredinskih faktora korištenih u analizama relacija sa makrofitama sa datim minimalnim, maksimalnim vrednostima, kao i medijanom za svaku varijablu

Podgrupa	RBR	Naziv jedinjenja	Naziv jedinjenja na engleskom	MIN	MAX	MEDIJANA
Fizičko-hemijski parametri	v1	Amonijak (NH ₄ - N)	<i>Ammonium (NH₄ - N)</i>	0	0.1	0
	v2	Kalcijum (Ca) –ukupni	<i>Calcium (Ca) – total</i>	33	51	43
	v3	Hloridi (Cl ⁻)	<i>Chlorides (Cl⁻)</i>	17	33	21
	v4	Hlorofil a fitoplankton - fluorescencija)	<i>Chlorophyll-a (phytoplankton - fluorescence)</i>	0	21	6.4
	v5	Elektroprovodljivost	<i>Conductivity</i>	373	566	393
	v6	Rastvoren organski ugljenik	<i>Dissolved organic carbon (DOC)</i>	1.8	7.6	2.3
	v7	Rastvoren kiseonik	<i>Dissolved oxygen</i>	5.9	10	8.1
	v8	Magnezijum (Mg) – ukupni	<i>Magnesium (Mg) – total</i>	13	21	14
	v9	Nitrati (NO ₃ -N)	<i>Nitrates (NO₃-N)</i>	3.9	15	6.2
	v10	Nitriti (NO ₂ -N)	<i>Nitrites (NO₂-N)</i>	0	0.079	0
	v11	Azot (N) – Ukupan	<i>Nitrogen (N) - Total</i>	1.2	3.6	1.7
	v12	pH	<i>pH</i>	7.8	8.5	8.2
	v13	Fosfati	<i>Phosphate</i>	0	0.33	0.14
	v14	Fosfor (P) - ukupan	<i>Phosphorous (P) - total</i>	0.03	0.11	0.08
	v15	Kalijum (K) – ukupan	<i>Potassium (K) – total</i>	2.9	3.7	3.3
	v16	Natrijum (Na) – ukupan	<i>Sodium (Na) – total</i>	11	22	14
	v17	Sulfati (SO ₄ --)	<i>Sulphates (SO₄--)</i>	18	37	31
	v18	Suspendovane materije	<i>Suspended solids</i>	2.7	47	12
	v19	Temperatura vode	<i>Water temperature</i>	18	23	21
Herbicidi	v36	2,4-D	<i>2,4-D</i>	0	0.0047	0.0016
	v37	2-metil-4-hlorofenoksiacetatna kiselina (MCPA)	<i>2-Methyl-4-chlorphenoxy acetic acid (MCPA)</i>	0.0006	0.0063	0.0021
	v38	Aminometilfosfonska kiselina (AMPA)	<i>Aminomethylphosphonic acid (AMPA)</i>	0	0.3	0.24
	v39	Atrazin	<i>Atrazine</i>	0	0.015	0.006
	v40	Atrazin-2-hidoksi	<i>Atrazine-2-hydroxy</i>	0	0.01	0.008
	v41	Atrazin-desetil	<i>Atrazine-desethyl</i>	0	0.02	0.01
	v42	Karbetamid	<i>Carbetamide</i>	0	0.031	0.0016
	v43	Hlordazon-difenil	<i>Chloridazon-desphenyl</i>	0	0.24	0.079
	v44	Hlorprofam	<i>Chlorpropham</i>	0	0.0055	0
v45	Cijanazin (Fortrol)	<i>Cyanazine (Fortrol)</i>	0	0.076	0	
v46	Cibitrin (Irgarol)	<i>Cybutryne (Irgarol)</i>	0	0.0006	0	

CORINE – duž deonice	v47	Dimetahlor CGA 369873	<i>Dimethachlor CGA 369873</i>	0	0.04	0.01
	v48	Dinoterb	<i>Dinoterb</i>	0	0.08	0.004
	v49	Diuron	<i>Diuron</i>	0	0.01	0
	v50	Karbetamid (Sulfadiazol)	<i>Carbetamide (Sulfadiazole)</i>	0	0.0029	0.0002
	v51	Glifosate	<i>Glyphosate</i>	0	0.073	0
	v52	Isoproturon	<i>Isoproturon</i>	0	0.005	0
	v53	Lenacil	<i>Lenacil</i>	0	0.004	0
	v54	Linuron	<i>Linuron</i>	0	0.01	0
	v55	Metazahlor ESA	<i>Metazachlor ESA</i>	0	0.063	0
	v56	Metazahlor ESA (BH 479-8)	<i>Metazachlor ESA (BH 479-8)</i>	0	0.02	0
	v57	Metabenzthiazuron	<i>Methabenzthiazuron</i>	0	0.0023	0
	v58	Metolahlor	<i>Metolachlor</i>	0	0.011	0.0054
	v59	Metolahlor ESA	<i>Metolachlor ESA</i>	0	0.064	0
	v60	Prometrin	<i>Prometryn</i>	0	0.0098	0
	v61	Simazin	<i>Simazine</i>	0	0.002	0
	v62	S-Metolahlor NOA 413173	<i>S-Metolachlor NOA 413173</i>	0	0.03	0
	v63	Terbutrin	<i>Terbutryn</i>	0	0.011	0.0029
	v64	Terbutilazin SYN 545666	<i>Terbutylazine SYN 545666</i>	0	0.02	0.01
	v65	Terbutilazin-2-hidroxy	<i>Terbutylazine-2-hydroxy</i>	0	0.008	0
	v66	Terbutilazin-desetil-2-hidroksi	<i>Terbutylazine-desethyl-2-hydroxy</i>	0	0.1	0
	v263	Kontinuirane urbane površine	<i>Continuous urban fabric</i>	0	40	0
	v264	Nekontinuirane urbane površine	<i>Discontinuous urban fabric</i>	0	100	0
	v265	Industrijsko zemljište	<i>Industrial or commercial units</i>	0	100	0
	v266	Putevi i železnice sa pripadajućim zemljištem	<i>Road and rail networks and associated land</i>	0	20	0
	v267	Rudnici	<i>Mineral extraction sites</i>	0	50	0
	v268	Gradilišta	<i>Construction sites</i>	0	80	0
	v269	Urbane zelene površine	<i>Green urban areas</i>	0	100	0
v270	Sportska igralista i odmarališta	<i>Sport and leisure facilities</i>	0	100	0	
v271	Nemeliorisano obradivo zemlji	<i>Non-irrigated arable land</i>	0	100	0	
v272	Pirinčana polja	<i>Rice fields</i>	0	40	0	
v273	Vinogradi	<i>Vineyards</i>	0	100	0	
v274	Pašnjaci	<i>Pastures</i>	0	100	0	
v275	Višekulturni poljoprivredni kompleksi	<i>Complex cultivation patterns</i>	0	100	0	
v276	Zemljište primarno namenjeno poljoprivredi, sa značajnim procentom prirodne vegetacije	<i>Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation</i>	0	100	0	

CORINE - 1km uzvodno	v277	Listopadne šume	<i>Broad-leaved forest</i>	0	100	0
	v278	Četinarske šume	<i>Coniferous forest</i>	0	100	0
	v279	Mešovite šume	<i>Mixed forest</i>	0	50	0
	v280	Prirodne livade	<i>Natural grasslands</i>	0	100	0
	v281	Šipražje	<i>Transitional woodland-shrub</i>	0	100	0
	v282	Kontinentalne močvare	<i>Inland marshes</i>	0	100	0
	v283	Vodna tela	<i>Water bodies</i>	0	100	0
	v284	Urbane površine	<i>Urban fabric</i>	0	100	0
	v285	Industrijske, komercialne i transportne površine	<i>Industrial, commercial and transport units</i>	0	100	0
	v286	Rudnici, otpadi i gradilišta	<i>Mine, dump and construction sites</i>	0	80	0
	v287	Veštačke zelene nepoljoprivredne površine	<i>Artificial, non-agricultural vegetated areas</i>	0	100	0
	v288	Usevi	<i>Arable land</i>	0	100	0
	v289	Trajni zasadi	<i>Permanent crops</i>	0	100	0
	v290	Pašnjaci	<i>Pastures</i>	0	100	0
	v291	Raznovrsna poljoprivredna područja	<i>Heterogeneous Obradivo zemljište</i>	0	100	0
	v292	Šume	<i>Forests</i>	0	100	20
	v293	Žbunje i/ili zeljasta vegetacija	<i>Žbunje i/ili zeljasta vegetacija</i>	0	100	0
	v294	Kontinentalna vlažna područja	<i>Inland wetlands</i>	0	100	0
	v295	Vodna tela	<i>Inland waters</i>	0	100	0
	v296	Veštačke površine	<i>Artificial surfaces</i>	0	100	0
	v297	Obradivo zemljište	<i>Obradivo zemljište</i>	0	100	0
	v298	Šume i žbunasta vegetacija staništa	<i>Šume i žbunasta vegetacija staništa</i>	0	100	80
	v299	Vlažna područja	<i>Wetlands</i>	0	100	0
	v300	Vodna tela	<i>Water bodies</i>	0	100	0
	v301	Kontinuirane urbane površine	<i>Continuous urban fabric</i>	0	100	0
	v302	Nekontinuirane urbane površine	<i>Discontinuous urban fabric</i>	0	100	0
	v303	Industrijsko zemljište	<i>Industrial or commercial units</i>	0	100	0
	v304	Putevi i železnice sa pripadajućim zemljištem	<i>Road and rail networks and associated land</i>	0	20	0
	v305	Luke	<i>Port areas</i>	0	90	0
	v306	Rudnici	<i>Mineral extraction sites</i>	0	50	0
	v307	Gradilišta	<i>Construction sites</i>	0	80	0
v308	Urbane zelene površine	<i>Green urban areas</i>	0	100	0	
v309	Sportska igralista i odmarališta	<i>Sport and leisure facilities</i>	0	100	0	
v310	Nemeliorisano obradivo zemlji	<i>Non-irrigated arable land</i>	0	100	0	

CORINE - 5km uzvodno	v311	Pirinčana polja	<i>Rice fields</i>	0	40	0
	v312	Vinogradi	<i>Vineyards</i>	0	80	0
	v313	Pašnjaci	<i>Pastures</i>	0	100	0
	v314	Višekulturni poljoprivredni kompleksi	<i>Complex cultivation patterns</i>	0	100	0
	v315	Zemljište primarno namenjeno poljoprivredi, sa značajnim	<i>Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation</i>	0	100	0
	v316	Listopadne šume	<i>Broad-leaved forest</i>	0	100	10
	v317	Četinarske šume	<i>Coniferous forest</i>	0	100	0
	v318	Mešovite šume	<i>Mixed forest</i>	0	50	0
	v319	Prirodne livade	<i>Natural grasslands</i>	0	100	0
	v320	Šipražje	<i>Transitional woodland-shrub</i>	0	100	0
	v321	Kontinentalne močvare	<i>Inland marshes</i>	0	100	0
	v322	Vodna tela	<i>Water bodies</i>	0	100	0
	v323	Urbane površine	<i>Urban fabric</i>	0	100	0
	v324	Industrijske, komercijalne i transportne površine	<i>Industrial, commercial and transport units</i>	0	100	0
	v325	Rudnici, otpadi i gradilišta	<i>Mine, dump and construction sites</i>	0	80	0
	v326	Veštačke zelene nepoljoprivredne površine	<i>Artificial, non-agricultural vegetated areas</i>	0	100	0
	v327	Usevi	<i>Arable land</i>	0	100	0
	v328	Trajni zasadi	<i>Permanent crops</i>	0	80	0
	v329	Pašnjaci	<i>Pastures</i>	0	100	0
	v330	Raznovrsna poljoprivredna područja	<i>Heterogeneous Obradivo zemljište</i>	0	100	0
	v331	Šume	<i>Forests</i>	0	100	20
v332	Žbunje i/ili zeljasta vegetacija	<i>Žbunje i/ili zeljasta vegetacija</i>	0	100	0	
v333	Kontinentalna vlažna područja	<i>Inland wetlands</i>	0	100	0	
v334	Vodna tela	<i>Inland waters</i>	0	100	0	
v335	Veštačke površine	<i>Artificial surfaces</i>	0	100	0	
v336	Obradivo zemljište	<i>Obradivo zemljište</i>	0	100	0	
v337	Šume i žbunasta vegetacija staništa	<i>Šume i žbunasta vegetacija staništa</i>	0	100	80	
v338	Vlažna područja	<i>Wetlands</i>	0	100	0	
v339	Vodna tela	<i>Water bodies</i>	0	100	0	
v340	Kontinuirane urbane površine	<i>Continuous urban fabric</i>	0	30	0	
v341	Nekontinuirane urbane površine	<i>Discontinuous urban fabric</i>	0	80	0	
v342	Industrijsko zemljište	<i>Industrial or commercial units</i>	0	80	0	
v343	Luke	<i>Port areas</i>	0	50	0	

v344	Rudnici	<i>Mineral extraction sites</i>	0	30	0
v345	Gradilišta	<i>Construction sites</i>	0	20	0
v346	Urbane zelene površine	<i>Green urban areas</i>	0	50	0
v347	Sportska igralista i odmarališta	<i>Sport and leisure facilities</i>	0	50	0
v348	Non-irrigated Usevi	<i>Non-irrigated arable land</i>	0	100	0
v349	Pirinčana polja	<i>Rice fields</i>	0	20	0
v350	Vinogradi	<i>Vineyards</i>	0	30	0
v351	Pašnjaci	<i>Pastures</i>	0	100	0
v352	Annual crops associated with Trajni zasadi	<i>Annual crops associated with permanent crops</i>	0	80	0
v353	Višekulturni poljoprivredni kompleksi	<i>Complex cultivation patterns</i>	0	80	0
v354	Zemljište primarno namenjeno poljoprivredi, sa značajnim	<i>Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation</i>	0	80	0
v355	Listopadne šume	<i>Broad-leaved forest</i>	0	100	40
v356	Četinarske šume	<i>Coniferous forest</i>	0	60	0
v357	Mešovite šume	<i>Mixed forest</i>	0	10	0
v358	Prirodne livade	<i>Natural grasslands</i>	0	30	0
v359	Šipražje	<i>Transitional woodland-shrub</i>	0	80	0
v360	Kontinentalne močvare	<i>Inland marshes</i>	0	100	0
v361	Vodna tela	<i>Water bodies</i>	0	40	0
v362	Urbane površine	<i>Urban fabric</i>	0	80	0
v363	Industrijske, komercijalne i transportne površine	<i>Industrial, commercial and transport units</i>	0	80	0
v364	Rudnici, otpadi i gradilišta	<i>Mine, dump and construction sites</i>	0	30	0
v365	Veštačke zelene nepoljoprivredne površine	<i>Artificial, non-agricultural vegetated areas</i>	0	50	0
v366	Usevi	<i>Arable land</i>	0	100	0
v367	Trajni zasadi	<i>Permanent crops</i>	0	30	0
v368	Pašnjaci	<i>Pastures</i>	0	100	0
v369	Raznovrsna poljoprivredna područja	<i>Heterogeneous Obradivo zemljište</i>	0	100	0
v370	Šume	<i>Forests</i>	0	100	40
v371	Žbunje i/ili zeljasta vegetacija	<i>Žbunje i/ili zeljasta vegetacija</i>	0	80	0
v372	Kontinentalna vlažna područja	<i>Inland wetlands</i>	0	100	0
v373	Vodna tela	<i>Inland waters</i>	0	40	0
v374	Veštačke površine	<i>Artificial surfaces</i>	0	100	0
v375	Obradivo zemljište	<i>Arable land</i>	0	100	10

Hidromorfološke i stanišne karakteristike	v376	Šume i žbunasta vegetacija staništa	<i>Šume i žbunasta vegetacija staništa</i>	0	100	50
	v377	Vlažna područja	<i>Wetlands</i>	0	100	0
	v378	Vodna tela	<i>Water bodies</i>	0	40	0
	v379	RKM	<i>River-km</i>	18	2581	1262
	v380	Površina	<i>Area</i>	215.2	19419	2744.8
	v381	Širina	<i>Width</i>	106.25	2735	492.5
	v382	Maksimalna dubina	<i>Max depth</i>	2.27	37.27	9.384584
	v383	Srednja brzina vode	<i>Mean velocity</i>	0.16	1.57	0.67
	v384	Protok vode	<i>Discharge</i>	238	3090	1850
	v385	Sb-nagib	<i>Sb-slope</i>	0.00002	0.00039	7.89E-05
	v386	Fluktuacije vode	<i>Water fluctuation</i>	1	18	4
	v387	Srednje dubina uzorka	<i>Mean sample depth</i>	0.3335	2.2604	0.653
	v388	Površinska brzina vode	<i>Surface velocity</i>	0	0.5465	0.17332
	v389	Udaljenost obale	<i>Distance shore</i>	0.92	30.375	5.9
	v390	Supstrat1 PC1	<i>Substrate PC1</i>	-1.4992	1.6902	-0.0081
	v391	Supstrat2 PC2	<i>Substrate PC2</i>	-2.0105	2.5563	-0.1922
	v392	Planform	<i>Planform</i>	2	5	3
	v393	Izмене supstrata	<i>Substrate alteration</i>	3	5	3
	v394	Erozija/Taloženje	<i>Erosion/deposition</i>	1	5	3
	v395	Izmenjene obale	<i>Affected banks</i>	1	5	3
v396	Riparijlna zona	<i>Riparian zone</i>	2	5	3	
v397	Način upotrebe zemljišta	<i>Land cover</i>	2	5	4	
v398	Lateralna povezanost	<i>Lateral connectivity</i>	2	5	4	
v399	Lateralno pomeranje	<i>Lateral movement</i>	2	5	4	
v400	Strukture kanala	<i>Channel structures</i>	1	5	3	
v401	Brane	<i>Dams</i>	1	5	1	

Prilog 2. Vrednosti numeričkih pokazatelja makrofita po transektu

		HU RI	EQR HU_RI	Obs RMNI	MIR TRANS 1-9	BRIT MTR	Broj vrsta po snimku cela matrica	Broj vrsta po snimku	Broj vrsta u vodi	Broj vrsta na obali	Broj <i>Hydrophyta</i>	Broj <i>Amphiphyta</i>	Broj <i>Helophyta</i>	Broj <i>Spermatophyta</i>	Broj <i>Bryophyta</i>	Broj Macroalgae	Broj submerznih hidrofita	Broj flotantnih hidrofita	Broj emerznih hidrofita	Broj ukorenjenih makrofita	Broj neukorenjenih makrofita	Broj pricvrscenih mahovina	Broj pricvrscenih alge	Broj flotantnih algi	N2 diversity of samples	N1 richness of samples	N2/N1 evenness of samples	Number of species in samples	Shannon' diversity (H) of samples
JDS1	L	1	0.77	0.386	6.15	53	48	23	12	6	6	1	5	6	6	0	1	0	1	1	0	4	0	0	9.7	10.7	0.91	12	2.37
JDS1	R	1	0.79	0.396	6.00	54	45	16	8	4	4	5	1	2	2	6	0	0	0	0	4	0	0	0	7.1	7.4	0.95	8	2.00
JDS2	L	1	0.79	0.394	7.49	33	38	9	8	6	2	5	0	3	6	2	0	3	0	1	2	2	0	0	6.5	7.2	0.91	8	1.97
JDS2	L	2	0.70	0.349	6.96	49	42	12	9	4	5	4	2	3	6	3	0	1	0	1	1	0	2	0	7.1	7.8	0.91	9	2.06
JDS2	L	3	0.88	0.441	6.64	47	40	9	6	3	3	2	1	3	4	2	0	0	0	1	0	2	0	0	4.7	5.2	0.91	6	1.65
JDS2	R	1	0.85	0.424	6.46	47	40	6	4	2	2	2	1	1	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	3.5	3.6	0.95	4	1.29
JDS2	R	2	0.55	0.273	6.91	44	31	8	4	2	2	2	1	1	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	3.8	3.9	0.98	4	1.37
JDS2	R	3	0.87	0.433	6.46	47	40	6	4	2	2	2	1	1	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	3.5	3.6	0.95	4	1.29
JDS3 U	L	1	0.53	0.265	8.16	36	27	17	12	8	4	7	1	4	11	0	0	6	1	1	6	1	0	0	10.0	11.0	0.91	12	2.39
JDS3 U	L	2	0.47	0.237	8.51	35	28	11	8	6	2	5	1	2	7	0	0	3	2	1	5	0	0	0	6.7	7.2	0.93	8	1.98
JDS3 U	L	3	0.58	0.289	8.22	38	31	20	13	10	3	6	2	5	12	0	0	4	2	4	5	1	0	0	9.9	11.1	0.89	13	2.41
JDS3 U	R	1	0.48	0.240	8.19	34	30	28	20	15	5	10	2	8	19	0	0	8	2	5	7	3	0	0	17.0	18.2	0.93	20	2.90
JDS3 U	R	2	0.45	0.223	8.29	32	28	24	16	11	5	9	1	6	15	0	0	8	1	2	6	3	0	0	13.6	14.6	0.93	16	2.68
JDS3 U	R	3	0.34	0.168	8.15	32	27	23	16	11	5	8	2	6	15	0	0	7	1	3	6	2	0	0	13.2	14.4	0.92	16	2.67
JDS3 D	L	1	0.69	0.347	7.11	41	37	10	7	4	3	2	0	5	5	2	0	0	0	2	0	2	0	0	5.8	6.3	0.92	7	1.84
JDS3 D	L	2	0.49	0.247	7.59	36	33	13	9	6	3	4	1	3	7	2	0	2	0	1	2	0	0	0	8.0	8.4	0.95	9	2.13
JDS3 D	L	3	0.28	0.138	8.08	20	22	9	5	2	3	0	1	4	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3.9	4.3	0.89	5	1.46
JDS3 D	R	1	0.98	0.492	5.67	51	47	5	4	3	1	3	0	1	1	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3.5	3.7	0.95	4	1.31
JDS3 D	R	2	0.76	0.379	6.44	53	37	11	7	5	2	4	0	3	3	4	0	0	0	1	0	4	0	0	5.8	6.2	0.93	7	1.83
JDS3 D	R	3	0.88	0.440	6.12	51	40	7	5	4	1	4	0	1	1	4	0	0	0	0	4	0	0	0	4.5	4.6	0.96	5	1.54
JDS4	L	1	0.67	0.333	7.70	27	25	3	3	1	2	1	0	2	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3.0	3.0	1.00	3	1.10
JDS4	L	2	0.54	0.269	7.64	23	22	3	2	1	1	1	0	1	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1.6	1.8	0.91	2	0.56
JDS4	L	3	0.58	0.290	8.22	33	29	7	6	5	1	3	1	1	5	0	0	2	1	1	3	0	0	0	5.5	5.7	0.96	6	1.74
JDS4	R	1	0.58	0.288	8.00	29	25	12	7	3	4	2	1	4	6	0	0	1	1	1	2	0	0	0	5.5	6.2	0.90	7	1.82
JDS4	R	2	0.53	0.266	7.62	20	20	4	4	2	2	1	1	1	3	0	1	1	1	0	1	0	1	0	3.0	3.5	0.87	4	1.24
JDS4	R	3	0.68	0.340	7.99	28	26	11	9	5	4	1	2	4	8	0	1	1	1	2	1	0	0	1	6.8	7.8	0.86	9	2.06
JDS5	L	1	0.70	0.352	6.69	47	40	8	6	3	3	2	1	3	4	2	0	0	0	1	0	2	0	0	4.8	5.3	0.91	6	1.67
JDS5	L	2	0.50	0.250	7.49	20	20	2	2	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	1.8	0.91	2	0.56
JDS5	L	3	0.99	0.493	7.33	NA	NA	5	3	1	2	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2.5	2.6	0.93	3	0.97
JDS5	R	1	0.81	0.405	6.91	37	60	8	6	3	3	3	2	1	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	5.5	5.7	0.97	6	1.74
JDS5	R	2	0.80	0.402	7.52	65	20	5	2	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1.5	1.6	0.89	2	0.50
JDS5	R	3	0.56	0.282	7.38	29	54	11	7	4	3	3	1	3	4	3	0	0	0	1	0	3	0	0	6.0	6.4	0.94	7	1.85
JDS6	L	1	0.68	0.338	6.78	63	36	21	10	6	4	4	1	4	5	5	0	1	0	1	1	0	4	0	8.7	9.2	0.95	10	2.22
JDS6	L	2	0.78	0.392	5.59	68	53	20	10	5	5	3	2	4	5	5	0	0	0	1	0	4	0	0	8.3	9.0	0.91	10	2.20
JDS6	L	3	0.76	0.382	5.77	68	53	16	9	5	4	3	1	4	4	5	0	0	0	1	0	4	0	0	7.3	8.0	0.90	9	2.08
JDS6	R	1	0.63	0.313	6.77	51	35	17	9	5	4	5	3	1	6	3	0	1	1	0	2	0	3	0	8.6	8.7	0.98	9	2.16
JDS6	R	2	0.65	0.327	5.99	65	43	28	10	6	4	3	4	2	6	4	0	1	0	2	1	2	0	0	8.2	9.0	0.91	10	2.20
JDS6	R	3	0.90	0.448	5.19	72	53	17	8	6	2	2	2	2	3	5	0	0	0	2	0	3	0	0	6.3	6.9	0.90	8	1.93
JDS7	L	1	0.65	0.323	5.31	63	57	16	8	3	5	1	3	4	6	2	0	0	0	2	0	1	0	0	7.4	7.6	0.97	8	2.03
JDS7	L	2	0.62	0.309	5.53	63	56	17	9	4	5	1	3	5	7	2	0	0	0	3	0	1	0	0	8.3	8.6	0.97	9	2.15

			HU RI	EQR HU_RI	Obs RMINI	MIR TRANS 1-9	BRIT MTR	Broj vrsta po snimku cela matrica	Broj vrsta po snimku	Broj vrsta u vodi	Broj vrsta na obali	Broj <i>Hydrophyta</i>	Broj <i>Amphiphyta</i>	Broj <i>Helophyta</i>	Broj <i>Spermatophyta</i>	Broj <i>Bryophyta</i>	Broj Macroalgae	Broj submerznih hidrofitna	Broj flotantnih hidrofitna	Broj emerznih hidrofitna	Broj ukorenjenih makrofitna	Broj neukorenjenih makrofitna	Broj pricvrscenih mahovina	Broj pricvrscenih alge	Broj flotantnih algi	N2 diversity of samples	N1 richness of samples	N2/N1 evenness of samples	Number of species in samples	Shannon' diversity (H) of samples
JDS7	L	3	0.62	0.311	5.20	63	57	15	7	3	4	1	3	3	5	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	6.8	6.9	0.98	7	1.93
JDS7	R	1	0.55	0.274	5.43	69	53	29	12	6	6	2	4	4	7	5	0	0	0	2	0	0	2	0	0	10.6	11.1	0.96	12	2.41
JDS7	R	2	0.60	0.301	6.10	64	39	21	8	4	4	1	3	3	5	3	0	0	0	2	0	0	1	0	0	7.0	7.4	0.95	8	2.00
JDS7	R	3	0.64	0.322	5.35	73	60	21	9	5	4	2	1	4	5	4	0	0	0	1	0	0	2	0	0	8.0	8.4	0.95	9	2.13
JDS8	L	1	0.84	0.418	5.12	51	55	8	5	2	3	1	2	2	2	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4.5	4.7	0.96	5	1.56
JDS8	L	2	1.00	0.500	5.40	60	60	2	2	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2.0	2.0	0.99	2	0.68
JDS8	L	3	0.88	0.439	5.75	53	53	4	3	2	1	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2.3	2.6	0.91	3	0.94
JDS8	R	1	0.71	0.353	6.43	43	20	9	5	2	3	2	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4.2	4.5	0.94	5	1.51
JDS8	R	2	0.84	0.421	5.55	48	20	5	4	2	2	2	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3.3	3.5	0.92	4	1.27
JDS8	R	3	0.76	0.382	6.09	48	33	7	5	3	2	2	0	2	2	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4.3	4.6	0.94	5	1.52
JDS9	L	1	0.57	0.284	6.49	38	20	10	6	1	5	2	1	3	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4.9	5.3	0.93	6	1.67
JDS9	L	2	0.76	0.378	5.64	50	NA	5	3	1	2	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2.8	2.9	0.97	3	1.05
JDS9	L	3	0.71	0.356	6.36	45	20	6	4	1	3	2	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3.6	3.7	0.96	4	1.31
JDS9	R	1	0.53	0.263	8.03	23	23	11	7	3	4	1	2	4	5	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	5.8	6.3	0.92	7	1.84
JDS9	R	2	0.26	0.132	8.49	30	30	8	5	3	2	1	1	3	3	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	4.3	4.6	0.93	5	1.52
JDS9	R	3	0.71	0.353	7.49	20	20	8	5	2	3	1	1	3	3	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3.9	4.3	0.89	5	1.46
JDS10	L	1	0.04	0.019	7.33	NA	NA	3	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS10	L	2	0.22	0.111	7.52	NA	40	4	2	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2.0	2.0	1.00	2	0.69
JDS10	L	3	0.14	0.071	7.33	NA	NA	2	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS10	R	1	0.78	0.391	5.87	53	49	10	6	5	1	3	0	2	2	4	0	0	0	1	0	0	3	0	0	5.1	5.5	0.93	6	1.70
JDS10	R	2	0.50	0.250	7.52	NA	40	5	3	2	1	1	0	2	2	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2.9	2.9	0.98	3	1.08
JDS10	R	3	0.14	0.071	7.33	NA	NA	4	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS11	L	1	0.50	0.250	7.61	30	30	3	2	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2.0	2.0	1.00	2	0.69
JDS11	L	2	0.38	0.190	7.61	20	30	6	2	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2.0	2.0	1.00	2	0.69
JDS11	L	3	0.66	0.330	7.47	23	20	8	5	2	3	1	1	3	3	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4.6	4.8	0.96	5	1.56
JDS11	R	1	0.62	0.308	7.49	20	20	10	7	2	5	1	2	4	5	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	6.4	6.7	0.96	7	1.89
JDS11	R	2	0.62	0.311	7.48	20	27	11	8	3	5	1	2	5	6	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	7.4	7.7	0.97	8	2.04
JDS11	R	3	0.49	0.246	7.42	23	29	13	9	1	8	0	3	6	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8.3	8.6	0.97	9	2.15
JDS13	L	1	0.61	0.303	7.52	20	27	7	5	2	3	1	1	3	4	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4.3	4.6	0.93	5	1.52
JDS13	L	2	0.61	0.305	7.46	20	20	6	4	1	3	1	1	2	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3.6	3.7	0.95	4	1.32
JDS13	L	3	0.47	0.233	7.50	20	20	6	3	0	3	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.3	2.6	0.90	3	0.96
JDS13	R	1	0.93	0.463	4.69	72	63	5	4	3	1	2	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3.4	3.7	0.93	4	1.31
JDS13	R	2	0.00	0.000	NA	NA	NA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	1.00	0	0.00
JDS13	R	3	0.66	0.331	5.03	73	62	5	4	3	1	2	0	2	2	2	0	0	0	1	0	0	2	0	0	3.4	3.7	0.93	4	1.31
JDS14	R	1	0.32	0.158	7.70	39	39	17	10	5	5	2	3	4	9	0	0	2	0	2	2	0	0	1	0	8.8	9.3	0.94	10	2.23
JDS14	R	2	0.21	0.104	NA	NA	50	4	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS14	R	3	0.42	0.210	7.78	32	31	23	18	12	6	7	2	7	16	0	2	7	0	3	6	1	0	1	1	15.4	16.5	0.93	18	2.80
JDS15	L	1	0.50	0.250	7.52	20	26	8	6	3	3	1	1	3	4	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	5.4	5.7	0.96	6	1.73
JDS15	L	2	0.52	0.262	7.75	26	30	11	8	3	5	1	1	5	6	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	7.5	7.7	0.97	8	2.04
JDS15	L	3	0.59	0.295	7.70	NA	40	5	3	3	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	2.9	3.0	0.99	3	1.09
JDS15	R	1	0.50	0.250	7.43	20	20	9	6	2	4	1	1	3	4	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	5.6	5.8	0.96	6	1.75
JDS15	R	2	0.50	0.250	7.36	23	23	9	6	2	4	1	1	3	4	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	5.6	5.8	0.96	6	1.75
JDS15	R	3	0.65	0.326	7.47	28	26	10	8	2	6	1	2	4	6	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	6.8	7.3	0.93	8	1.99

		HU RI	EQR HU_RI	Obs RMINI	MIR TRANS 1-9	BRIT MTR	Broj vrsta po snimku cela matrica	Broj vrsta po snimku	Broj vrsta u vodi	Broj vrsta na obali	Broj <i>Hydrophyta</i>	Broj <i>Amphiphyta</i>	Broj <i>Helophyta</i>	Broj <i>Spermatophyta</i>	Broj <i>Bryophyta</i>	Broj Macroalgae	Broj submerznih hidrofitna	Broj flotantnih hidrofitna	Broj emerznih hidrofitna	Broj ukorenjenih makrofitna	Broj neukorenjenih makrofitna	Broj pricvrscenih mahovina	Broj pricvrscenih alge	Broj flotantnih algi	N2 diversity of samples	N1 richness of samples	N2/N1 evenness of samples	Number of species in samples	Shannon' diversity (H) of samples
JDS16	L	1	0.38	0.188	9.26	16	23	4	4	4	0	4	0	0	3	0	0	4	0	0	4	0	0	4.0	4.0	1.00	4	1.39	
JDS16	R	1	0.38	0.188	9.26	16	23	4	4	4	0	4	0	0	3	0	0	4	0	0	4	0	0	4.0	4.0	1.00	4	1.39	
JDS17	L	1	0.37	0.183	7.38	48	30	10	7	3	4	1	1	4	5	1	1	0	0	1	0	0	1	6.4	6.7	0.95	7	1.91	
JDS17	L	2	0.29	0.146	7.47	25	33	5	3	1	2	0	1	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	2.7	2.8	0.94	3	1.04	
JDS17	L	3	0.50	0.250	8.57	23	23	9	7	4	3	3	0	3	5	1	1	0	2	0	0	2	1	0	6.4	6.6	0.96	7	1.89
JDS17	R	1	0.60	0.302	7.71	42	26	8	5	3	2	1	0	3	3	1	1	0	0	1	0	0	1	4.5	4.7	0.95	5	1.55	
JDS17	R	2	0.60	0.299	9.09	25	24	10	7	5	2	5	0	1	3	2	1	0	4	0	0	3	1	0	5.9	6.4	0.93	7	1.85
JDS17	R	3	0.50	0.250	9.40	14	25	5	4	3	1	3	0	1	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0	3.6	3.7	0.96	4	1.31
JDS18	L	1	NA		NA	NA	NA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	1.00	0	0.00	
JDS18	L	2	NA		NA	NA	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	1.00	0	0.00	
JDS18	L	3	0.50	0.250	7.33	NA	NA	2	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00	
JDS18	R	1	NA		NA	NA	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	1.00	0	0.00	
JDS18	R	2	0.50	0.250	7.22	34	35	5	5	2	3	1	1	3	5	0	0	0	1	1	0	1	0	0	4.0	4.5	0.90	5	1.49
JDS18	R	3	0.50	0.250	7.29	31	31	10	6	2	4	0	1	5	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	5.1	5.5	0.94	6	1.70
JDS19	L	1	0.43	0.215	7.21	33	36	8	5	0	5	0	2	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5	4.7	0.96	5	1.56
JDS19	L	2	0.76	0.378	7.04	30	37	6	5	2	3	1	2	2	3	2	0	0	0	1	0	0	1	0	4.5	4.7	0.96	5	1.56
JDS19	L	3	0.86	0.429	7.65	23	37	7	6	3	3	2	2	2	4	2	0	0	1	1	0	1	1	0	4.8	5.3	0.89	6	1.68
JDS19	R	1	0.39	0.195	9.13	16	25	6	6	4	2	4	0	2	5	0	0	0	4	0	0	4	0	0	5.2	5.5	0.94	6	1.70
JDS19	R	2	0.39	0.196	8.89	16	26	8	7	4	3	4	1	2	6	0	0	0	4	0	0	4	0	0	6.1	6.4	0.95	7	1.86
JDS19	R	3	0.39	0.196	8.89	16	26	8	7	4	3	4	1	2	6	0	0	0	4	0	0	4	0	0	6.1	6.4	0.95	7	1.86
JDS20	L	1	0.54	0.271	7.46	29	29	12	7	1	6	0	3	4	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6.4	6.7	0.96	7	1.90
JDS20	L	2	0.48	0.238	6.89	42	39	20	12	5	7	1	3	7	10	2	1	1	0	3	1	0	0	0	10.6	11.3	0.94	12	2.42
JDS20	L	3	0.46	0.228	7.48	30	31	12	7	2	5	1	2	4	7	0	0	0	1	1	0	1	0	0	5.8	6.3	0.91	7	1.85
JDS20	R	1	0.40	0.199	6.97	30	30	7	3	1	2	1	1	1	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2.8	2.9	0.97	3	1.05
JDS20	R	2	0.41	0.205	6.97	30	30	5	2	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.0	2.0	1.00	2	0.69
JDS20	R	3	0.42	0.212	7.25	25	25	6	3	0	3	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.0	3.0	1.00	3	1.10
JDS21	L	1	0.40	0.200	7.51	23	29	8	6	3	3	3	2	1	5	0	0	0	3	0	0	3	0	0	4.3	5.0	0.87	6	1.61
JDS21	L	2	0.39	0.197	7.66	23	28	10	7	4	3	4	2	1	6	0	0	0	4	0	0	4	0	0	4.9	5.7	0.85	7	1.75
JDS21	L	3	0.33	0.166	7.82	22	29	11	8	5	3	4	2	2	7	0	0	0	4	1	0	4	0	0	6.5	7.2	0.90	8	1.98
JDS21	R	1	0.43	0.215	7.66	22	29	8	6	3	3	3	1	2	5	0	0	0	3	0	0	3	0	0	4.8	5.3	0.91	6	1.67
JDS21	R	2	0.48	0.240	7.83	28	31	18	12	5	7	3	2	7	11	0	0	0	3	2	0	3	0	0	10.7	11.3	0.95	12	2.43
JDS21	R	3	0.45	0.225	8.19	19	28	13	7	3	4	3	2	2	6	0	0	0	3	0	0	3	0	0	5.6	6.3	0.89	7	1.83
JDS22	L	1	0.37	0.184	8.44	24	25	7	6	3	3	3	1	2	5	0	0	2	1	0	1	2	0	0	5.3	5.7	0.94	6	1.73
JDS22	L	2	0.51	0.254	7.42	28	30	8	6	3	3	3	1	2	5	0	0	1	2	0	1	2	0	0	5.2	5.5	0.94	6	1.70
JDS22	L	3	0.50	0.250	7.49	26	30	8	5	2	3	2	1	2	4	0	0	0	2	0	0	2	0	0	4.8	4.9	0.98	5	1.59
JDS22	R	1	0.42	0.208	7.20	27	29	10	6	2	4	1	2	3	5	0	0	0	1	1	0	1	0	0	5.2	5.5	0.93	6	1.71
JDS22	R	2	0.45	0.226	7.13	27	27	9	6	1	5	1	2	3	5	0	0	0	1	0	0	1	0	0	5.8	5.9	0.98	6	1.77
JDS22	R	3	0.43	0.214	8.63	20	20	4	3	2	1	2	0	1	2	0	0	1	1	0	0	2	0	0	2.7	2.8	0.94	3	1.04
JDS24	L	1	0.50	0.250	NA	NA	NA	3	2	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8	1.9	0.95	2	0.64
JDS24	L	2	0.50	0.250	NA	NA	NA	3	2	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8	1.9	0.95	2	0.64
JDS24	L	3	0.33	0.167	NA	NA	NA	4	2	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.0	2.0	1.00	2	0.69
JDS24	R	1	0.51	0.255	7.96	26	23	11	8	1	7	1	2	5	8	0	0	1	0	0	1	0	0	0	6.8	7.3	0.93	8	1.99
JDS24	R	2	0.51	0.255	7.66	33	30	10	7	1	6	1	2	4	6	0	0	0	1	0	0	1	0	0	5.8	6.3	0.92	7	1.84

			HU RI	EQR HU_RI	Obs RMINI	MIR TRANS 1-9	BRIT MTR	Broj vrsta po snimku cela matrica	Broj vrsta po snimku	Broj vrsta u vodi	Broj vrsta na obali	Broj <i>Hydrophyta</i>	Broj <i>Amphiphyta</i>	Broj <i>Helophyta</i>	Broj <i>Spermatophyta</i>	Broj <i>Bryophyta</i>	Broj Macroalgae	Broj submerznih hidrofitna	Broj flotantnih hidrofitna	Broj emerznih hidrofitna	Broj ukorenjenih makrofitna	Broj neukorenjenih makrofitna	Broj pricvrscenih mahovina	Broj pricvrscenih alge	Broj flotantnih algi	N2 diversity of samples	N1 richness of samples	N2/N1 evenness of samples	Number of species in samples	Shannon' diversity (H) of samples
JDS24	R	3	0.59	0.294	7.24	NA	50	6	4	0	4	0	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.6	3.7	0.95	4	1.32
JDS25	L	1	0.50	0.250	7.15	27	27	5	4	0	4	0	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.6	3.8	0.95	4	1.33
JDS25	L	2	0.39	0.196	7.16	32	31	6	4	0	4	0	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.3	3.6	0.93	4	1.28
JDS25	L	3	0.42	0.210	7.06	28	28	4	3	0	3	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6	2.7	0.94	3	1.00
JDS25	R	1	0.67	0.333	7.99	33	30	5	3	0	3	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.0	3.0	1.00	3	1.10
JDS25	R	2	0.65	0.327	8.08	40	40	7	3	0	3	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	2.8	0.94	3	1.04
JDS25	R	3	0.35	0.177	7.46	30	28	10	6	0	6	0	3	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.6	5.7	0.97	6	1.75
JDS26	L	1	0.50	0.250	7.12	28	38	10	6	0	6	0	2	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.5	5.7	0.97	6	1.74
JDS26	L	2	0.49	0.243	7.09	28	34	10	6	0	6	0	1	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.5	5.7	0.96	6	1.74
JDS26	L	3	0.44	0.218	7.22	33	32	10	6	1	5	1	2	3	5	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	5.1	5.5	0.94	6	1.70
JDS26	R	1	0.66	0.328	7.23	40	50	6	3	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6	2.7	0.94	3	1.01
JDS26	R	2	0.87	0.437	7.31	40	48	4	3	1	2	0	0	3	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2.3	2.6	0.90	3	0.96
JDS26	R	3	0.96	0.478	7.19	40	50	3	2	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.6	0.89	2	0.50
JDS27	L	1	0.76	0.379	8.45	40	40	6	3	0	3	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.9	3.0	0.99	3	1.08
JDS27	L	2	0.79	0.394	8.24	38	38	8	5	2	3	0	1	4	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4.2	4.5	0.93	5	1.50
JDS27	L	3	0.88	0.438	8.45	40	40	6	3	0	3	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.9	3.0	0.99	3	1.08
JDS27	R	1	0.59	0.294	NA	NA	NA	4	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS27	R	2	0.62	0.310	NA	NA	NA	4	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS27	R	3	0.59	0.293	7.33	40	NA	7	3	0	3	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	2.9	0.97	3	1.05
JDS28	L	1	0.65	0.324	7.76	30	45	10	7	1	6	0	1	5	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.8	6.3	0.92	7	1.84
JDS28	L	2	0.61	0.307	7.36	NA	47	11	6	1	5	0	1	5	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5.5	5.7	0.96	6	1.74
JDS28	L	3	0.58	0.291	7.70	NA	40	9	4	1	3	0	0	4	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3.5	3.7	0.95	4	1.31
JDS30	L	1	0.56	0.278	8.01	28	38	0	7	1	6	0	1	6	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6.1	6.5	0.94	7	1.87
JDS30	L	2	0.60	0.301	7.31	20	43	0	7	1	6	0	1	6	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5.8	6.3	0.91	7	1.84
JDS30	L	3	0.69	0.346	7.21	NA	50	0	5	0	5	0	1	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.3	4.6	0.94	5	1.52
JDS30	R	1	0.59	0.293	7.28	20	41	0	4	0	4	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8	3.9	0.98	4	1.37
JDS30	R	2	0.50	0.250	7.30	20	40	0	3	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	2.8	0.94	3	1.04
JDS30	R	3	0.60	0.299	7.28	20	41	0	3	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.9	2.9	0.98	3	1.08
JDS31	L	1	0.82	0.409	7.19	20	50	9	4	0	4	0	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.0	3.5	0.87	4	1.24
JDS31	L	2	0.78	0.392	7.21	20	50	9	5	0	5	0	1	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8	4.4	0.86	5	1.48
JDS31	L	3	0.63	0.314	7.19	20	50	7	2	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	1.8	0.91	2	0.56
JDS31	R	1	0.62	0.310	7.39	27	48	16	8	0	8	0	3	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.7	7.3	0.93	8	1.98
JDS31	R	2	0.59	0.295	7.34	24	47	13	7	1	6	0	2	5	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6.3	6.6	0.95	7	1.88
JDS31	R	3	0.51	0.257	8.11	41	33	16	12	5	7	5	3	4	7	3	0	0	4	0	0	4	1	0	0	10.9	11.5	0.95	12	2.44
JDS32	L	1	0.68	0.338	7.46	40	42	15	8	1	7	0	3	5	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6.7	7.2	0.93	8	1.98
JDS32	L	2	0.77	0.385	7.61	40	47	6	3	0	3	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	2.8	0.94	3	1.04
JDS32	L	3	0.78	0.390	7.75	38	43	9	5	0	5	0	1	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.2	4.5	0.93	5	1.50
JDS32	R	1	0.70	0.351	7.21	NA	50	7	3	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6	2.7	0.94	3	1.00
JDS32	R	2	0.69	0.343	7.49	20	45	7	3	1	2	1	0	2	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2.6	2.7	0.94	3	1.00
JDS32	R	3	0.71	0.354	7.19	NA	50	6	2	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.0	2.0	1.00	2	0.69
JDS33	L	1	0.56	0.278	8.22	25	34	17	11	4	7	4	2	5	10	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	9.6	10.2	0.95	11	2.32
JDS33	L	2	0.50	0.248	8.53	25	32	16	10	4	6	4	2	4	9	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	8.3	9.0	0.93	10	2.20
JDS33	L	3	0.54	0.269	8.53	25	32	13	9	4	5	4	1	4	8	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	7.4	8.1	0.92	9	2.09

		HU RI	EQR HU_RI	Obs RMINI	MIR TRANS 1-9	BRIT MTR	Broj vrsta po snimku cela matrica	Broj vrsta po snimku	Broj vrsta u vodi	Broj vrsta na obali	Broj <i>Hydrophyta</i>	Broj <i>Amphiphyta</i>	Broj <i>Helophyta</i>	Broj <i>Spermatophyta</i>	Broj <i>Bryophyta</i>	Broj Macroalgae	Broj submerznih hidrofitna	Broj flotantnih hidrofitna	Broj emerznih hidrofitna	Broj ukorenjenih makrofitna	Broj neukorenjenih makrofitna	Broj pricvrscenih mahovina	Broj pricvrscenih alge	Broj flotantnih algi	N2 diversity of samples	N1 richness of samples	N2/N1 evenness of samples	Number of species in samples	Shannon' diversity (H) of samples
JDS33	R	1	0.56	0.282	7.34	20	41	15	7	1	6	0	1	6	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6.1	6.5	0.94	7	1.87
JDS33	R	2	0.59	0.293	7.38	40	49	15	7	0	7	0	2	5	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.1	6.5	0.94	7	1.87
JDS33	R	3	0.57	0.286	7.38	40	49	10	6	0	6	0	2	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.5	5.7	0.96	6	1.74
JDS34	L	1	0.62	0.311	8.35	21	26	20	12	4	8	4	3	5	11	0	0	0	4	0	0	4	0	0	9.8	10.8	0.90	12	2.38
JDS34	L	2	0.61	0.307	8.71	21	28	11	8	4	4	4	2	2	7	0	0	0	4	0	0	4	0	0	7.4	7.7	0.95	8	2.04
JDS34	L	3	0.64	0.322	9.06	21	28	18	12	4	8	4	4	4	11	0	0	0	4	0	0	4	0	0	9.0	10.2	0.88	12	2.32
JDS34	R	1	0.66	0.328	8.33	24	37	18	12	7	5	7	3	2	10	0	0	2	5	0	1	6	0	0	8.7	10.2	0.85	12	2.32
JDS34	R	2	0.70	0.352	8.22	24	38	18	12	6	6	6	3	3	11	0	0	2	4	0	1	5	0	0	9.0	10.2	0.88	12	2.33
JDS34	R	3	0.54	0.272	8.94	25	30	12	8	4	4	4	2	2	7	0	0	0	4	0	0	4	0	0	6.5	7.2	0.90	8	1.98
JDS35	L	1	0.37	0.187	9.36	18	23	13	7	5	2	5	1	1	6	0	0	1	4	0	0	5	0	0	6.8	6.9	0.99	7	1.93
JDS35	L	2	0.33	0.165	9.36	18	23	12	7	5	2	5	1	1	6	0	0	1	4	0	0	5	0	0	6.9	6.9	0.99	7	1.94
JDS35	L	3	0.36	0.179	9.37	17	23	12	7	5	2	5	1	1	6	0	0	1	4	0	0	5	0	0	6.6	6.7	0.98	7	1.90
JDS35	R	1	0.42	0.209	9.21	22	29	11	9	6	3	5	1	3	8	0	0	0	5	1	0	5	0	0	8.0	8.4	0.95	9	2.13
JDS35	R	2	0.46	0.231	9.21	22	29	13	10	7	3	5	1	3	8	0	0	1	5	1	0	5	0	1	9.0	9.4	0.96	10	2.24
JDS35	R	3	0.51	0.255	9.24	22	28	16	11	8	3	6	1	3	9	0	0	2	5	1	0	6	0	1	9.6	10.1	0.95	11	2.32
JDS36	L	1	0.41	0.206	9.21	19	25	20	12	8	4	6	1	3	9	0	2	1	6	0	0	6	0	1	10.2	10.9	0.94	12	2.39
JDS36	L	2	0.46	0.229	8.71	22	30	15	10	7	3	6	1	2	8	0	1	1	6	0	0	6	0	1	8.0	9.1	0.88	10	2.21
JDS36	L	3	0.49	0.244	8.61	20	30	15	11	7	4	6	0	4	9	0	1	1	6	0	0	6	0	1	9.5	10.2	0.93	11	2.32
JDS36	R	1	0.63	0.313	8.06	26	27	20	13	7	6	4	3	4	11	0	1	0	5	1	0	4	0	1	10.3	11.4	0.90	13	2.43
JDS36	R	2	0.67	0.337	7.86	30	32	22	14	7	7	4	3	5	12	0	1	0	5	1	0	4	0	1	11.4	12.5	0.91	14	2.53
JDS36	R	3	0.66	0.330	7.95	25	26	13	6	2	4	0	2	3	5	0	1	0	1	1	0	0	1	0	5.4	5.7	0.96	6	1.73
JDS37	L	1	0.44	0.219	8.57	25	26	12	7	2	5	1	2	3	6	0	0	2	0	0	0	1	0	1	6.1	6.5	0.94	7	1.87
JDS37	R	1	0.49	0.245	8.86	29	27	20	14	9	5	7	2	4	14	0	0	6	1	1	6	1	0	0	12.0	12.8	0.93	14	2.55
JDS38	L	1	0.57	0.284	8.70	21	24	22	16	10	6	8	1	5	14	0	1	4	5	0	3	5	0	1	13.2	14.3	0.93	16	2.66
JDS38	L	2	0.58	0.292	8.69	17	20	21	14	8	6	6	1	5	12	0	1	2	5	0	2	4	0	1	11.9	12.8	0.93	14	2.55
JDS38	L	3	0.58	0.289	8.92	19	23	20	14	9	5	7	0	5	12	0	1	2	6	0	1	6	0	1	12.2	12.9	0.95	14	2.56
JDS38	R	1	0.52	0.258	8.07	22	29	20	13	9	4	7	0	4	11	0	1	2	6	0	3	4	0	1	11.8	12.2	0.96	13	2.50
JDS38	R	2	0.52	0.259	8.78	19	27	21	14	10	4	8	0	4	12	0	1	2	7	0	4	4	0	1	11.5	12.5	0.92	14	2.52
JDS38	R	3	0.41	0.207	8.99	22	25	17	11	8	3	7	1	2	10	0	0	2	5	0	3	4	0	0	10.3	10.6	0.97	11	2.36
JDS39	L	1	0.31	0.153	9.33	20	24	21	14	12	2	10	1	2	12	0	0	4	6	1	2	8	0	0	11.8	12.7	0.93	14	2.54
JDS39	L	2	0.46	0.230	9.27	19	27	12	7	5	2	5	1	1	5	0	0	0	5	0	0	5	0	0	6.5	6.7	0.97	7	1.91
JDS39	L	3	0.45	0.227	8.91	29	26	18	14	11	3	10	2	1	13	0	0	4	6	0	5	5	0	0	12.3	13.0	0.94	14	2.57
JDS39	R	1	0.55	0.275	8.97	27	29	19	14	11	3	9	2	2	12	0	0	4	5	1	3	6	0	0	12.5	13.2	0.95	14	2.58
JDS39	R	2	0.11	0.055	9.03	26	25	17	12	10	2	9	0	2	10	0	0	4	5	0	3	6	0	0	8.0	9.8	0.82	12	2.28
JDS39	R	3	0.44	0.219	9.25	18	25	9	6	4	2	4	1	1	5	0	0	0	4	0	0	4	0	0	5.4	5.7	0.95	6	1.75
JDS40	L	1	0.43	0.216	8.46	22	27	20	16	15	1	11	0	3	14	0	1	4	8	2	5	6	0	1	12.5	13.9	0.90	16	2.63
JDS40	L	2	0.56	0.280	8.25	25	26	11	9	5	4	0	1	5	8	0	1	0	1	2	0	0	0	1	7.5	8.1	0.93	9	2.09
JDS40	L	3	0.17	0.085	8.49	24	23	17	15	8	7	2	4	6	14	0	1	1	2	3	2	0	0	1	12.3	13.5	0.91	15	2.60
JDS40	R	1	0.38	0.192	8.54	23	26	29	23	17	6	12	3	6	21	0	2	5	8	3	6	6	0	1	19.5	21.1	0.93	23	3.05
JDS40	R	2	0.42	0.210	8.58	24	26	24	20	18	2	13	1	4	18	0	2	5	9	3	7	6	0	1	15.9	17.5	0.91	20	2.86
JDS40	R	3	0.39	0.194	8.82	20	23	17	15	13	2	10	1	2	13	0	2	4	7	1	4	6	0	1	11.5	12.7	0.90	15	2.55
JDS41	L	1	0.50	0.250	7.81	18	20	11	6	4	2	1	0	4	5	0	1	1	1	2	0	1	0	1	5.1	5.5	0.92	6	1.71
JDS41	L	2	0.39	0.196	7.98	14	17	16	9	5	4	1	0	6	8	0	1	1	1	2	0	1	0	1	7.4	8.1	0.91	9	2.09

			HU RI	EQR HU_RI	Obs RMINI	MIR TRANS 1-9	BRIT MTR	Broj vrsta po snimku cela matrica	Broj vrsta po snimku	Broj vrsta u vodi	Broj vrsta na obali	Broj <i>Hydrophyta</i>	Broj <i>Amphiphyta</i>	Broj <i>Helophyta</i>	Broj <i>Spermatophyta</i>	Broj <i>Bryophyta</i>	Broj Macroalgae	Broj submerznih hidrofitna	Broj flotantnih hidrofitna	Broj emerznih hidrofitna	Broj ukorenjenih makrofitna	Broj neukorenjenih makrofitna	Broj pricvrscenih mahovina	Broj pricvrscenih alge	Broj flotantnih algi	N2 diversity of samples	N1 richness of samples	N2/N1 evenness of samples	Number of species in samples	Shannon' diversity (H) of samples
JDS41	L	3	0.43	0.215	7.65	14	15	14	7	3	4	1	0	4	6	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	5.8	6.3	0.91	7	1.84
JDS41	R	1	0.32	0.160	7.72	13	18	12	6	4	2	1	0	3	5	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	4.5	5.2	0.87	6	1.64
JDS41	R	2	0.36	0.182	7.89	14	16	14	7	4	3	1	0	4	6	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	5.5	6.2	0.88	7	1.82
JDS41	R	3	0.31	0.153	7.66	14	18	13	7	3	4	1	1	4	6	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	5.1	5.9	0.87	7	1.78
JDS42	L	1	0.43	0.213	8.58	21	25	27	20	17	3	10	0	7	17	0	2	3	8	4	4	6	0	2	0	16.7	17.9	0.93	20	2.89
JDS42	L	2	0.14	0.072	8.30	23	24	29	22	18	4	9	3	7	19	0	2	3	7	6	4	5	0	2	0	18.0	19.8	0.91	22	2.98
JDS42	L	3	0.48	0.240	8.03	27	30	21	16	12	4	8	0	6	14	0	1	2	7	2	4	4	0	1	0	12.9	14.2	0.91	16	2.66
JDS42	R	1	0.18	0.092	8.63	22	26	25	19	14	5	10	1	6	17	0	1	3	8	2	4	6	0	1	0	16.3	17.5	0.93	19	2.86
JDS42	R	2	0.38	0.191	8.52	22	24	19	14	11	3	8	1	3	12	0	1	3	6	1	3	5	0	1	0	10.6	12.1	0.87	14	2.49
JDS42	R	3	0.35	0.176	8.20	22	25	13	10	9	1	8	0	1	8	0	1	3	6	0	3	5	0	1	0	8.8	9.3	0.94	10	2.23
JDS43	L	1	0.42	0.209	8.69	23	27	27	20	18	2	14	1	3	18	0	2	6	9	2	8	6	0	1	0	17.4	18.4	0.94	20	2.91
JDS43	L	2	0.32	0.161	9.06	17	23	18	11	10	1	8	0	2	9	0	1	2	7	1	2	6	0	1	0	9.5	10.1	0.94	11	2.31
JDS43	L	3	0.35	0.176	8.79	22	27	20	15	14	1	10	0	3	13	0	1	3	8	2	4	6	0	1	0	12.6	13.5	0.93	15	2.60
JDS43	R	1	0.48	0.241	8.28	23	27	25	18	14	4	13	1	3	16	0	1	5	9	0	7	6	0	1	0	15.7	16.6	0.94	18	2.81
JDS43	R	2	0.53	0.266	8.23	24	27	32	24	19	5	12	2	7	20	0	3	4	9	4	6	6	0	2	1	19.8	21.5	0.92	24	3.07
JDS43	R	3	0.41	0.204	8.23	24	28	33	27	22	5	13	3	8	23	0	3	5	9	6	7	6	0	2	1	20.8	23.3	0.90	27	3.15
JDS44	L	1	0.33	0.166	8.18	22	25	12	11	11	0	10	0	0	9	0	1	3	8	0	4	6	0	1	0	9.8	10.3	0.95	11	2.34
JDS44	L	2	0.41	0.204	8.25	24	27	15	14	12	2	10	1	2	12	0	1	3	8	1	4	6	0	1	0	12.3	13.1	0.94	14	2.57
JDS44	L	3	0.38	0.189	8.29	22	25	15	14	12	2	10	1	2	12	0	1	3	8	1	4	6	0	1	0	10.8	12.1	0.89	14	2.49
JDS44	R	1	0.41	0.203	8.35	26	27	18	13	11	2	10	1	1	11	0	1	4	7	0	4	6	0	1	0	10.0	11.2	0.89	13	2.42
JDS44	R	2	0.40	0.202	8.25	26	27	18	15	13	2	12	1	1	13	0	1	4	9	0	6	6	0	1	0	11.5	13.1	0.88	15	2.57
JDS44	R	3	0.33	0.166	8.18	22	26	14	13	11	2	10	1	1	11	0	1	3	8	0	4	6	0	1	0	8.3	10.2	0.82	13	2.32
JDS45	L	1	0.41	0.204	8.49	22	19	13	13	12	1	10	0	1	10	0	2	4	7	0	5	5	0	1	1	10.3	11.5	0.90	13	2.44
JDS45	L	2	0.37	0.187	8.57	23	19	12	12	11	1	9	0	1	9	0	2	4	6	0	4	5	0	1	1	9.0	10.2	0.88	12	2.32
JDS45	L	3	0.36	0.179	8.34	24	23	15	14	13	1	9	0	2	11	0	2	4	6	1	5	4	0	1	1	10.2	11.7	0.87	14	2.46
JDS45	R	1	0.65	0.325	7.69	29	29	13	13	13	0	11	0	0	10	0	2	5	7	0	6	5	0	1	1	9.3	10.8	0.87	13	2.38
JDS45	R	2	0.51	0.254	8.01	26	26	14	14	13	1	11	0	1	11	0	2	4	8	0	6	5	0	1	1	12.0	12.9	0.93	14	2.56
JDS45	R	3	0.63	0.313	7.83	29	28	12	12	11	1	9	0	1	9	0	2	4	6	0	5	4	0	1	1	9.0	10.2	0.88	12	2.32
JDS46	L	1	0.60	0.299	8.15	24	26	6	6	6	0	4	0	1	5	0	1	3	2	1	3	1	0	1	0	5.1	5.4	0.93	6	1.69
JDS46	L	2	0.64	0.320	8.10	26	28	16	14	12	2	5	2	5	13	0	1	3	3	5	4	1	0	1	0	9.9	11.6	0.85	14	2.45
JDS46	L	3	0.61	0.305	8.16	26	29	15	14	12	2	5	3	4	13	0	1	3	3	5	4	1	0	1	0	10.5	11.9	0.88	14	2.48
JDS46	R	1	0.13	0.064	8.43	24	28	34	28	22	6	14	5	7	25	0	2	6	9	6	7	7	0	1	0	22.9	25.0	0.91	28	3.22
JDS46	R	2	0.44	0.219	8.32	24	25	18	15	13	2	10	0	4	13	0	2	4	7	2	4	6	0	1	0	12.8	13.8	0.93	15	2.62
JDS46	R	3	0.46	0.228	8.31	24	25	15	14	13	1	10	0	3	12	0	2	4	7	2	4	6	0	1	0	12.3	13.1	0.94	14	2.58
JDS47	L	1	0.40	0.202	8.24	24	20	14	12	11	1	7	0	1	8	0	4	7	1	0	7	0	0	2	1	9.1	10.3	0.88	12	2.33
JDS47	L	2	0.32	0.160	8.24	23	18	12	9	8	1	5	0	1	7	0	3	5	1	0	5	0	0	1	1	7.0	7.8	0.89	9	2.06
JDS47	L	3	0.39	0.194	8.31	25	21	14	10	9	1	7	0	1	9	0	2	7	1	0	6	1	0	1	0	7.8	8.8	0.89	10	2.17
JDS47	R	1	0.50	0.252	8.14	29	25	22	16	10	6	7	1	5	14	0	3	6	2	0	6	1	0	1	1	13.6	14.7	0.93	16	2.69
JDS47	R	2	0.48	0.242	8.17	29	26	23	17	12	5	9	1	4	15	0	3	6	4	0	5	4	0	1	1	13.4	14.9	0.90	17	2.70
JDS47	R	3	0.44	0.222	7.97	26	21	16	11	8	3	5	0	3	9	0	3	5	1	0	4	1	0	1	1	9.2	10.0	0.92	11	2.30
JDS48	L	1	0.41	0.206	7.49	33	36	17	13	7	6	3	4	5	12	1	0	3	0	3	1	2	0	0	0	11.6	12.2	0.95	13	2.50
JDS49	L	1	0.58	0.289	7.96	28	25	20	14	9	5	8	2	3	12	0	2	6	3	0	6	2	0	1	0	11.2	12.4	0.91	14	2.52
JDS49	L	2	0.61	0.306	8.02	26	24	19	13	9	4	8	1	3	11	0	2	6	3	0	6	2	0	1	0	10.1	11.4	0.89	13	2.43

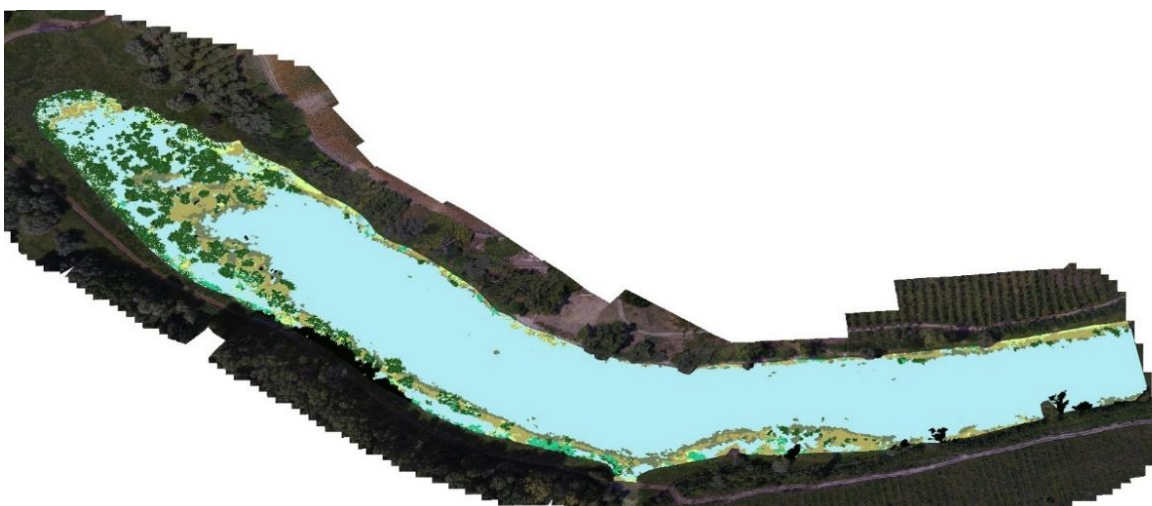
		HU RI	EQR HU_RI	Obs RMINI	MIR TRANS 1-9	BRIT MTR	Broj vrsta po snimku cela matrica	Broj vrsta po snimku	Broj vrsta u vodi	Broj vrsta na obali	Broj <i>Hydrophyta</i>	Broj <i>Amphiphyta</i>	Broj <i>Helophyta</i>	Broj <i>Spermatophyta</i>	Broj <i>Bryophyta</i>	Broj Macroalgae	Broj submerznih hidrofiti	Broj flotantnih hidrofiti	Broj emerznih hidrofiti	Broj ukorenjenih makrofiti	Broj neukorenjenih makrofiti	Broj pricvrscenih mahovina	Broj pricvrscenih alge	Broj flotantnih algi	N2 diversity of samples	N1 richness of samples	N2/N1 evenness of samples	Number of species in samples	Shannon' diversity (H) of samples	
JDS49	L	3	0.59	0.294	7.92	22	19	12	7	5	2	4	0	2	5	0	1	3	2	0	2	2	0	1	0	5.5	6.1	0.89	7	1.81
JDS49	R	1	0.52	0.258	8.39	31	29	22	16	14	2	11	2	1	14	0	2	7	5	1	8	3	0	1	0	11.5	13.3	0.87	16	2.59
JDS49	R	2	0.54	0.269	8.28	32	30	20	14	11	3	7	3	2	12	0	2	6	2	2	5	2	0	1	0	10.3	11.8	0.88	14	2.47
JDS49	R	3	0.57	0.287	8.25	31	30	20	14	11	3	7	3	2	12	0	2	6	2	2	5	2	0	1	0	10.2	11.7	0.87	14	2.46
JDS50	L	1	0.58	0.290	8.96	33	33	14	8	4	4	2	0	5	8	0	0	2	0	1	1	1	0	0	0	6.8	7.3	0.92	8	1.99
JDS50	L	2	0.69	0.344	8.26	30	30	8	3	1	2	1	0	2	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2.6	2.7	0.94	3	1.01
JDS50	L	3	0.60	0.302	9.59	31	10	9	4	1	3	1	0	3	4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3.9	3.9	0.99	4	1.37
JDS50	R	1	0.41	0.205	8.59	38	32	12	8	5	3	4	0	3	8	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	7.2	7.5	0.96	8	2.02
JDS50	R	2	0.51	0.257	8.14	38	37	15	10	6	4	5	0	4	10	0	0	4	1	0	5	0	0	0	0	8.3	9.1	0.92	10	2.21
JDS50	R	3	0.52	0.258	8.27	40	39	14	10	6	4	5	0	4	10	0	0	4	1	0	5	0	0	0	0	8.0	8.9	0.90	10	2.18
JDS51	L	1	0.50	0.250	8.26	30	30	6	2	1	1	1	0	1	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1.5	1.6	0.89	2	0.50
JDS51	R	1	0.46	0.231	8.68	26	27	10	4	2	2	2	0	2	4	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	3.3	3.6	0.93	4	1.28
JDS52	L	1	0.61	0.306	7.93	29	27	22	16	11	5	8	1	6	15	0	2	8	1	2	6	2	0	1	0	13.6	14.6	0.93	16	2.68
JDS52	L	2	0.51	0.256	8.24	28	24	20	14	10	4	9	0	4	13	0	2	9	1	0	6	3	0	1	0	12.5	13.2	0.95	14	2.58
JDS52	L	3	0.45	0.227	8.35	27	23	19	14	10	4	9	0	4	13	0	2	9	1	0	6	3	0	1	0	12.6	13.2	0.95	14	2.58
JDS52	R	1	0.41	0.205	8.49	37	33	13	8	7	1	6	0	1	8	0	1	6	0	0	5	1	0	0	0	7.1	7.5	0.95	8	2.01
JDS52	R	2	0.43	0.213	8.46	37	35	15	10	8	2	7	0	2	10	0	1	6	1	0	6	1	0	0	0	9.3	9.6	0.97	10	2.26
JDS52	R	3	0.42	0.209	8.96	33	29	14	10	7	3	6	1	2	10	0	1	6	0	0	5	1	0	0	0	9.3	9.6	0.97	10	2.27
JDS53	L	1	0.50	0.250	NA	40	NA	3	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS53	L	2	0.50	0.250	NA	40	NA	5	2	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	2.0	0.98	2	0.67
JDS53	L	3	0.52	0.260	8.12	36	31	10	7	5	2	4	0	2	7	0	0	4	0	0	2	2	0	0	0	5.5	6.1	0.89	7	1.81
JDS53	R	1	0.41	0.207	8.33	38	34	14	10	8	2	7	0	2	10	0	1	5	2	0	7	0	0	0	0	9.3	9.6	0.97	10	2.26
JDS53	R	2	0.56	0.279	8.53	40	38	12	8	5	3	4	1	2	8	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	6.7	7.3	0.92	8	1.98
JDS53	R	3	0.48	0.240	8.61	36	32	12	9	6	3	5	1	2	9	0	0	4	1	0	5	0	0	0	0	8.0	8.5	0.94	9	2.14
JDS54	L	1	0.42	0.210	9.31	32	35	8	3	2	1	1	0	1	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3.0	3.0	1.00	3	1.10
JDS54	R	1	0.51	0.257	NA	NA	NA	5	2	1	1	1	0	1	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1.8	1.9	0.95	2	0.64
JDS55	L	1	0.74	0.370	8.55	37	27	7	5	3	2	0	0	2	2	0	3	0	1	0	0	0	0	0	3	3.9	4.3	0.89	5	1.46
JDS55	L	2	0.93	0.466	8.55	20	27	6	4	3	1	0	0	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	3	3.0	3.5	0.87	4	1.24
JDS55	L	3	0.64	0.320	8.60	40	30	10	7	4	3	0	0	3	4	0	3	0	1	0	0	0	0	0	3	5.5	6.2	0.90	7	1.82
JDS55	R	1	0.52	0.259	8.40	39	33	16	9	4	5	3	0	5	9	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	6.1	7.5	0.82	9	2.01
JDS55	R	2	0.53	0.263	8.11	41	38	15	8	3	5	2	0	5	8	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	7.0	7.4	0.94	8	2.01
JDS55	R	3	0.50	0.250	NA	40	NA	8	2	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	1.8	0.91	2	0.56
JDS57	L	1	0.90	0.448	9.01	20	20	5	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS57	L	2	0.79	0.397	NA	NA	NA	6	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS57	L	3	0.66	0.328	NA	NA	NA	6	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS57	R	1	0.58	0.288	7.33	40	NA	16	6	0	6	0	1	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.3	5.6	0.94	6	1.72
JDS57	R	2	0.59	0.297	7.33	40	NA	12	5	0	5	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5	4.7	0.96	5	1.56
JDS57	R	3	0.60	0.300	8.68	43	43	13	6	2	4	1	0	4	6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5.3	5.6	0.94	6	1.72
JDS58	L	1	0.00	0.000	9.73	20	20	5	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS58	R	1	0.63	0.313	8.99	38	40	10	5	3	2	1	1	2	5	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	4.0	4.5	0.90	5	1.49
JDS59	L	1	0.59	0.297	7.63	23	13	8	4	2	2	1	0	2	3	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	3.5	3.6	0.95	4	1.29
JDS59	L	2	0.63	0.314	7.63	13	13	13	5	2	3	1	1	2	4	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	3.9	4.3	0.89	5	1.46
JDS59	L	3	0.63	0.314	7.50	10	10	12	5	1	4	0	1	3	4	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	3.9	4.3	0.89	5	1.46

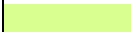
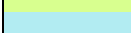





		HU RI	EQR HU_RI	Obs RMINI	MIR TRANS 1-9	BRIT MTR	Broj vrsta po snimku cela matrica	Broj vrsta po snimku	Broj vrsta u vodi	Broj vrsta na obali	Broj <i>Hydrophyta</i>	Broj <i>Amphiphyta</i>	Broj <i>Helophyta</i>	Broj <i>Spermatophyta</i>	Broj <i>Bryophyta</i>	Broj Macroalgae	Broj submerznih hidrofitna	Broj flotantnih hidrofitna	Broj emerznih hidrofitna	Broj ukorenjenih makrofitna	Broj neukorenjenih makrofitna	Broj pricvrscenih mahovina	Broj pricvrscenih alge	Broj flotantnih algi	N2 diversity of samples	N1 richness of samples	N2/N1 evenness of samples	Number of species in samples	Shannon' diversity (H) of samples	
JDS59	R	1	0.57	0.284	7.56	41	40	21	12	7	5	4	1	5	11	0	1	4	1	1	3	1	0	1	0	9.3	10.5	0.89	12	2.35
JDS59	R	2	0.46	0.228	7.50	20	10	9	3	1	2	0	0	2	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3.0	3.0	1.00	3	1.10	
JDS59	R	3	0.45	0.225	7.50	10	10	10	2	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	2.0	2.0	1.00	2	0.69	
JDS60	L	1	0.65	0.323	NA	40	NA	12	3	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.3	2.6	0.88	3	0.95	
JDS60	L	2	0.71	0.353	9.73	25	20	10	3	1	2	1	0	2	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2.7	2.8	0.94	3	1.04	
JDS60	L	3	0.68	0.340	NA	40	NA	11	2	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8	1.9	0.95	2	0.64	
JDS60	R	1	0.55	0.275	8.93	37	37	12	6	4	2	3	0	2	5	0	0	2	1	0	1	2	0	0	4.8	5.3	0.89	6	1.68	
JDS60	R	2	0.52	0.261	7.04	33	20	11	5	2	3	1	0	3	4	0	1	1	0	0	0	1	0	1	4.2	4.5	0.93	5	1.50	
JDS60	R	3	0.49	0.243	7.78	43	45	8	5	3	2	1	0	2	4	0	1	1	0	0	0	1	0	1	4.5	4.7	0.95	5	1.55	
JDS61	L	1	0.55	0.274	8.01	36	31	21	13	8	5	4	1	4	9	1	3	4	1	0	0	2	2	1	10.9	11.8	0.93	13	2.47	
JDS61	L	2	0.61	0.303	7.97	34	29	22	15	9	6	5	2	4	11	1	3	5	1	0	3	2	0	2	10.6	12.4	0.85	15	2.52	
JDS61	L	3	0.35	0.177	8.35	33	26	7	6	5	1	2	0	1	3	0	3	2	1	0	2	0	0	2	4.8	5.3	0.91	6	1.67	
JDS61	R	1	0.65	0.323	8.02	40	30	11	5	1	4	1	1	3	5	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4.0	4.4	0.92	5	1.47	
JDS61	R	2	0.66	0.330	NA	40	NA	9	3	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.9	3.0	0.99	3	1.08	
JDS61	R	3	0.69	0.346	7.58	40	40	11	4	1	3	0	0	4	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3.6	3.7	0.95	4	1.32	
JDS62	L	1	0.66	0.328	NA	40	NA	10	3	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6	2.7	0.94	3	1.01	
JDS62	L	2	0.66	0.328	NA	40	NA	10	3	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6	2.7	0.94	3	1.01	
JDS62	L	3	0.81	0.404	7.50	10	10	12	5	1	4	0	1	3	4	0	1	0	1	0	0	0	0	1	4.3	4.6	0.93	5	1.52	
JDS62	R	1	0.54	0.268	7.99	34	32	17	11	7	4	5	1	3	10	0	1	3	3	0	3	2	0	1	9.0	9.7	0.93	11	2.27	
JDS62	R	2	0.57	0.283	8.27	28	25	15	10	6	4	4	1	3	9	0	1	3	2	0	3	1	0	1	7.7	8.5	0.90	10	2.14	
JDS62	R	3	0.46	0.232	8.48	31	28	10	8	5	3	3	0	3	7	0	1	2	2	0	3	0	0	1	6.2	6.8	0.91	8	1.92	
JDS63	L	1	0.57	0.286	8.80	23	30	9	5	1	4	1	0	4	5	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4.8	4.9	0.98	5	1.59	
JDS63	L	2	0.47	0.237	8.61	20	30	9	3	2	1	1	0	2	3	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2.3	2.6	0.88	3	0.95	
JDS63	L	3	0.50	0.250	8.62	20	32	7	3	2	1	1	0	2	3	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2.3	2.6	0.88	3	0.95	
JDS63	R	1	0.46	0.229	8.80	20	30	7	2	1	1	1	0	1	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1.8	1.9	0.95	2	0.64	
JDS63	R	2	0.47	0.233	8.16	20	33	10	5	2	3	1	0	4	5	0	0	0	1	1	0	1	0	0	4.5	4.8	0.94	5	1.56	
JDS63	R	3	0.47	0.235	8.43	20	33	9	3	2	1	1	0	2	3	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2.8	2.9	0.97	3	1.05	
JDS64	L	1	0.62	0.311	NA	40	NA	9	3	0	3	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6	2.7	0.94	3	1.00	
JDS64	L	2	0.58	0.292	NA	40	NA	9	4	1	3	1	1	2	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3.3	3.6	0.91	4	1.28	
JDS64	L	3	0.57	0.284	NA	40	NA	8	3	1	2	1	0	2	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2.0	2.4	0.84	3	0.87	
JDS64	R	1	0.49	0.243	7.78	31	25	10	6	3	3	3	0	3	5	0	0	0	3	0	0	3	0	0	4.8	5.3	0.91	6	1.67	
JDS64	R	2	0.49	0.244	7.52	40	43	11	5	1	4	0	0	5	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4.2	4.6	0.92	5	1.52	
JDS64	R	3	0.57	0.285	7.52	40	40	12	5	1	4	0	1	4	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4.2	4.6	0.92	5	1.52	
JDS65	L	1	0.58	0.292	NA	40	NA	6	2	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8	1.9	0.95	2	0.64	
JDS65	L	2	0.50	0.250	7.70	NA	40	2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00	
JDS65	L	3	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	1.00	0	0.00	
JDS65	R	1	0.08	0.041	9.54	27	15	12	8	4	4	3	1	3	7	0	0	2	1	0	1	2	0	0	5.2	6.3	0.83	8	1.84	
JDS65	R	2	0.38	0.190	9.50	29	15	10	6	2	4	1	1	3	6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4.4	5.0	0.88	6	1.62	
JDS65	R	3	0.51	0.255	8.85	37	23	11	7	2	5	1	1	4	7	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4.9	5.9	0.84	7	1.77	
JDS66	L	1	0.52	0.258	7.95	35	33	16	14	11	3	6	2	5	13	0	0	3	3	4	4	2	0	0	10.2	11.8	0.87	14	2.47	
JDS66	L	2	0.47	0.237	8.14	24	30	8	7	6	1	3	0	4	7	0	0	3	0	3	2	1	0	0	5.4	6.2	0.87	7	1.83	
JDS66	L	3	0.58	0.292	8.11	30	32	19	13	9	4	5	3	5	12	0	0	4	1	4	3	2	0	0	11.3	12.1	0.93	13	2.49	
JDS66	R	1	0.52	0.259	8.11	32	33	24	18	12	6	7	3	7	17	0	0	4	4	4	5	2	0	0	14.1	15.7	0.90	18	2.76	

		HU RI	EQR HU_RI	Obs RMNI	MIR TRANS 1-9	BRIT MTR	Broj vrsta po snimku cela matrica	Broj vrsta po snimku	Broj vrsta u vodi	Broj vrsta na obali	Broj <i>Hydrophyta</i>	Broj <i>Amphiphyta</i>	Broj <i>Helophyta</i>	Broj <i>Spermatophyta</i>	Broj <i>Bryophyta</i>	Broj Macroalgae	Broj submerznih hidrofiti	Broj flotantnih hidrofiti	Broj emerznih hidrofiti	Broj ukorenjenih makrofiti	Broj neukorenjenih makrofiti	Broj pricvrscenih mahovina	Broj pricvrscenih alge	Broj flotantnih algi	N2 diversity of samples	N1 richness of samples	N2/N1 evenness of samples	Number of species in samples	Shannon' diversity (H) of samples	
JDS66	R	2	0.53	0.264	8.01	35	35	17	16	13	3	8	2	5	14	0	0	4	5	4	6	2	0	0	0	11.5	13.6	0.85	16	2.61
JDS66	R	3	0.49	0.244	8.14	30	33	10	9	8	1	3	1	4	9	0	0	3	0	4	2	1	0	0	0	6.8	7.9	0.87	9	2.06
JDS67	L	1	0.72	0.362	7.50	10	10	7	3	2	1	1	0	1	1	0	1	0	2	0	0	1	0	1	0	2.6	2.7	0.94	3	1.01
JDS67	L	2	0.57	0.284	7.50	10	10	5	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00	
JDS67	L	3	0.61	0.303	8.10	10	10	7	3	2	1	1	0	1	2	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	2.9	2.9	0.98	3	1.08
JDS67	R	1	0.54	0.270	7.17	10	10	8	3	1	2	0	0	2	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	2.5	2.6	0.93	3	0.97	
JDS67	R	2	0.40	0.202	7.96	10	10	3	2	2	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1.8	1.9	0.95	2	0.64
JDS67	R	3	0.50	0.250	7.50	10	10	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1.0	1.0	1.00	1	0.00
JDS68	L	1	0.64	0.320	7.85	29	28	18	10	6	4	2	1	4	7	1	2	1	3	1	2	0	0	2	0	8.6	9.2	0.94	10	2.22
JDS68	L	2	0.51	0.257	8.58	20	14	15	9	3	6	1	1	5	8	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	8.0	8.4	0.95	9	2.13
JDS68	L	3	0.46	0.230	8.98	19	15	12	7	3	4	1	0	4	6	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	5.8	6.3	0.91	7	1.85
JDS68	R	1	0.63	0.316	5.66	NA	NA	9	4	1	3	0	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	1	0	3.6	3.8	0.95	4	1.33	
JDS68	R	2	0.55	0.274	8.05	37	33	12	6	4	2	2	0	3	6	0	0	1	1	1	2	0	0	0	5.5	5.7	0.96	6	1.74	
JDS68	R	3	0.61	0.305	8.24	23	17	9	4	3	1	1	0	2	4	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3.2	3.5	0.91	4	1.26	

Prilog 3. Lista lokaliteta u plavnoj zoni Dunava obrađenih upotrebom UAV pristupa u istraživanju makrofita. Za svaki lokalitet prikazani su ortomozaik i finalna digitalna ortmapa makrofita, kao i legenda sa procentualnim udelom i apsolutnim područjem koje okupira svaka od izdvojenih grupa

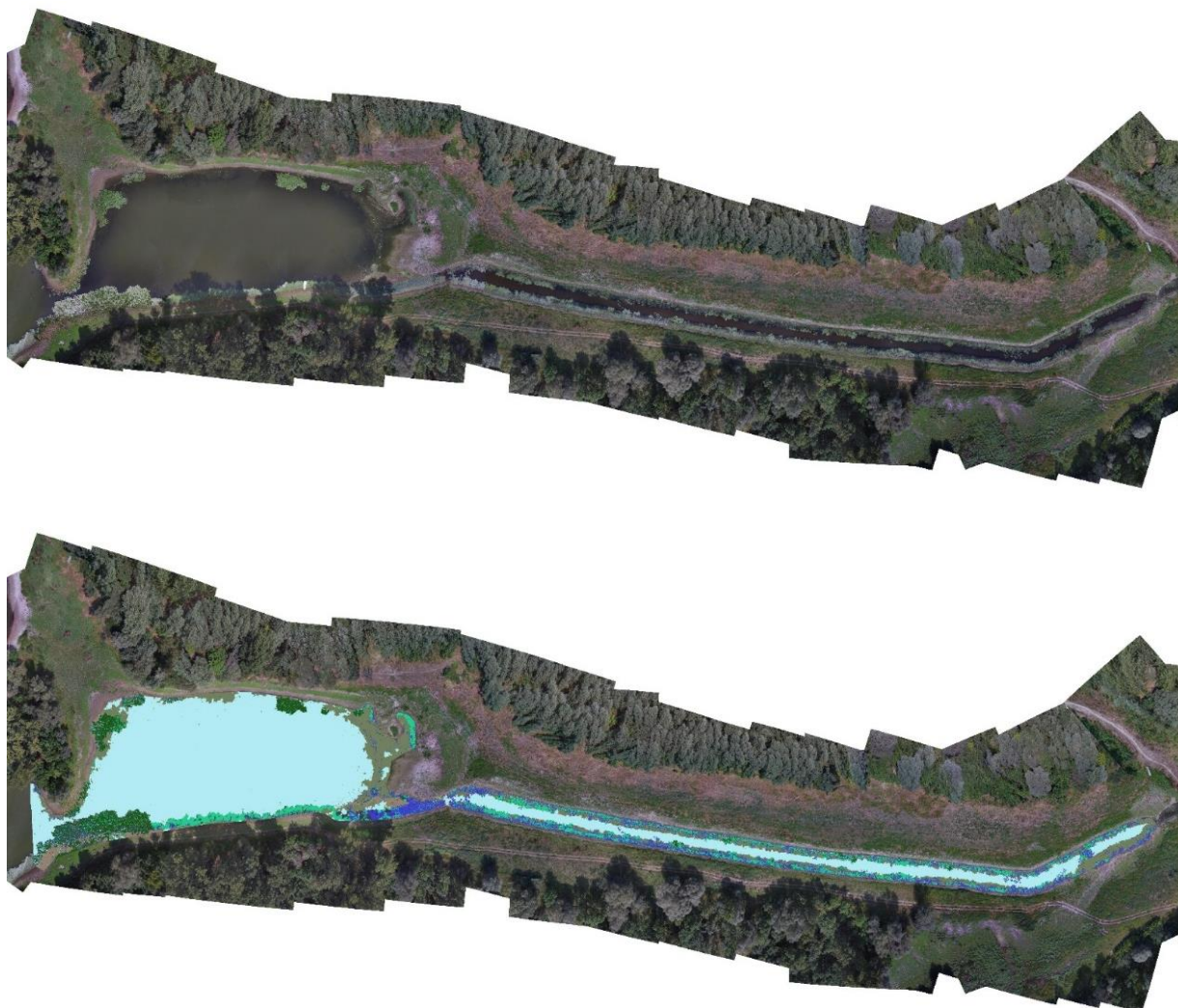
Slika 7.1. Arkanj 2017









	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Spi pol	2.60	1698.2
	Voda	71.30	46496.5
	Nym pel	1.54	1006.4
	Senka	1.84	1197.4
	Sub veg	5.89	3838.2
	Nuph/Nym	9.67	6305.4
	Cer/Spi	7.16	4669.7

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
96.63	0.93

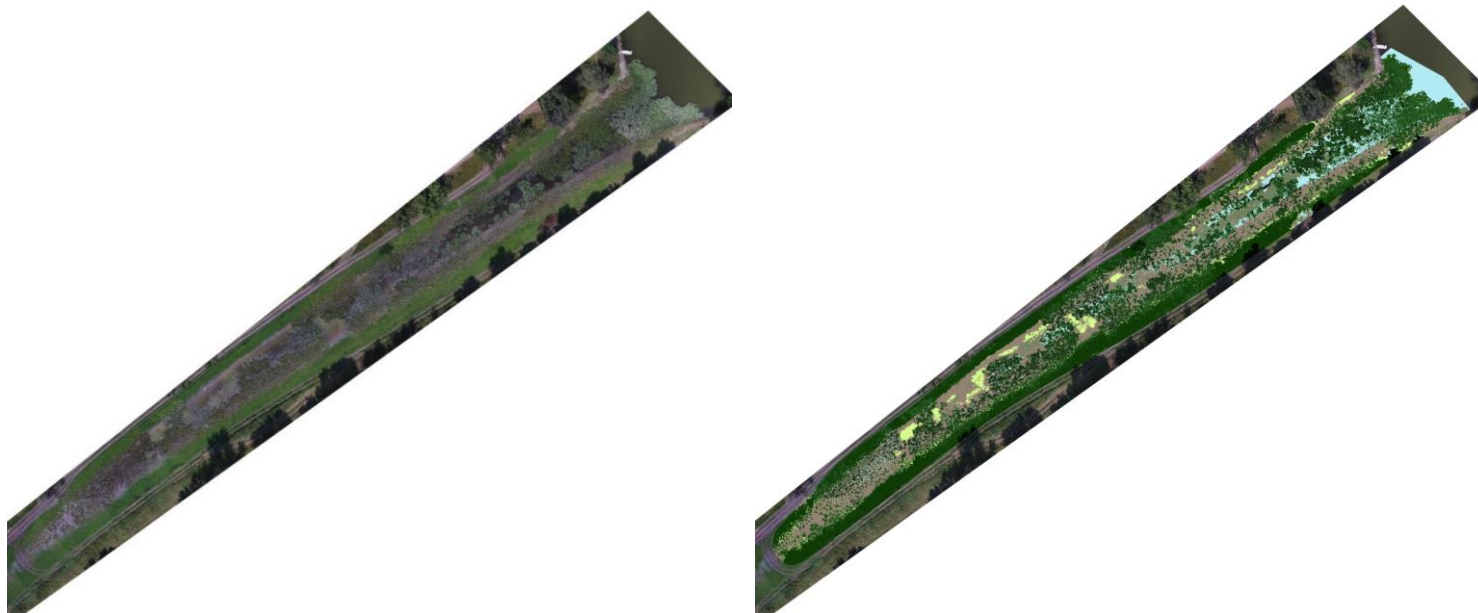
Slika 7.2. Šlajz 1 2017

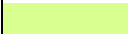

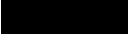






	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	7.855961313	1187.38
	Voda	60.70177099	9174.70
	Nym pel	8.39175362	1268.36
	Sub veg	14.81710049	2239.51
	Nuph/Nym	6.187482055	935.20
	Mulj	2.045931535	309.23

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
77.74	0.61

Slika 7.3. Šlajz 2 2017

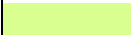
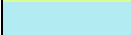

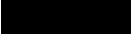






	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Spi pol	3.96	282.7
	Voda	7.71	551.0
	Senka	8.67	619.1
	Sub veg	5.66	404.6
	Nuph/Nym	32.50	2321.9
	Mulj	19.84	1417.3
	Ter veg	21.66	1547.7

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
78.22	0.73

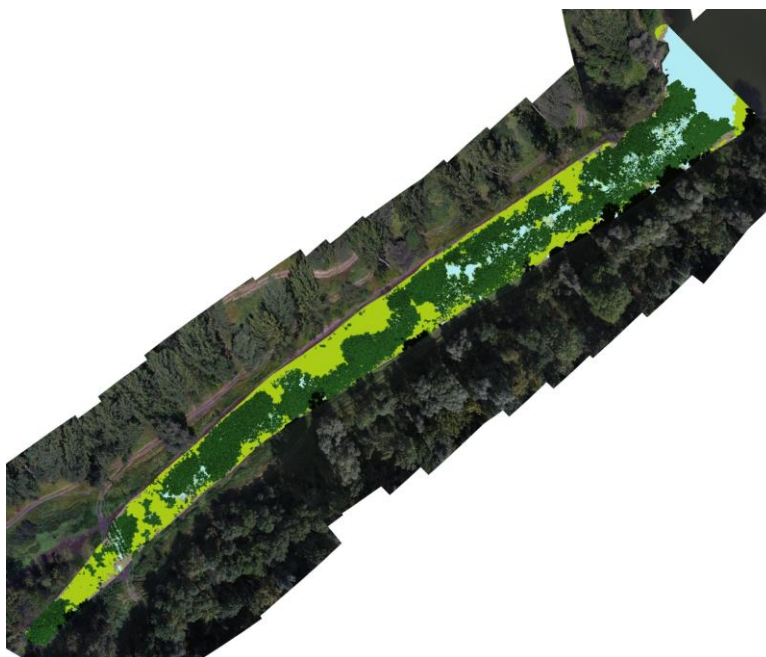
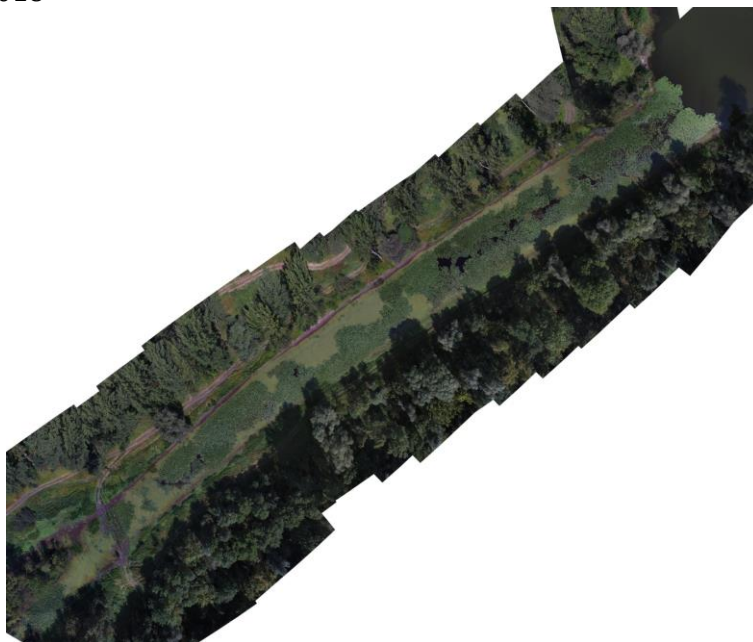
Slika 7.4. Arkanj 2018









	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Spi pol	3.80	1960.8
	Voda	49.49	25519.1
	Nym pel	3.62	1868.5
	Senka	0.23	117.6
	Sub veg	6.12	3155.4
	Nuph/Nym	14.74	7602.4
	Mulj	2.82	1454.0
	Cer/Spi	19.17	9885.6

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
65.06	0.56

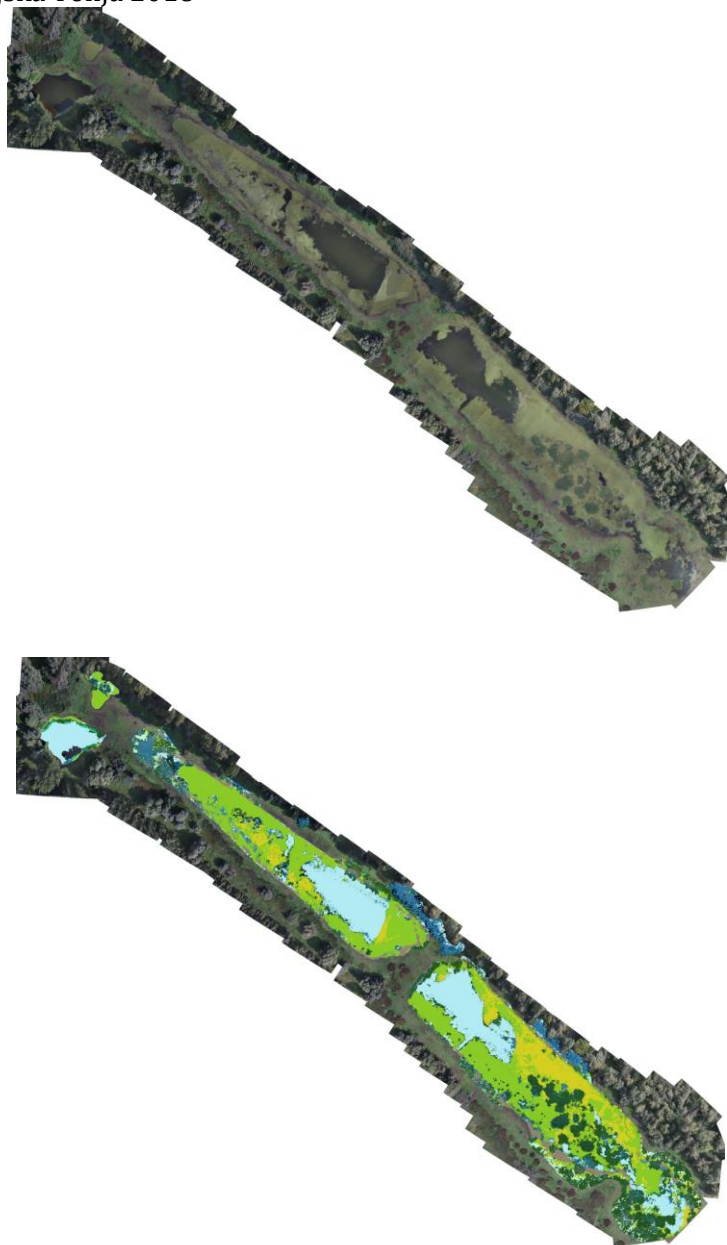
Slika 7.5. Šlajz 2 2018












	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Voda	11.42	1041.77
	Senka	13.17	1200.85
	Sub veg	0.59	54.21
	Nuph/Nym	49.60	4522.89
	Mulj	2.53	230.94
	Sal/Spi	22.68	2068.64

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
93.75	0.91

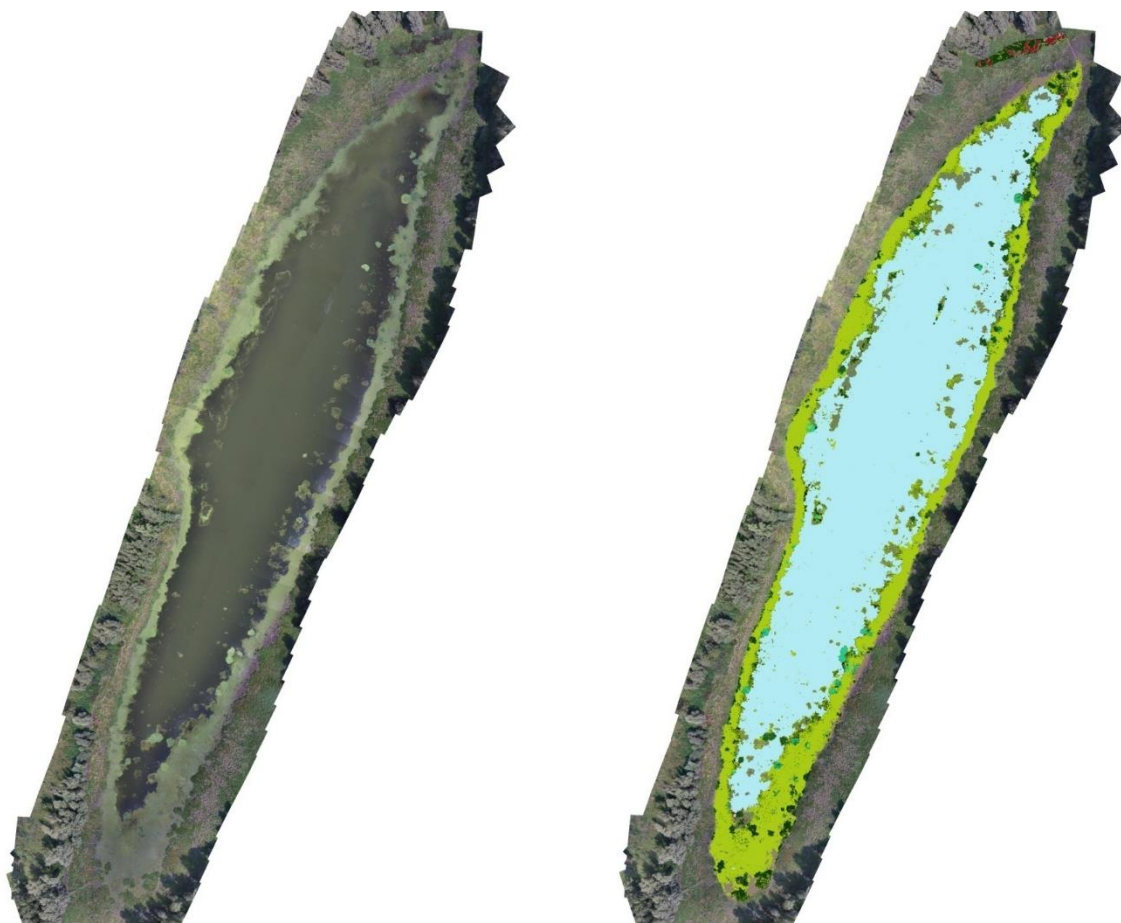
Slika 7.6. Patrijaršijska Tonja 2018












	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	32.08	21742.10
	Fil alg	10.15	6881.26
	Voda	20.22	13701.81
	Nym pel	0.45	304.04
	Senka	1.75	1183.44
	Nuph/Nym	17.54	11887.82
	Phr com	10.01	6784.62
	Mulj	5.72	3878.78
	Alg / Mulj	2.07	1404.14

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
72.82	0.66

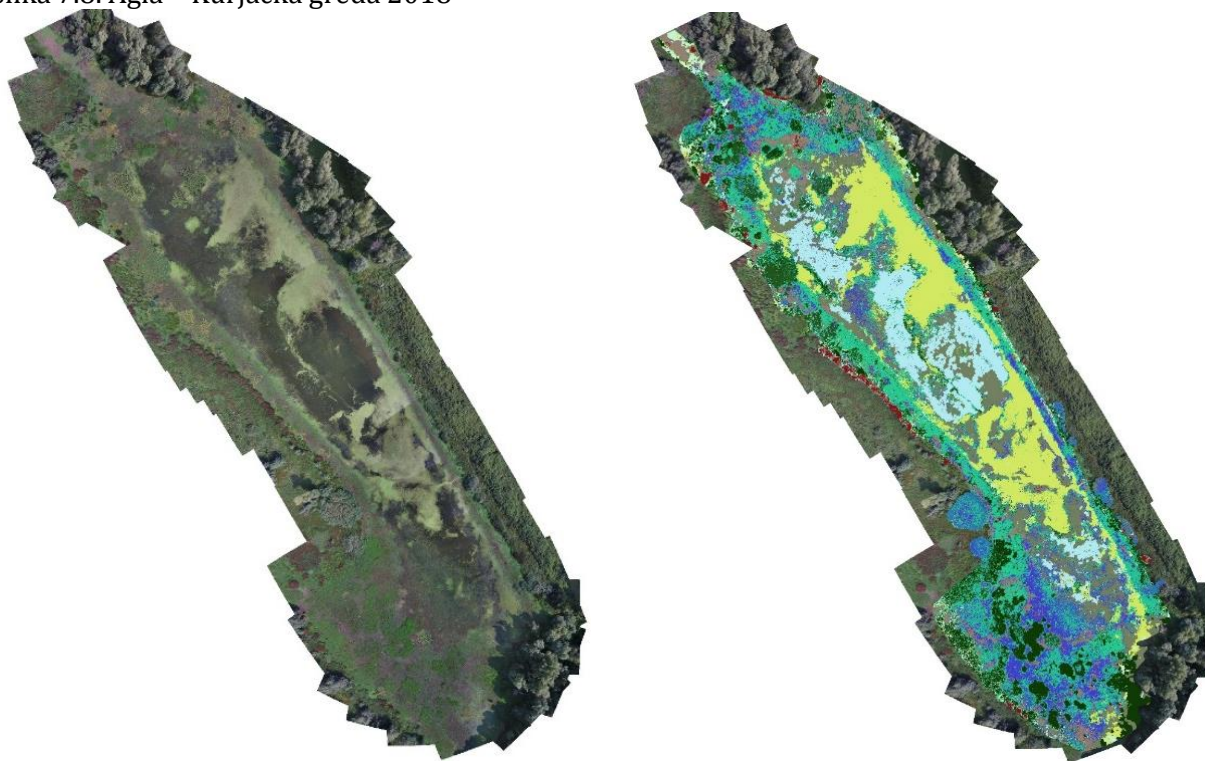
Slika 7.7. Velika Tonja 2018











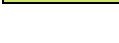


	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Voda	63.08	45938.67
	Nym pel	0.82	600.53
	Senka	0.43	313.64
	Sub veg	3.76	2740.62
	Nuph/Nym	1.48	1075.53
	Mulj	2.01	1463.28
	Sch lac	0.35	258.39
	Ter veg	4.01	2917.90
	Sal/Spi	24.05	17514.98

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
90.35	0.81

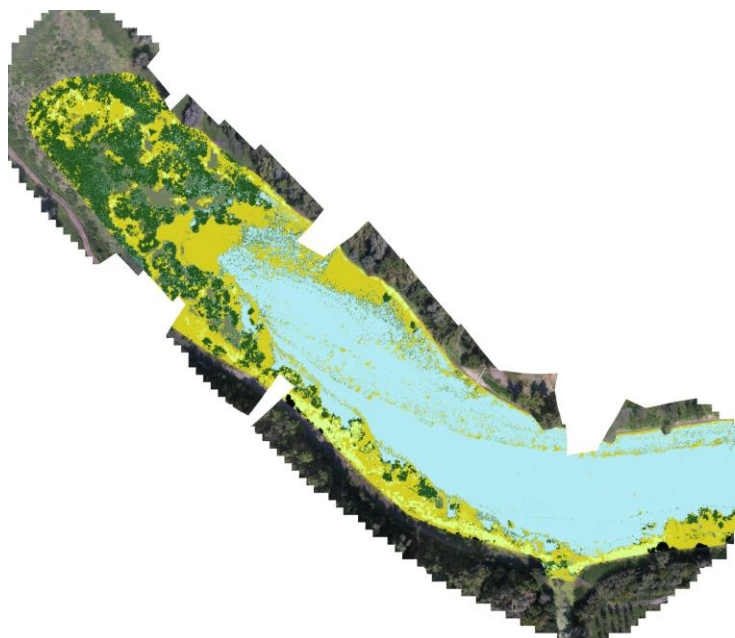
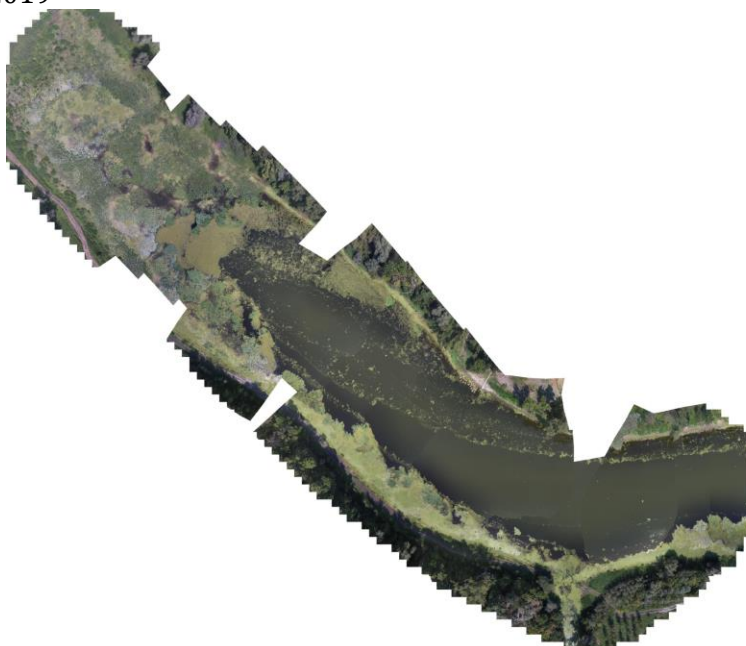
Slika 7.8. Agla – Kurjačka greda 2018

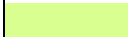







	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	10.12725928	6508.82
	Voda	9.376319199	6026.19
	Nym pel	21.60102919	13883.04
	Sub veg	14.7465366	9477.64
	Nuph/Nym	4.489222983	2885.24
	Phr com	4.848808367	3116.34
	Mulj	5.569525102	3579.55
	Sch lac	1.174107489	754.60
	Ter veg	8.836249359	5679.08
	Alg / Mulj	2.890297093	1857.60
	Sal/Spi/Fil	16.34064535	10502.18

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
59.34	0.54

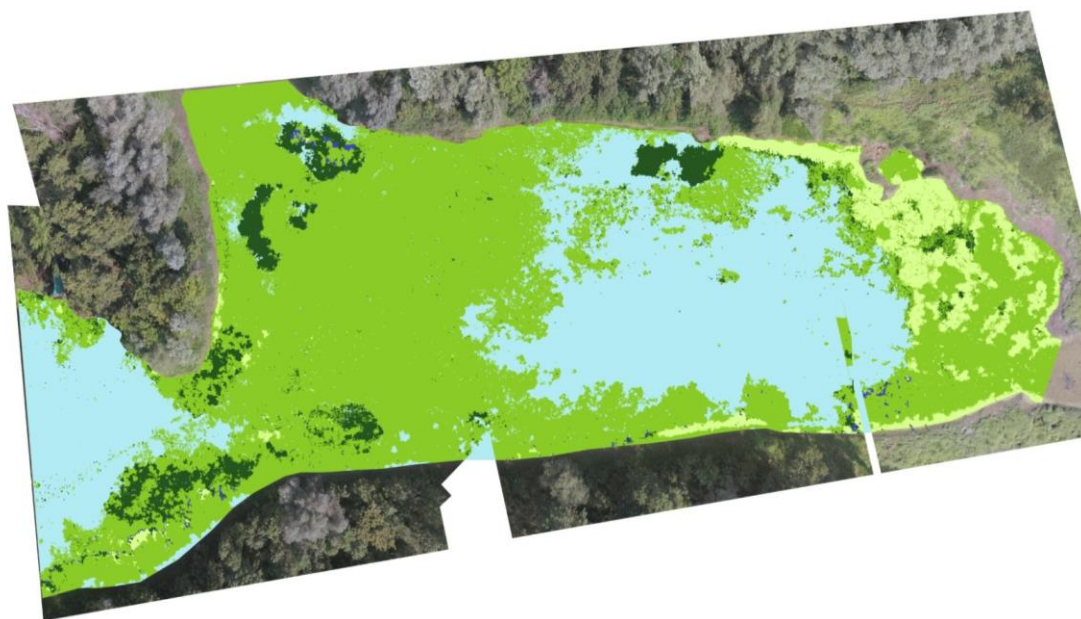
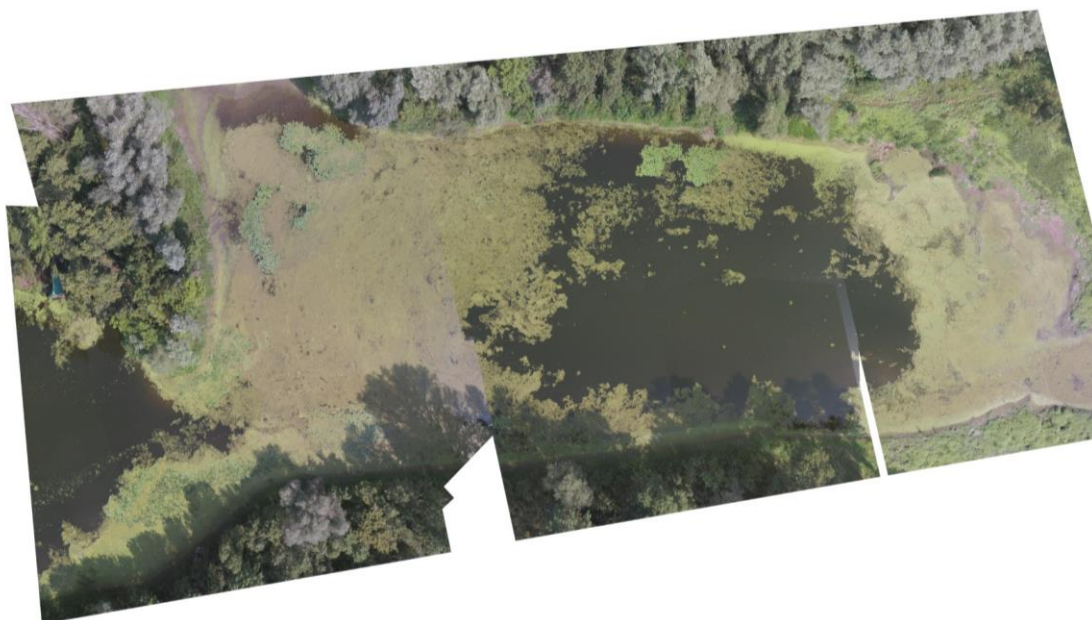
Slika 7.9. Arkanj 2019




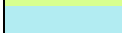



	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Spi pol	3.842736281	1994.4614
	Fil alg	24.41435844	12671.5684
	Voda	49.92823996	25913.8125
	Senka	0.307921614	159.81783
	Sub veg	3.770963733	1957.20993
	Nuph/Nym	17.73577997	9205.24489

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
65.06	0.56

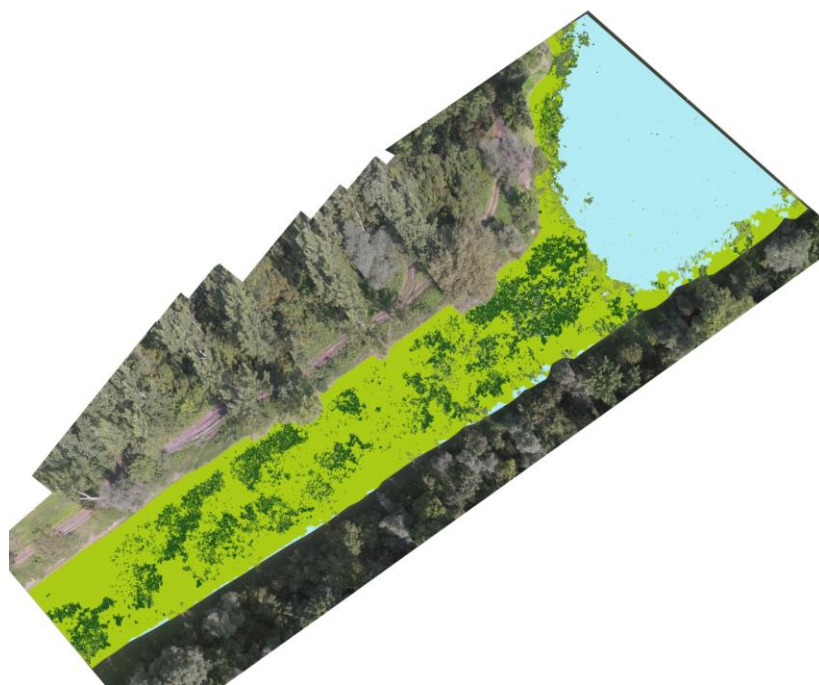
Slika 7.10. Šlajz 1 2019







	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	0.32	52.4
	Sal nat	54.79	8967.3
	Spi pol	6.12	1001.5
	Voda	33.52	5486.0
	Nuph/Nym	5.25	859.9

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
85.83	0.76

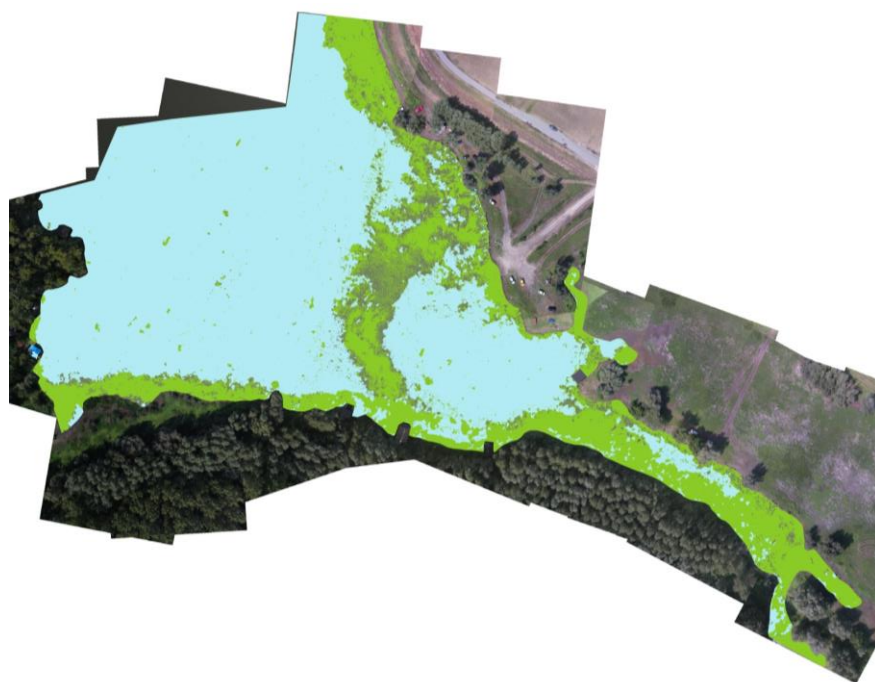
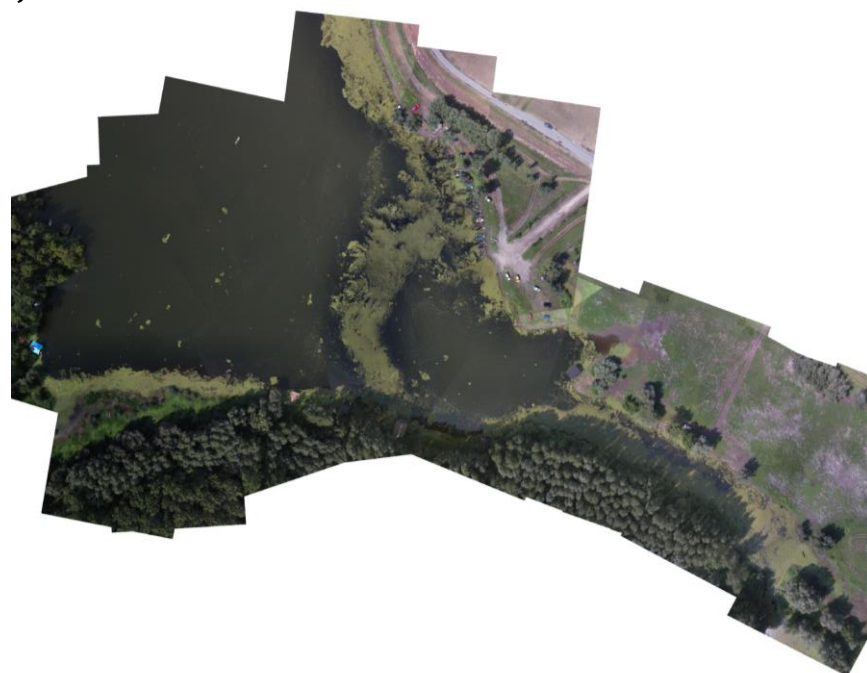
Slika 7.11. Šlajz 2 2019






	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Voda	31.47	2765.8
	Sub veg	4.74	416.5
	Nuph/Nym	14.65	1287.3
	Sal / Spi	49.15	4319.9

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
92.99	0.89

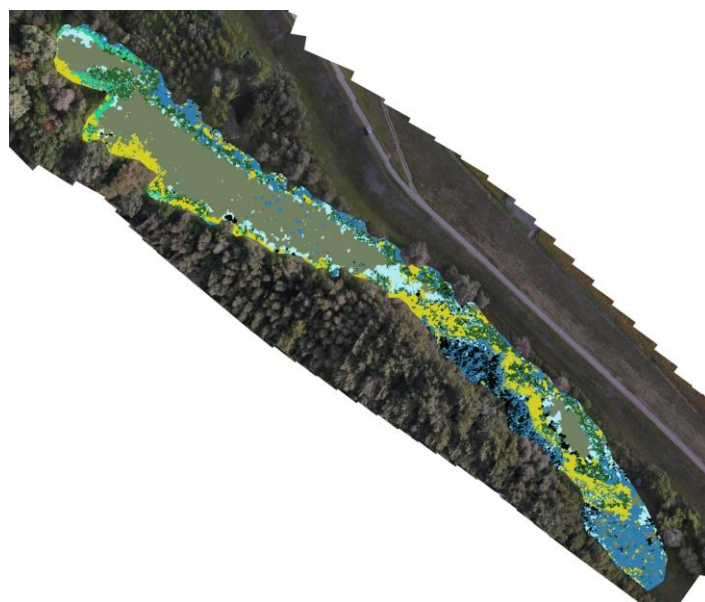
Slika 7.12. Šlajz 3 2019




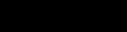

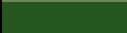



	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	24.30	12480.0
	Voda	68.85	35360.9
	Sub veg	6.85	3518.6

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
96.19	0.92

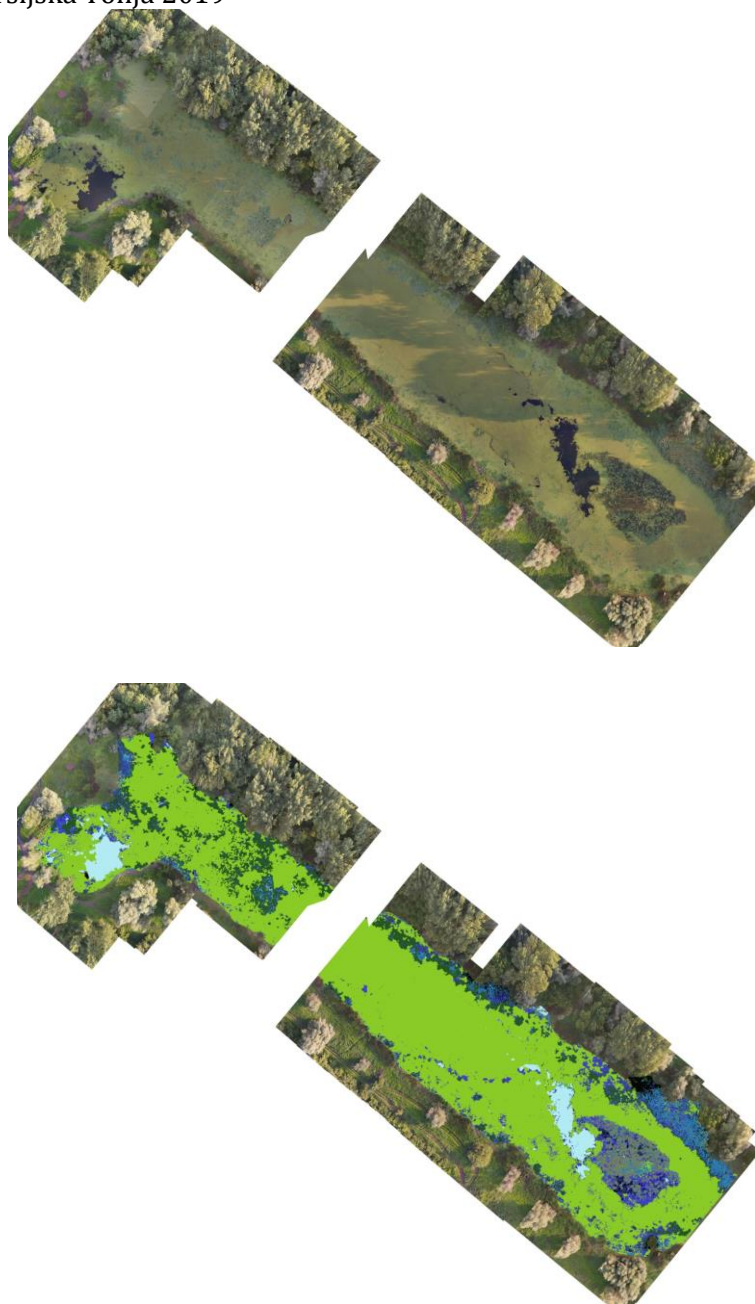
Slika 7.13. Doktor Pumpa 2019










	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Fil alg	11.64	2161.2
	Voda	12.45	2312.6
	Nym pel	2.86	530.5
	Senka	4.43	822.8
	Sub veg	37.81	7020.3
	Nuph/Nym	15.21	2824.0
	Phr com	15.61	2897.9

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
71.59	0.64

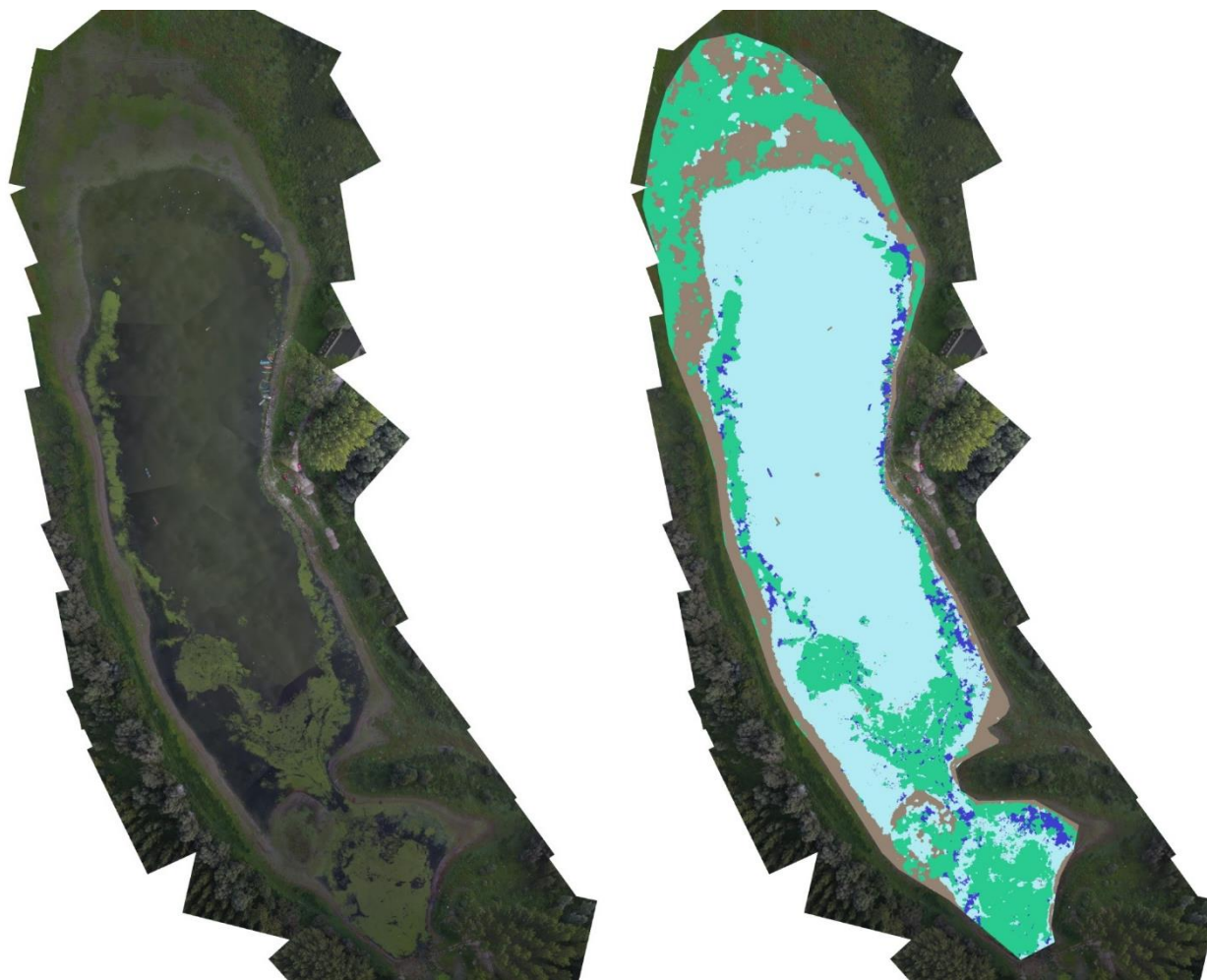
Slika 7.14. Patrijaršijska Tonja 2019







	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	8.02	2990.4
	Sal nat	69.25	25823.5
	Voda	3.97	1479.3
	Senka	1.85	689.0
	Sub veg	3.09	1153.6
	Nuph/Nym	9.90	3692.8
	Phr com	3.92	1463.1

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
84.66	0.65

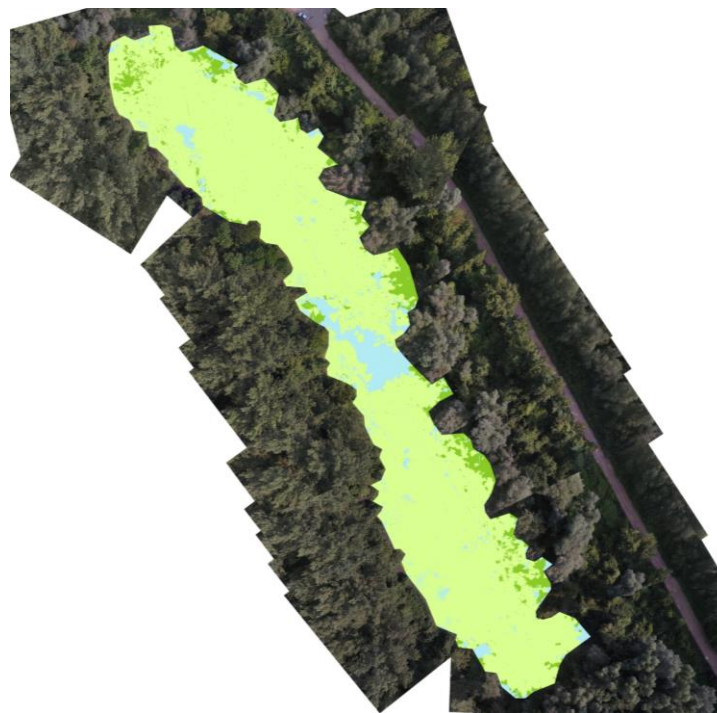
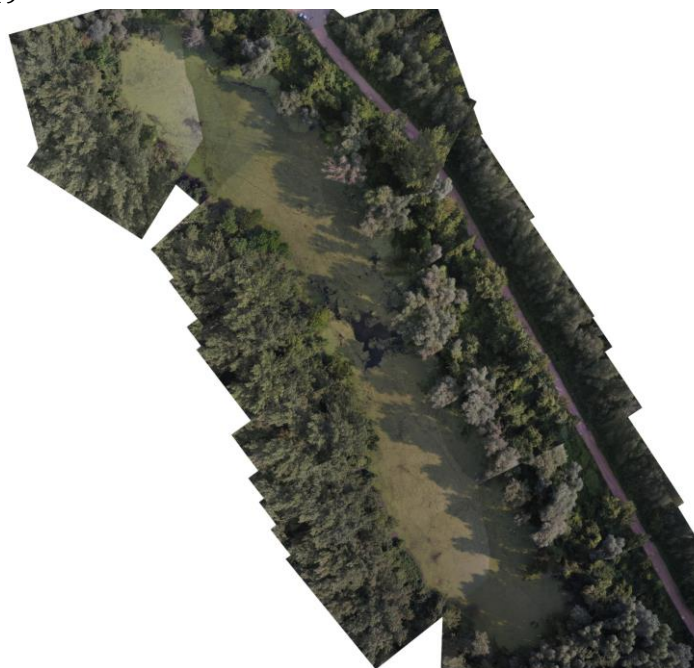
Slika 7.15. Hašaški dunavac 2019


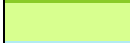



	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	3.15	2133.9
	Voda	54.43	36844.2
	Nym pel	26.88	18196.3
	Mulj	15.53	10511.5

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
92.86	0.88

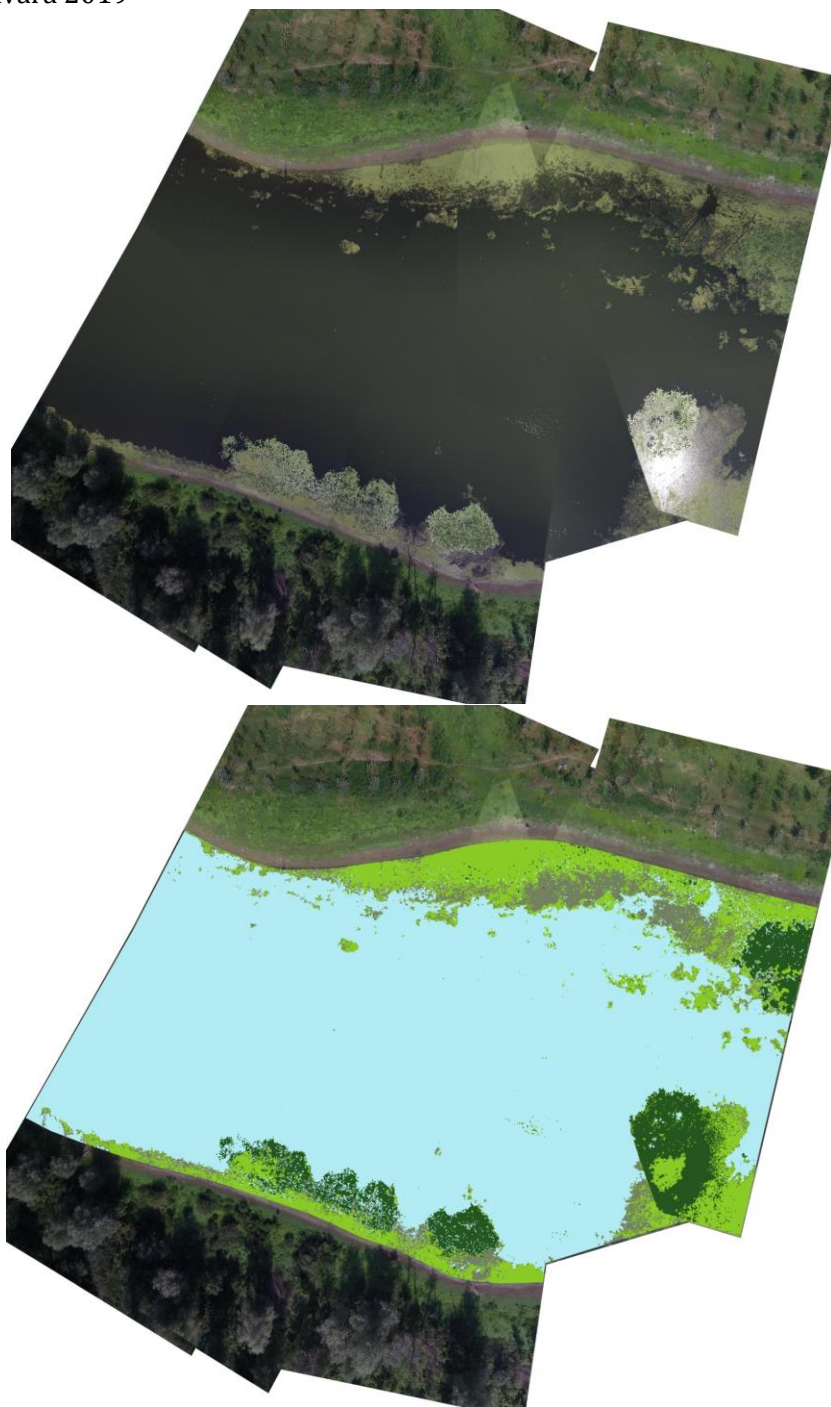
Slika 7.16. Rupa 2019




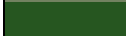


	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	7.06	909.8
	Spi pol	84.82	10934.4
	Voda	8.12	1046.3

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
94.99	0.80

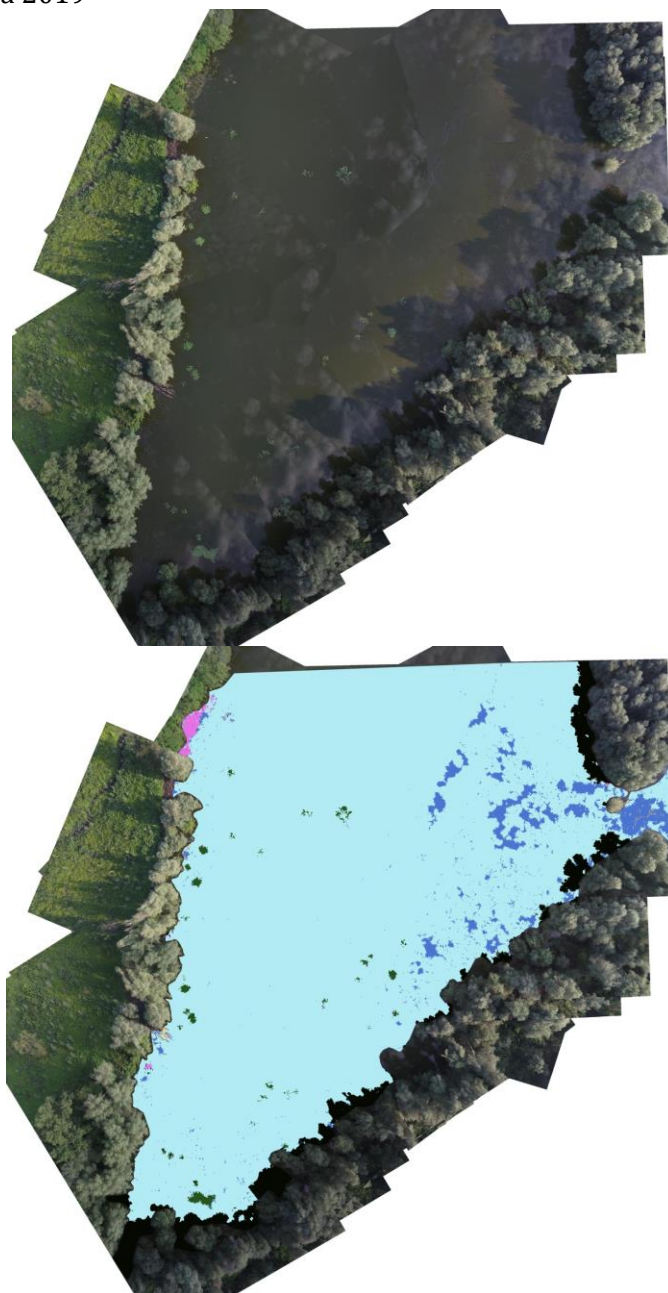
Slika 7.17. Tikavara 2019









	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	12.40	1813.6
	Voda	75.04	10977.9
	Sub veg	5.67	828.8
	Nuph/Nym	6.89	1008.4

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
91.71	0.82

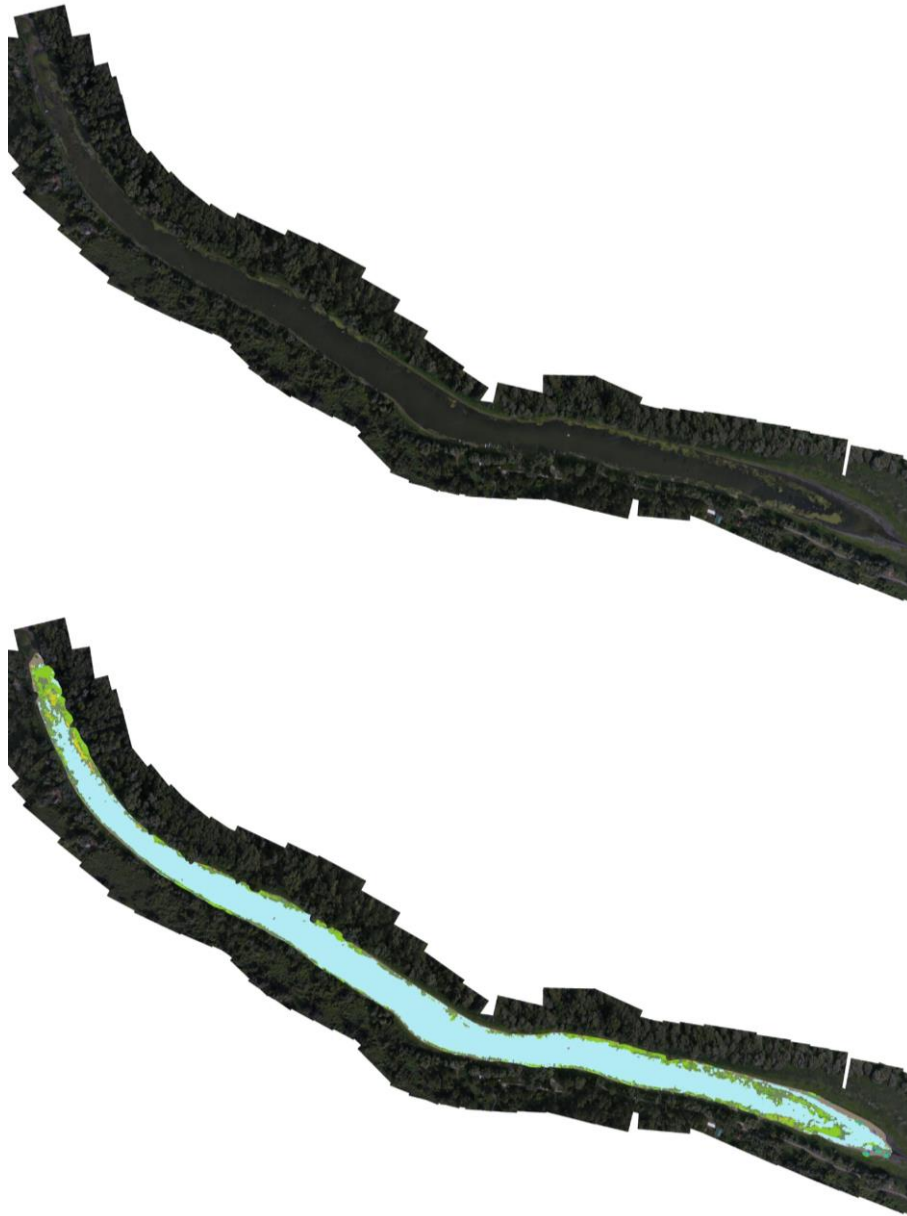
Slika 7.18. Velika tonja 2019











	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Voda	90.83	27032.08
	Senka	4.58	1363.08
	Nuph/Nym	0.53	156.30
	Pol amph	3.65	1086.68
	Suvo granje	0.08	22.58
	Aco cal	0.34	101.33

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
95.17	0.69

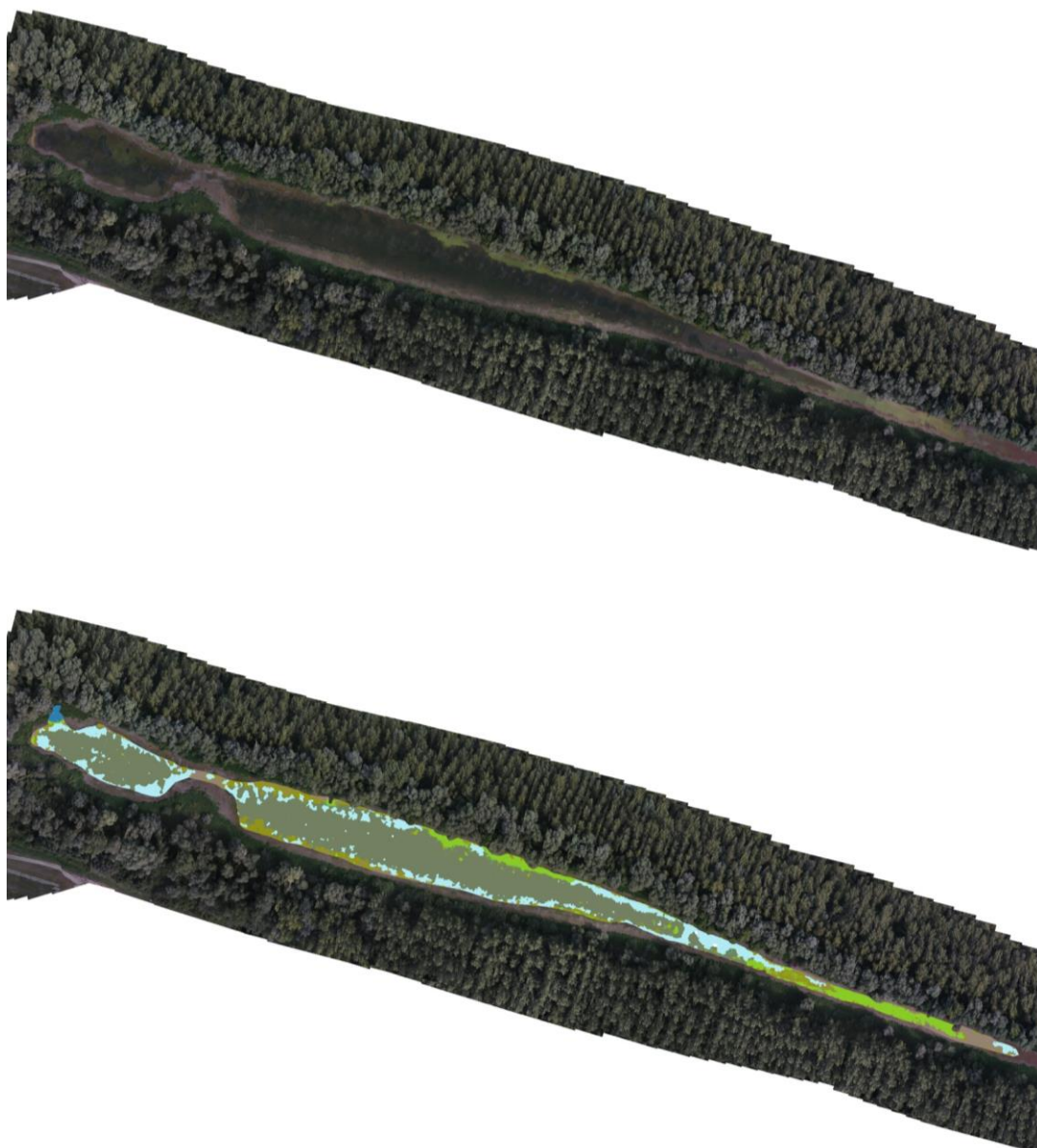
Slika 7.19. Karlovački dunavac 2019










	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	0.304948161	208.87
	Sal nat	8.914808487	6106.01
	Fil alg	1.314114016	900.07
	Voda	73.70863638	50485.18
	Nym pel	0.878236204	601.53
	Sub veg	10.65369461	7297.02
	Nuph/Nym	1.078949742	739.00
	Mulj	3.146612399	2155.21

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
87.90	0.74

Slika 7.20. Petrovaradinski dunavac 2019












	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	8.17	1524.2
	Voda	18.31	3415.6
	Sub veg	61.01	11382.8
	Refleksija	0.16	30.3
	Phr com	0.64	120.2
	Mulj	4.23	788.4
	Sub veg / Alg	7.49	1396.9

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
82.96	0.72

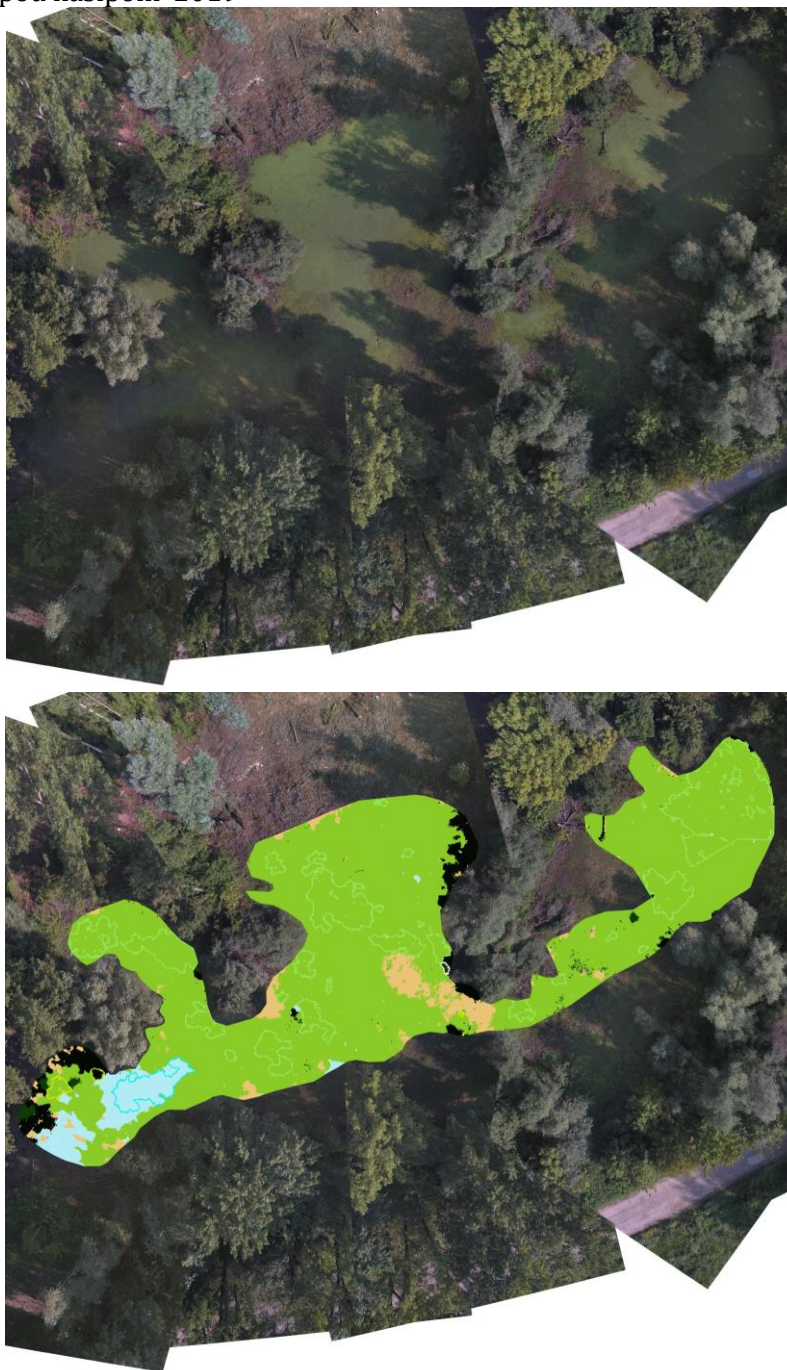
Slika 7.21. Begečka jama 2019








	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Voda	74.12692368	141476.16
	Nym pel	13.39323111	25561.87
	Senka	0.637037077	1215.83
	Sub veg	1.859228134	3548.46
	Nuph/Nym	0.837775986	1598.95
	Phr com	1.718052496	3279.02
	Mulj	7.182372627	13708.04
	Suvo granje	0.075348591	143.81
	Sch lac	0.170030295	324.51

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
94.81	0.88

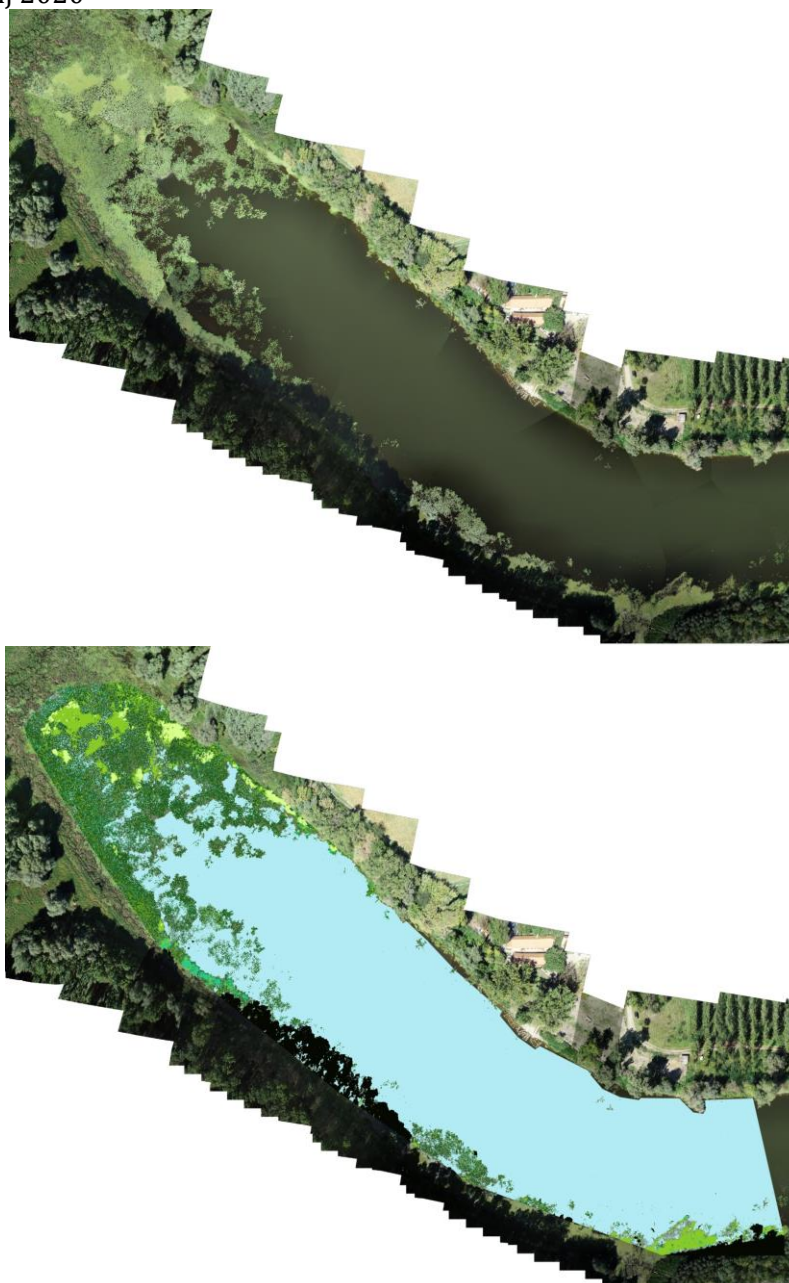
Slika 7.22. Rupa pod nasipom 2019


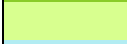







	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	85.83202024	3038.43
	Voda	5.171337417	183.06
	Senka	3.707541355	131.25
	Suvo granje	4.587898103	162.41
	Ter veg	0.70120289	24.82

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
92.23	0.71

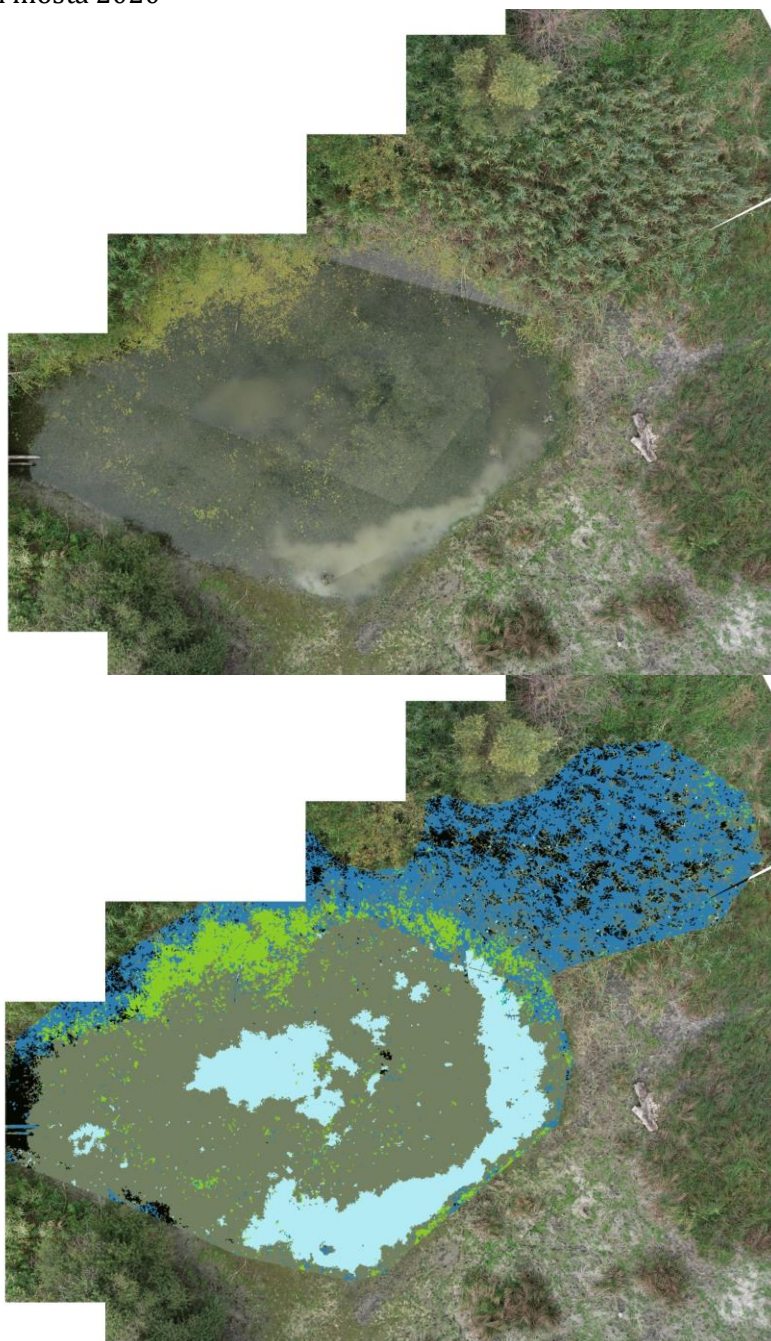
Slika 7.23. Arkanj 2020









	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	4.68	2263.8
	Spi pol	0.96	464.0
	Voda	70.99	34319.1
	Nym pel	1.84	889.0
	Senka	4.29	2073.3
	Sub veg	3.52	1704.0
	Nuph/Nym	13.71	6628.9

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
93.38	0.86

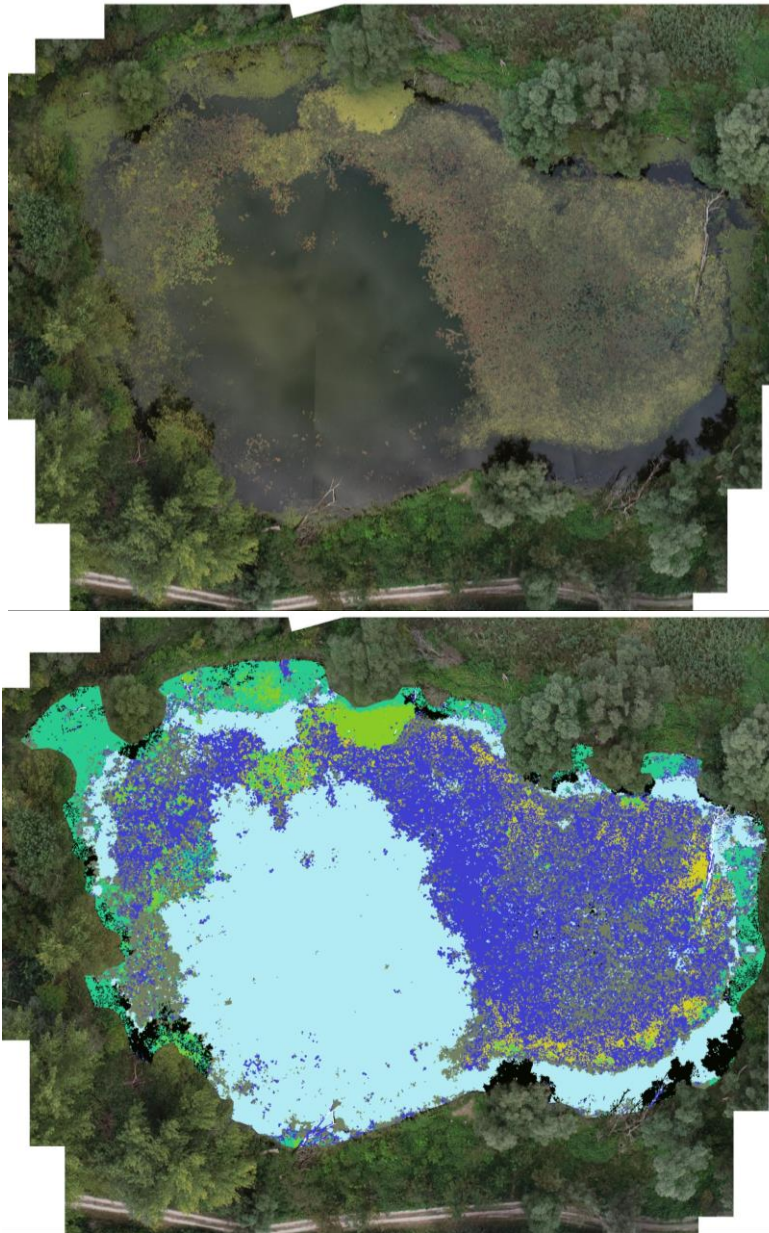
Slika 7.24. Bara tri mosta 2020





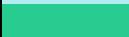





	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	6.96	37.4
	Voda	15.00	80.7
	Nym pel	0.04	0.2
	Senka	6.96	37.5
	Sub veg	47.43	255.3
	Phr com	23.62	127.1

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
87.10	0.81

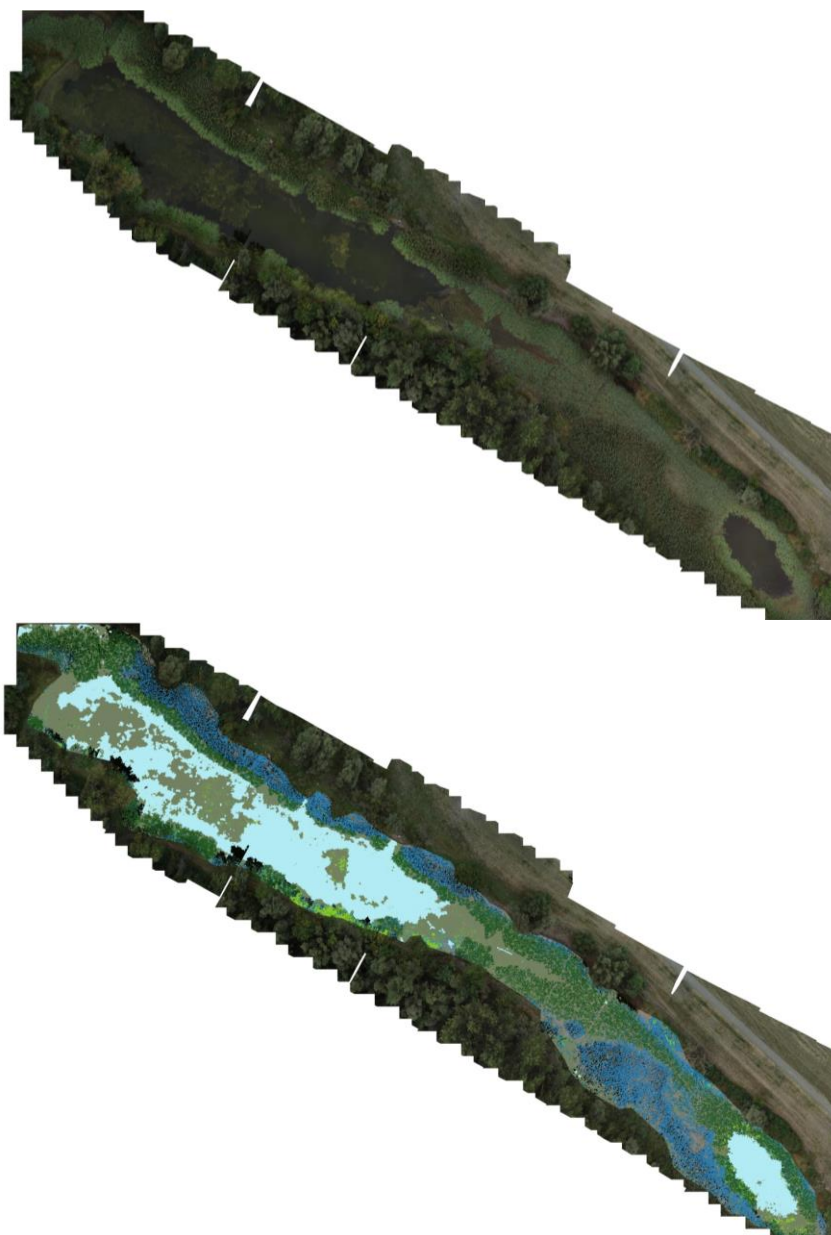
Slika 7.25. Markova bara 2020










	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	27.81	1407.9
	Sal nat	2.31	117.1
	Fil alg	4.14	209.7
	Voda	38.77	1962.5
	Nym pel	8.80	445.6
	Senka	3.54	179.1
	Sub veg	14.43	730.1
	Refleksija	0.19	9.6

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
88.41	0.85

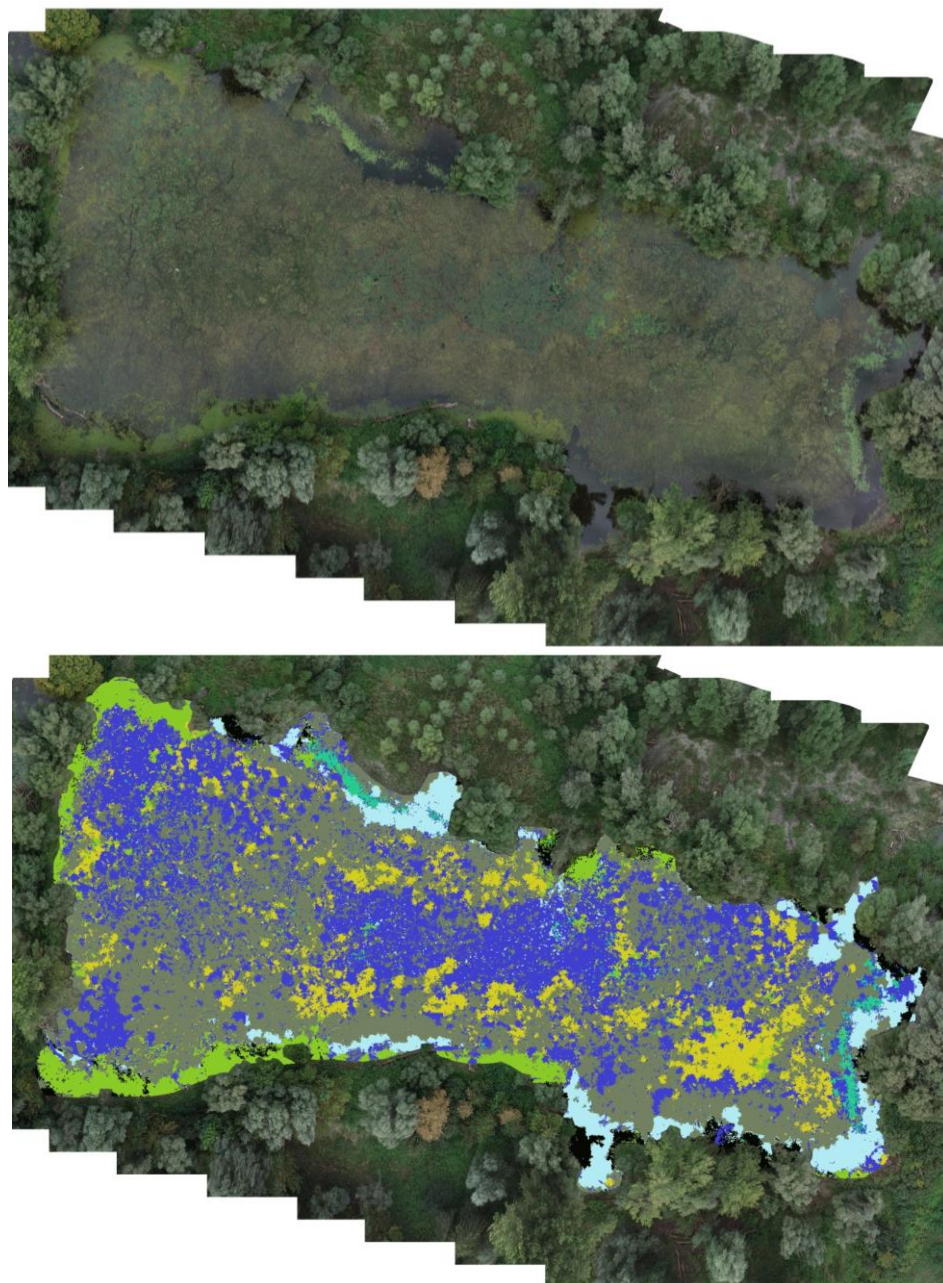
Slika 7.26. Doktor Pumpa 2020










	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	2.09	301.8
	Voda	25.52	3676.5
	Senka	7.77	1118.9
	Sub veg	25.39	3658.7
	Nuph/Nym	17.21	2479.6
	Phr com	16.60	2391.4
	Mulj	5.42	781.4

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
84.15	0.80

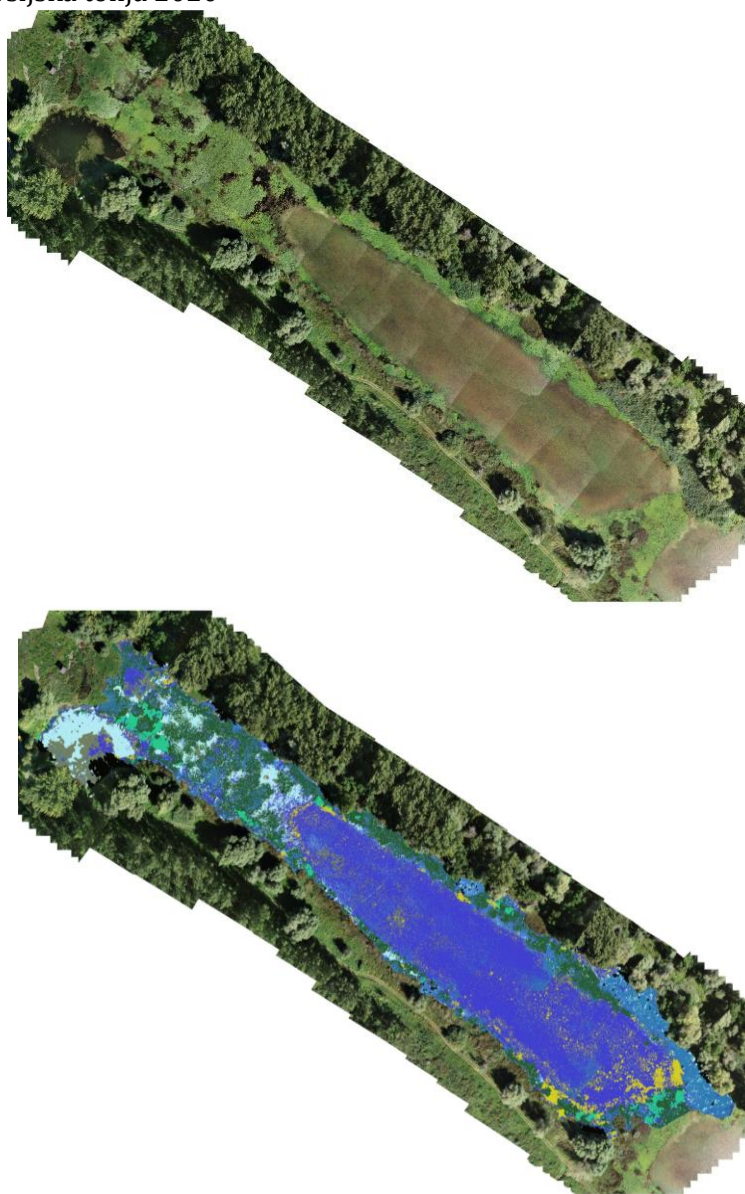
Slika 7.27. Osmica 2020



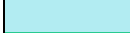








	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	30.79	3696.2
	Sal nat	7.03	843.6
	Fil alg	9.72	1167.5
	Voda	6.71	805.1
	Nym pel	1.31	157.5
	Senka	2.31	277.4
	Sub veg	42.14	5059.3

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
73.41	0.64

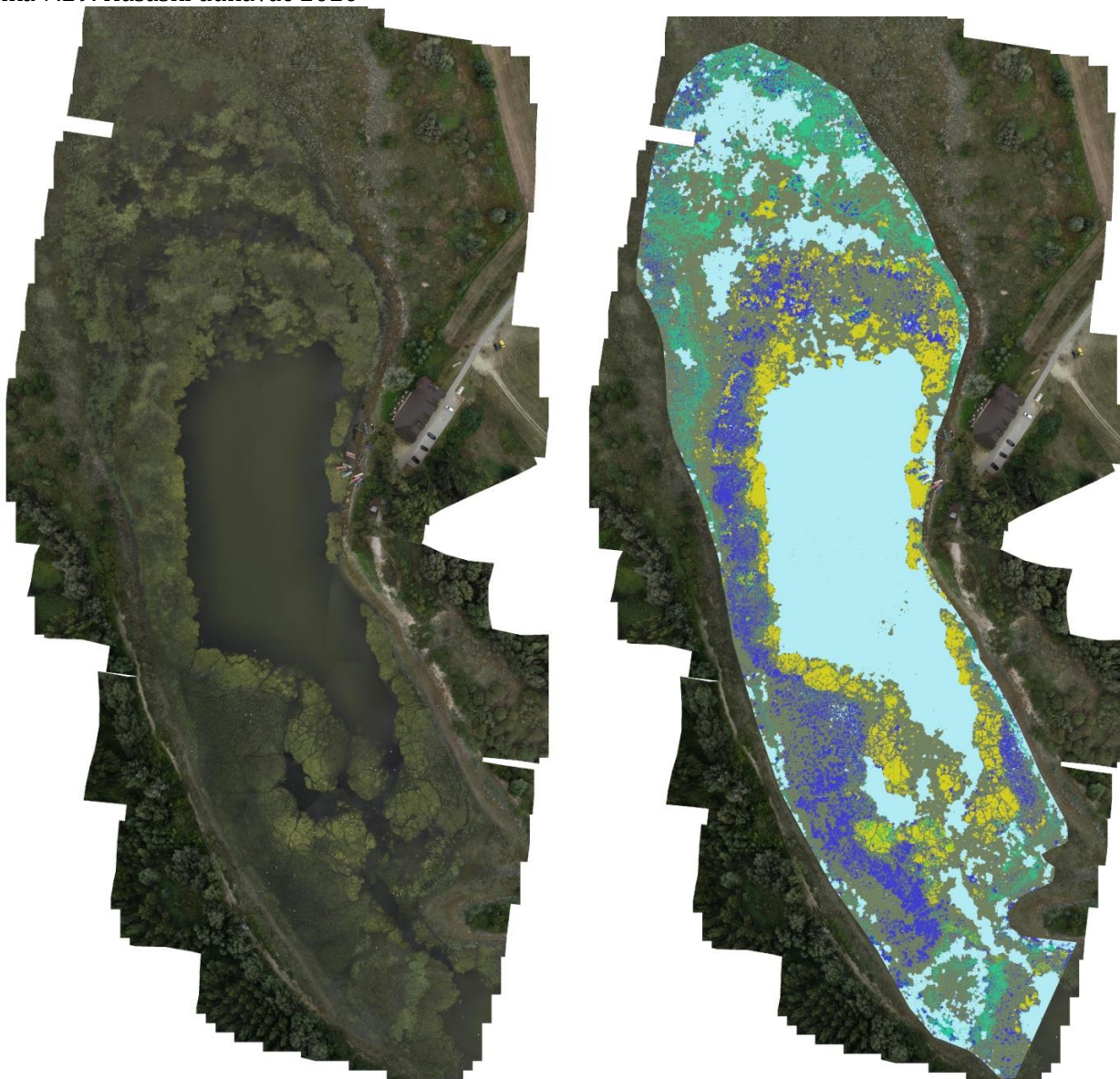
Slika 7.28. Patrijaršijska tonja 2020







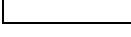


	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	42.16	16585.4
	Fil alg	5.48	2154.0
	Voda	8.45	3324.8
	Nym pel	2.49	978.5
	Senka	2.09	821.8
	Sub veg	5.35	2103.8
	Nuph/Nym	16.25	6394.5
	Phr com	11.38	4474.9
	Pol amph	6.36	2501.1

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
96.95	0.96

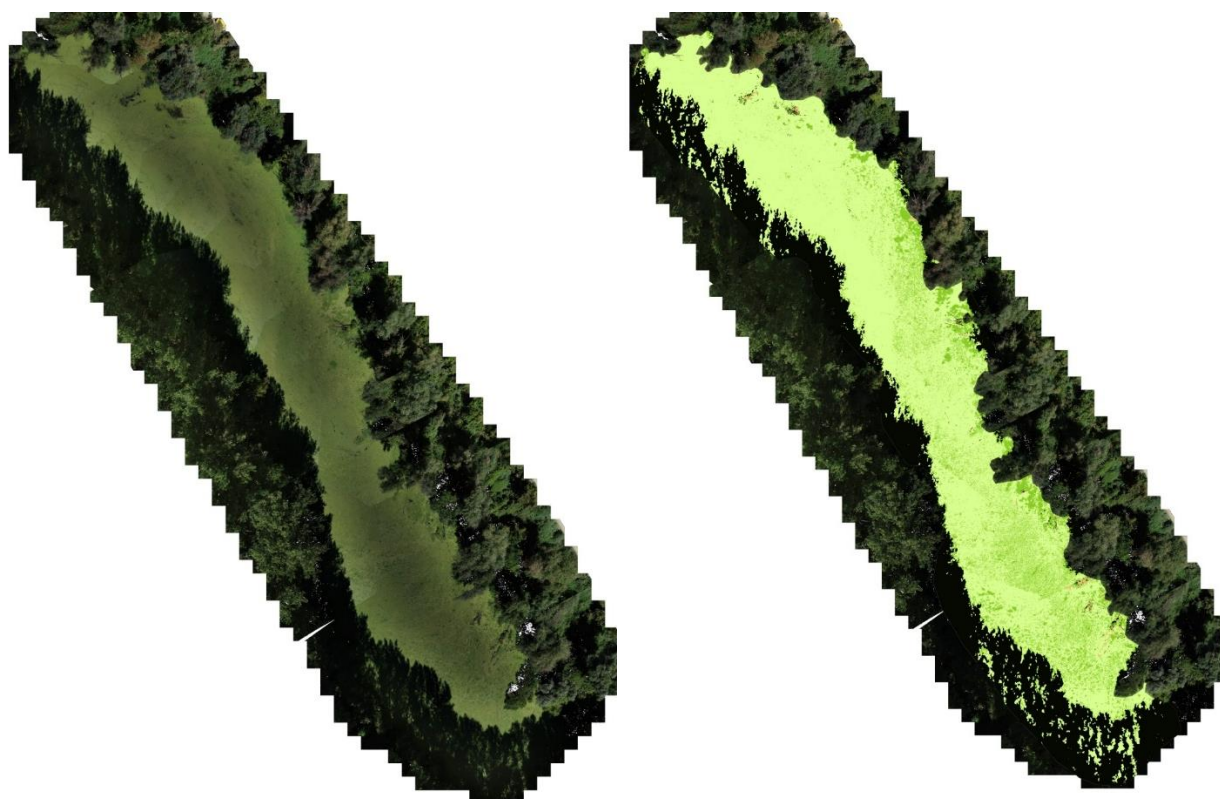
Slika 7.29. Hašaški dunavac 2020







	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	11.01	7253.4
	Sal nat	0.44	292.2
	Fil alg	7.41	4880.4
	Voda	35.20	23191.4
	Nym pel	6.72	4425.9
	Sub veg	39.19	25824.3
	Refleksija	0.03	22.5

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
86.20	0.80

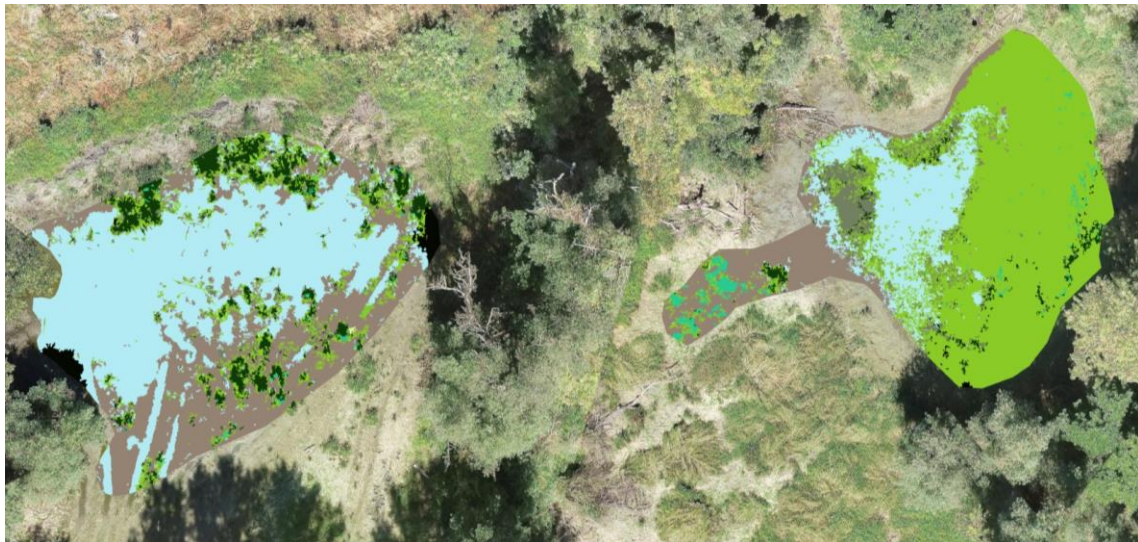
Slika 7.30. Rupa 2020



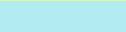




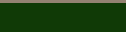


	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	11.67	1689.5
	Spi pol	60.19	8713.3
	Senka	27.72	4012.8
	Tree	0.42	60.6

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
96.15	0.93

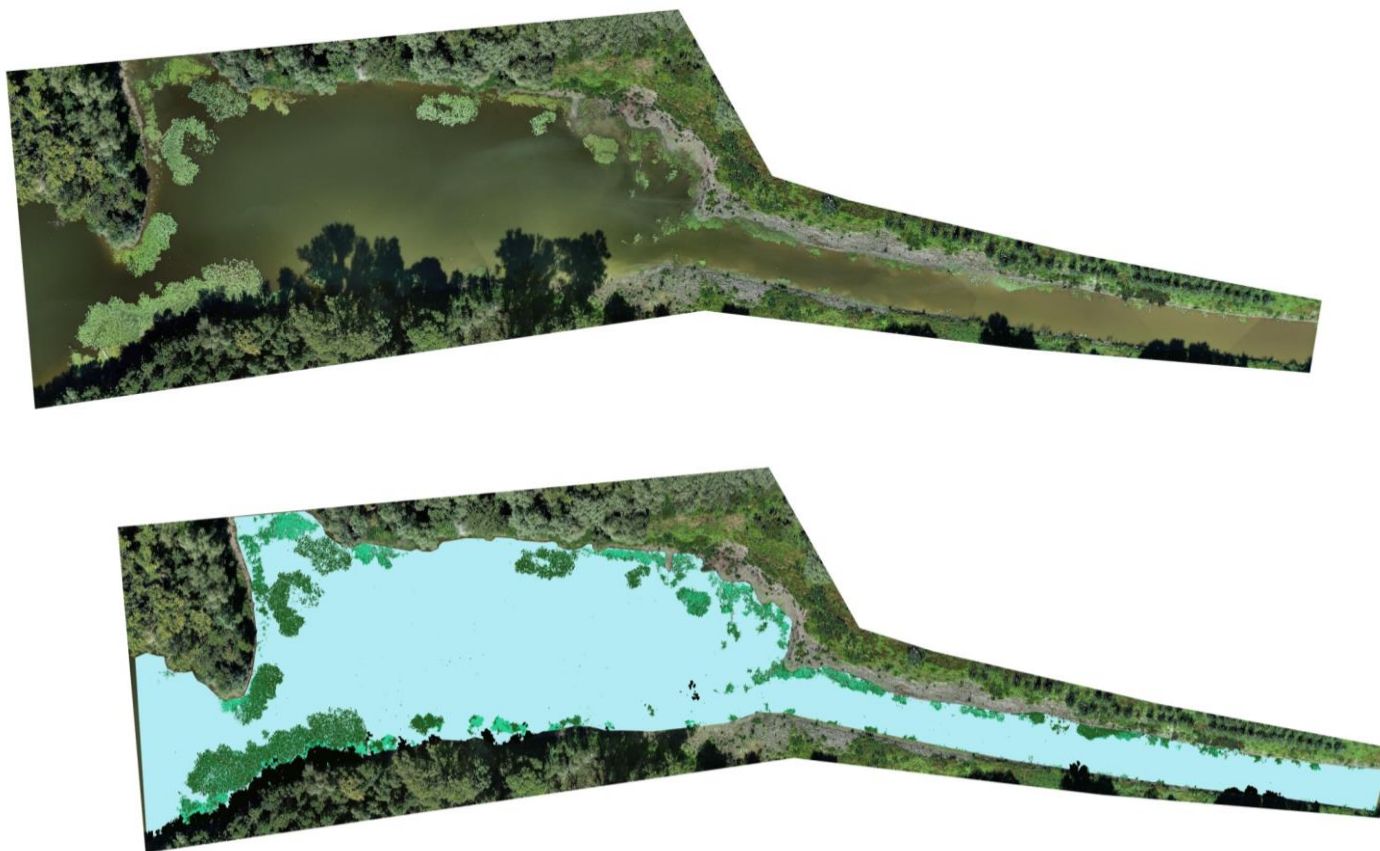
Slika 7.31. Rupa pod nasipom 2020



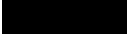



	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	32.0726543	369.45
	Spi pol	0.01881611	0.22
	Voda	35.0230447	403.44
	Nym pel	1.11968373	12.90
	Senka	0.95530623	11.00
	Sub veg	4.6332026	53.37
	Mulj	21.3181209	245.57
	Ter veg	4.85917148	55.97

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
91.76	0.88

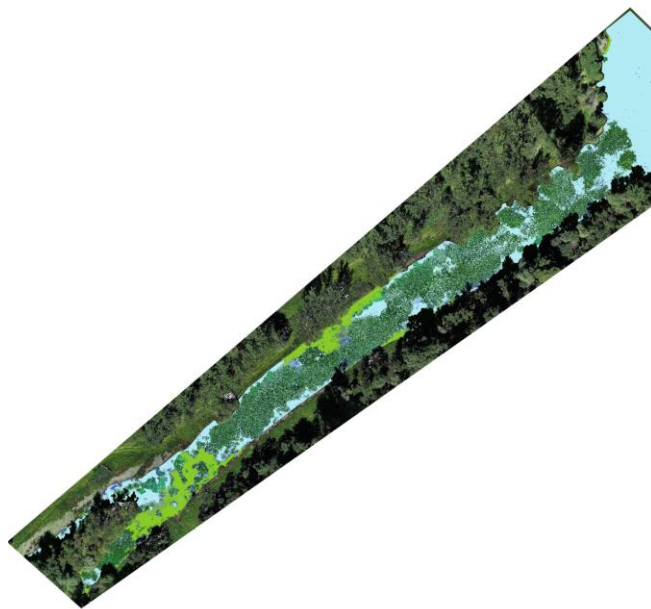
Slika 7.32. Šlajz 1 2020









	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Voda	82.06	16253.3
	Nym pel	4.79	948.5
	Senka	2.60	514.8
	Nuph/Nym	10.55	2088.8

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
97.10	0.93

Slika 7.33. Šlajz 2 2020









	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	4.47	580.6
	Sal nat	10.45	1357.1
	Voda	45.84	5950.2
	Nym pel	2.03	263.5
	Senka	9.26	1201.9
	Nuph/Nym	27.95	3627.5

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
99.67	1.00

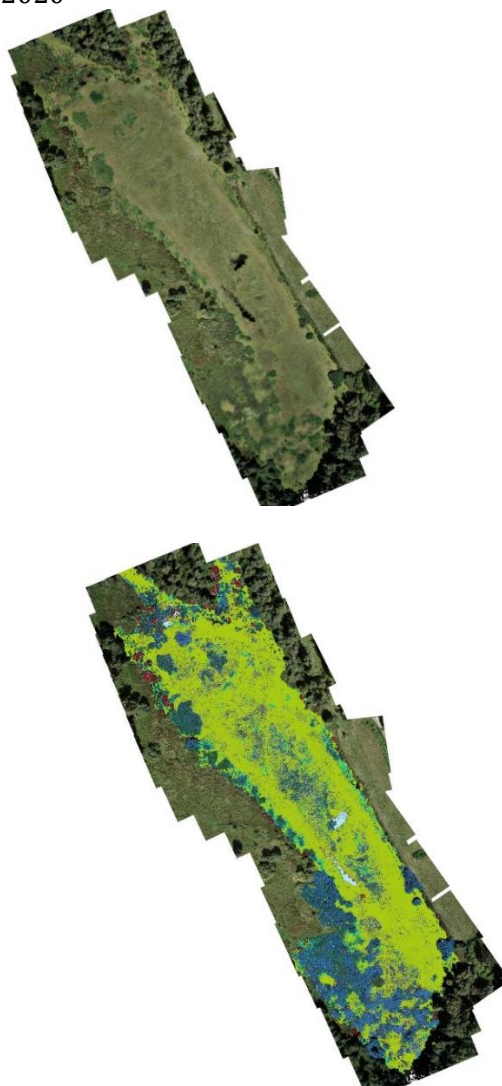
Slika 7.34. Šlajz 3 2020














	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	0.02	13.0
	Voda	97.41	70862.5
	Nym pel	0.63	457.2
	Senka	1.29	938.0
	Nuph/Nym	0.10	70.0
	Phr com	0.56	408.3

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
97.03	0.62

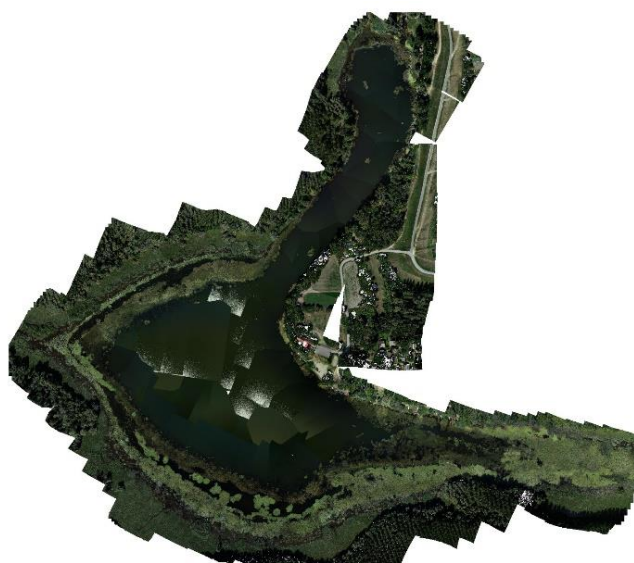
Slika 7.35. Agla - Kurjačka Greda 2020













	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	8.61964348	5667.79
	Voda	0.96601348	635.20
	Nym pel	4.85301812	3191.07
	Senka	3.52712444	2319.24
	Nuph/Nym	7.24820957	4766.01
	Phr com	7.99236665	5255.33
	Pol amph	3.40719804	2240.38
	Sch lac	2.86935644	1886.73
	Ter veg	5.72567903	3764.88
	Iri pse	0.1905956	125.32
	Sal/Spi	54.6007952	35902.41

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
76.88	0.63

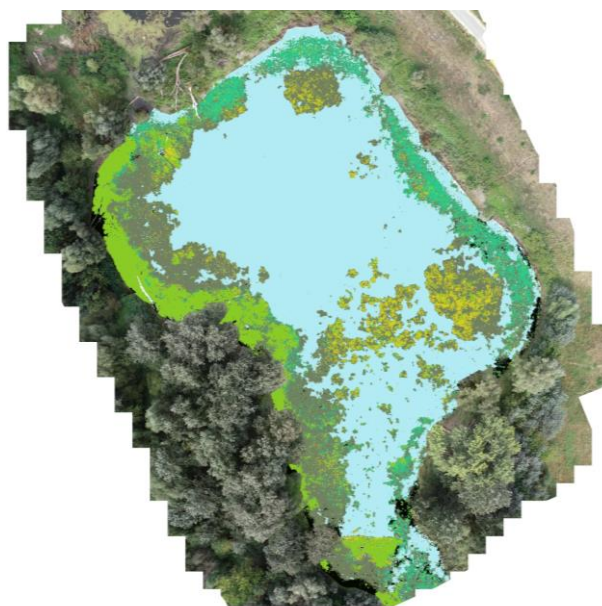
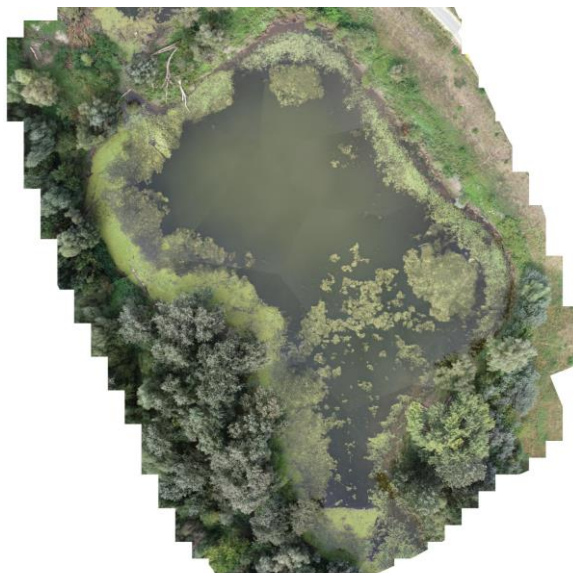
Slika 7.36. Begečka jama 2020










	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	1.37115777	3385.78
	Fil alg	2.69594663	6657.07
	Voda	62.5471959	154447.10
	Nym pel	8.73545148	21570.35
	Senka	2.95151329	7288.14
	Sub veg	14.8349584	36631.80
	Nuph/Nym	2.58747933	6389.23
	Phr com	2.31376184	5713.35
	Sch lac	0.89425706	2208.18
	Sal/Spi	1.06827832	2637.89

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
77.96	0.72

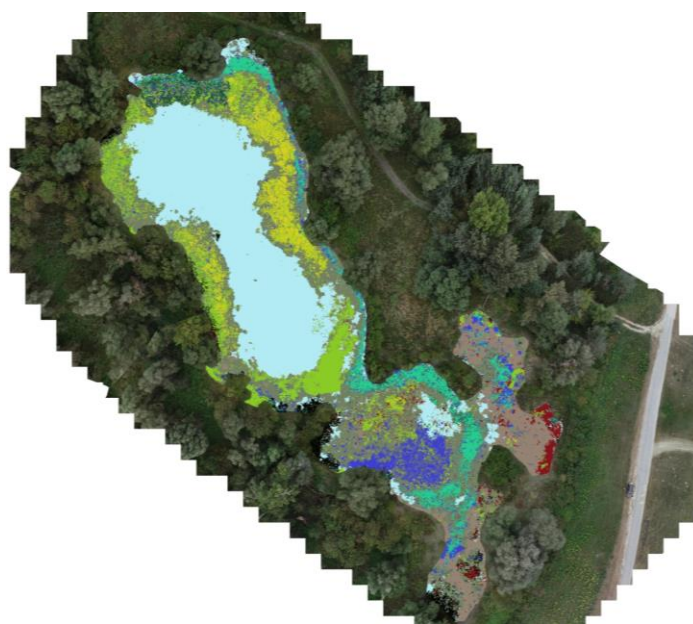
Slika 7.37. Tuškoš 2020













	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Sal nat	7.97	830.0
	Fil alg	4.53	471.9
	Voda	53.13	5530.6
	Nym pel	7.73	804.4
	Senka	1.83	190.9
	Sub veg	24.03	2501.4
	Refleksija	0.77	80.0

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
86.75	0.79

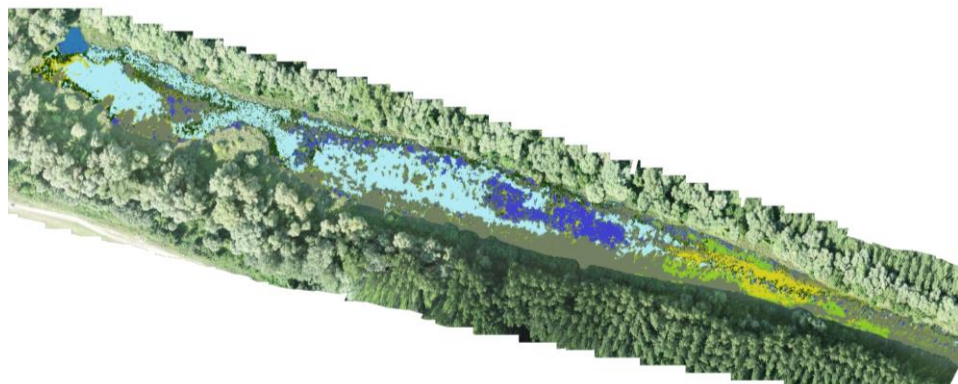
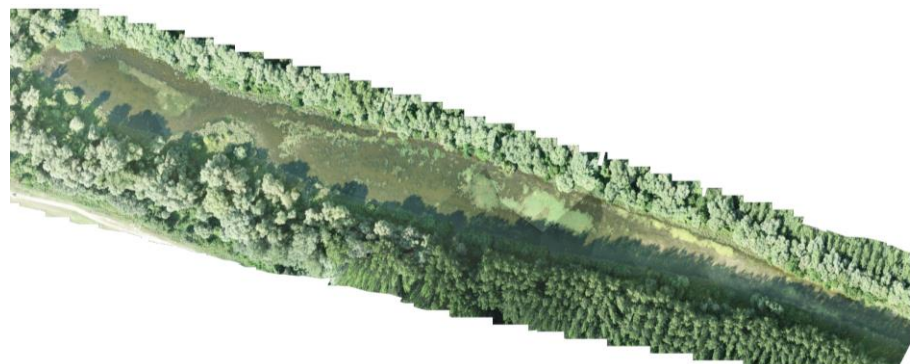
Slika 7.38. Tošina bara 2020










	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	6.41	564.8
	Sal nat	11.13	980.2
	Fil alg	4.68	412.3
	Voda	32.32	2846.7
	Nym pel	5.72	504.2
	Senka	2.51	221.5
	Sub veg	25.68	2262.3
	Nuph/Nym	1.42	125.5
	Mulj	8.03	707.6
	22	2.08	183.2

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
85.74	0.82

Slika 7.39. Petovaradinski dunavac 2020

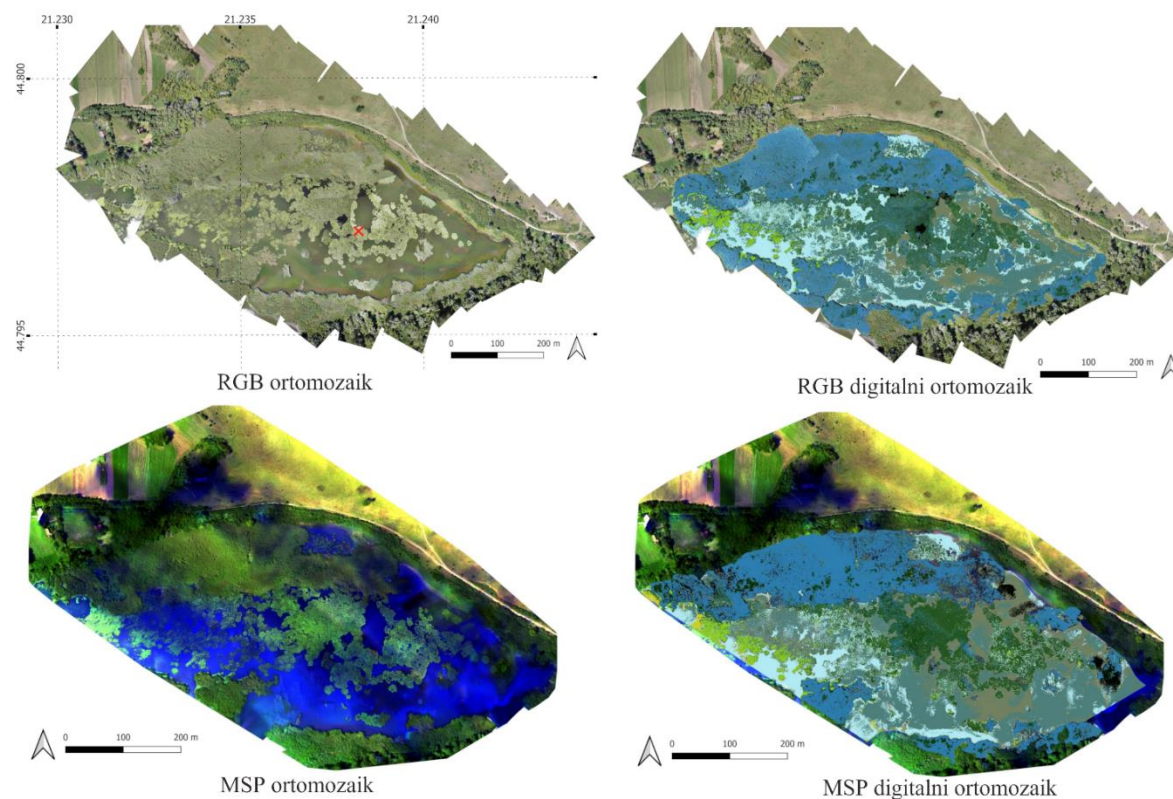


	Klasa	Procentualni udeo %	Površina [m ²]
	Tra nat	9.52	2116.1
	Sal nat	6.10	1355.4
	Fil alg	6.94	1542.5
	Voda	29.76	6616.5
	Sub veg	36.59	8136.4
	Phr com	2.20	489.2
	Ter veg	8.90	1978.2

Generalna tačnost klasifikacije [%]	Kappa hat indeks
75.74	0.66

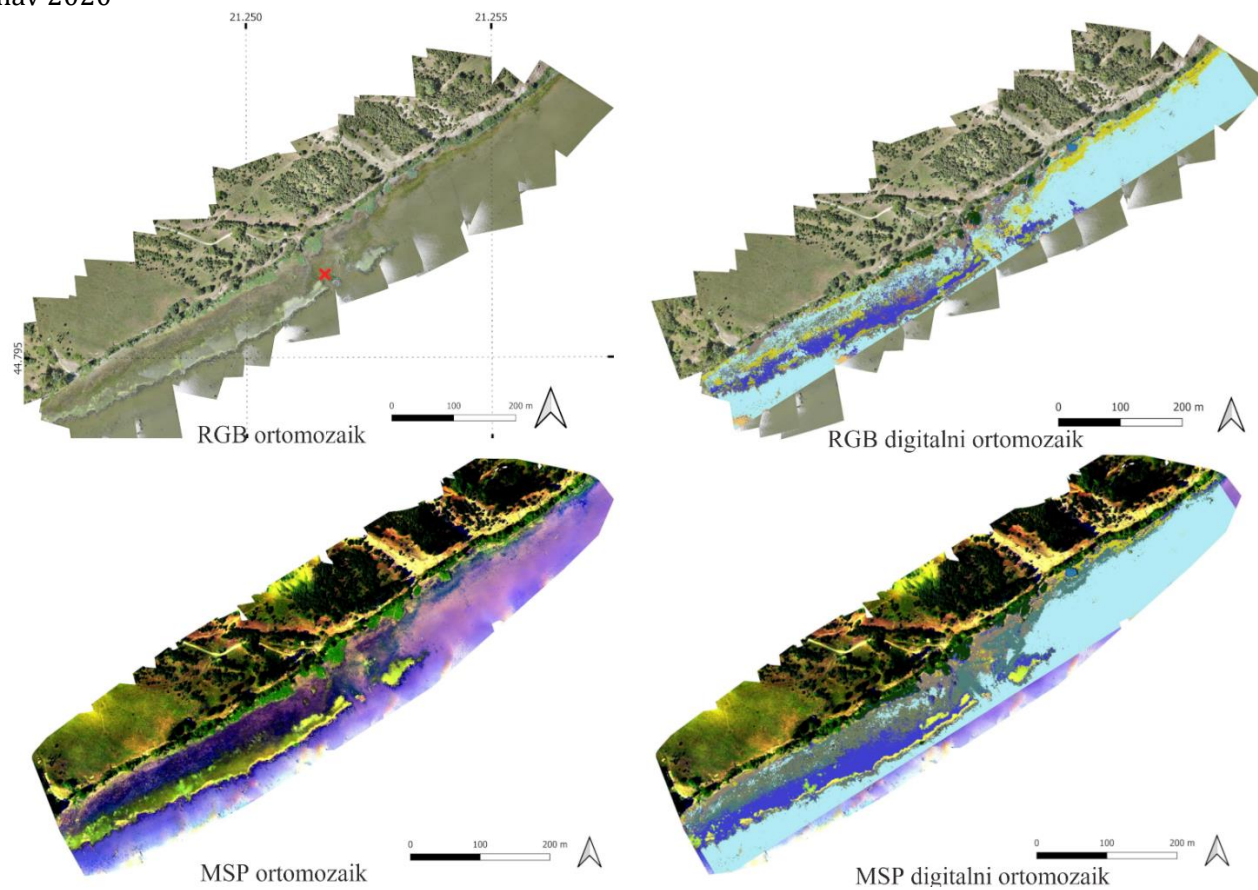
Prilog 4. Lista lokaliteta u duž glavnog toka Dunava obrađenih upotrebom UAV pristupa u istraživanju makrofitu. Za svaki lokalitet prikazani su RGB i MSP ortomozaik i finalne digitalne ortomape makrofitu, kao i legende sa procentualnim udelom i apsolutnim područjem koje okupira svaka od izdvojenih grupa.

Slika 7.40. Slatina – Bara 2020



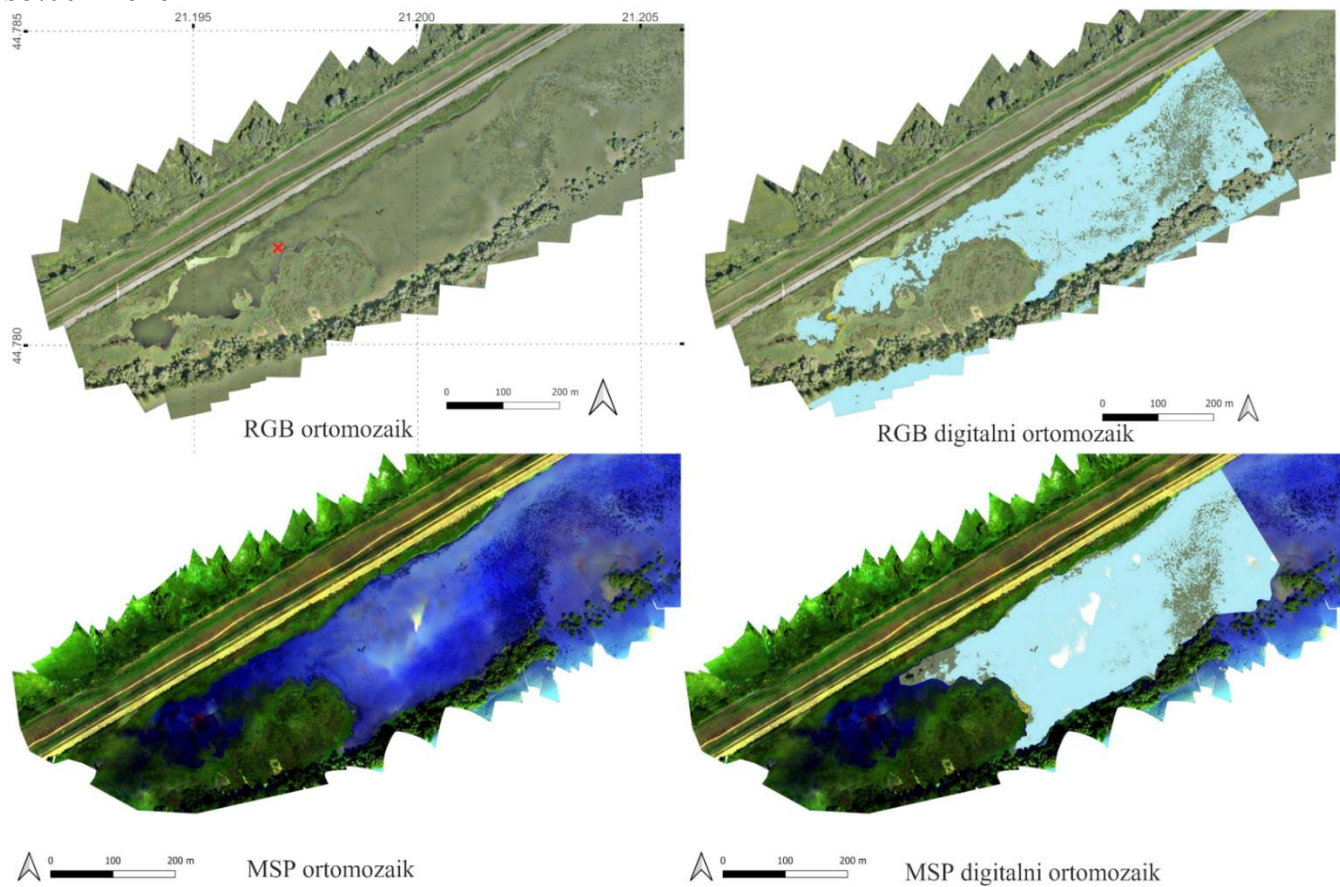
		Sbm veg	Alg / dno	Nuph/ Nym	Sal nat	Fil alg	Phra com	Ter veg	Voda	Mulj	Senka	Refleksija	Kappa hat indeks	Generalna tačnost klasifikacije [%]
RGB	Procentualni udeo %	14.63	13.36	15.01	2.59	0.20	31.18	1.69	17.93	0.31	2.72	0.38	0.70	74.64
	Površina [m ²]	35153	32094	36053	6213	477	74913	4068	43080	745	6539	924		
MSP	Procentualni udeo %	11.50	19.42	15.24	2.52	0.53	31.82	2.74	11.98	1.46	2.73	0.05	0.71	76.65
	Površina [m ²]	23909	40378	31692	5242	1112	66149	5702	24902	3038	5683	110		

Slika 7.41. Slatina – Dunav 2020



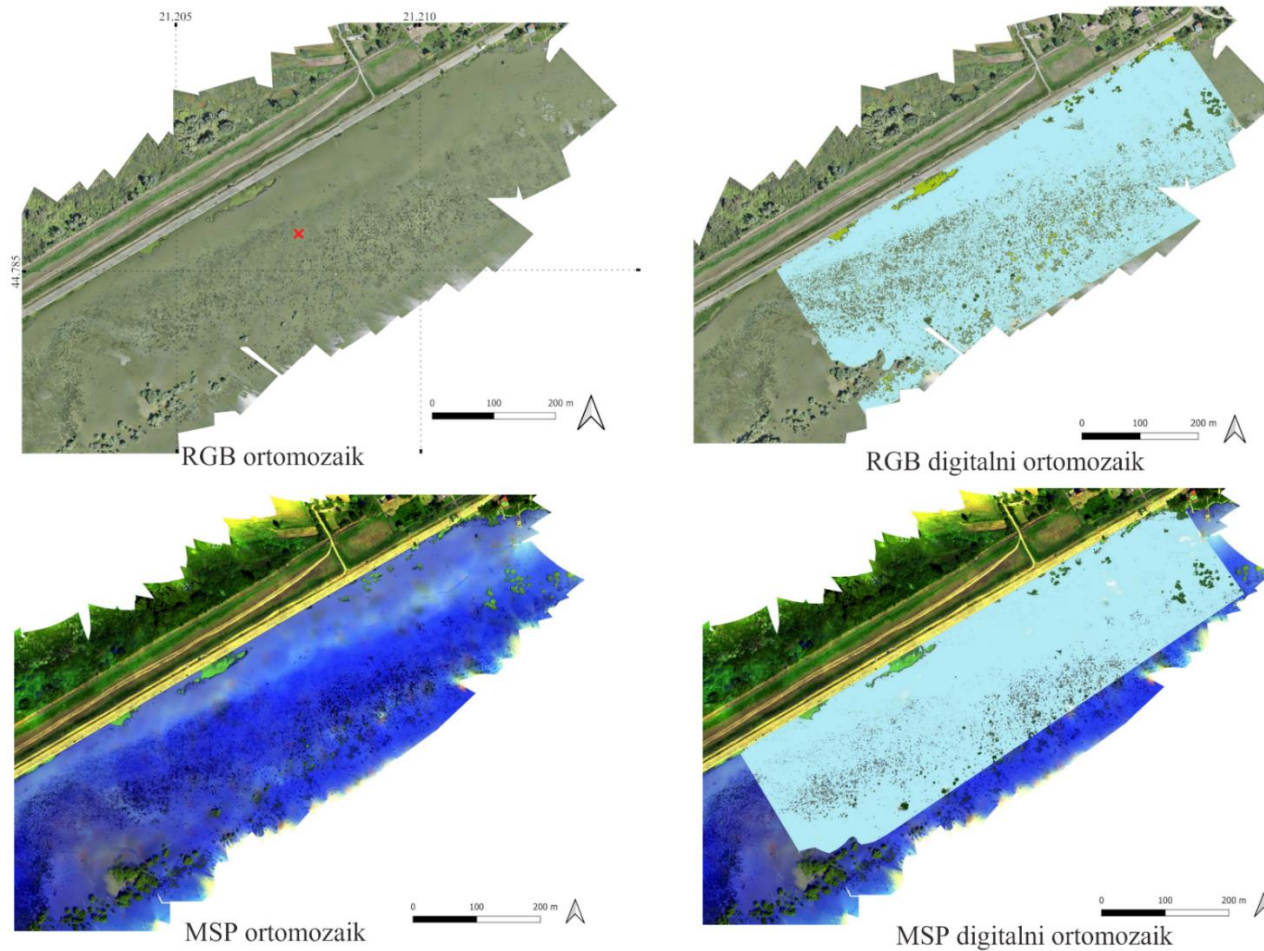
		Sbm veg	Alg / dno	Tran nat	Sal/Lem / Spi	Fil alg	Phra com	But umb	Ter veg	Voda	Mulj	Suvo granje	Senka	Kappa hat indeks	Generalna tačnost klasifikacije [%]
RGB	Procentualni udeo % Površina [m ²]	9.56 9354	6.70 6554	13.09 12800	3.08 3014	1.86 1824	0.55 541	1.11 1088	2.38 2324	55.16 53955	4.23 4136	1.98 1939	0.29 287	0.75	84.72
MSP	Procentualni udeo % Površina [m ²]	9.39 8309	12.45 11015	14.36 12703	3.91 3460	2.35 2080	0.42 370		3.10 2739	46.25 40920	5.45 4822	0.88 778	1.45 1285	0.85	88.82

Slika 7.42. Dubovac A 2020



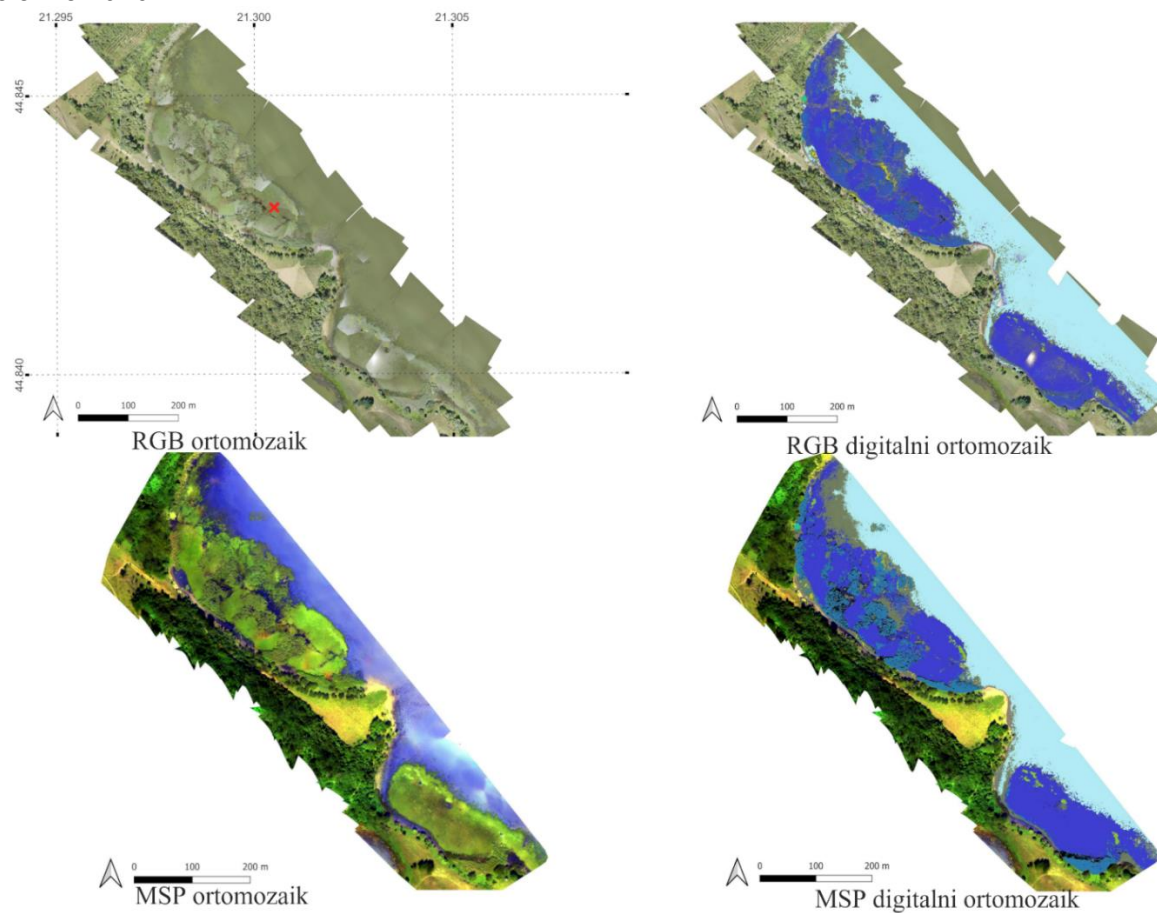
		Sbm veg	Sal/Lem/ Spi	Fil alg	Phra com	Voda	Mulj	Suvo granje	Senka	Refleksija	Kappa hat indeks	Generalna tačnost klasifikacije [%]
RGB	Procentualni udeo % Površina [m ²]	20.23 31114	0.63 965	0.45 692	0.56 860	77.22 118748		0.20 303	0.51 782	0.20 308	0.73	90.93
MSP	Procentualni udeo % Površina [m ²]	12.88 13408	0.65 680	0.36 379	0.16 164	82.32 85684		0.14 143	0.56 582	2.93 3047	0.90	97.20

Slika 7.43. Dubovac B 2020



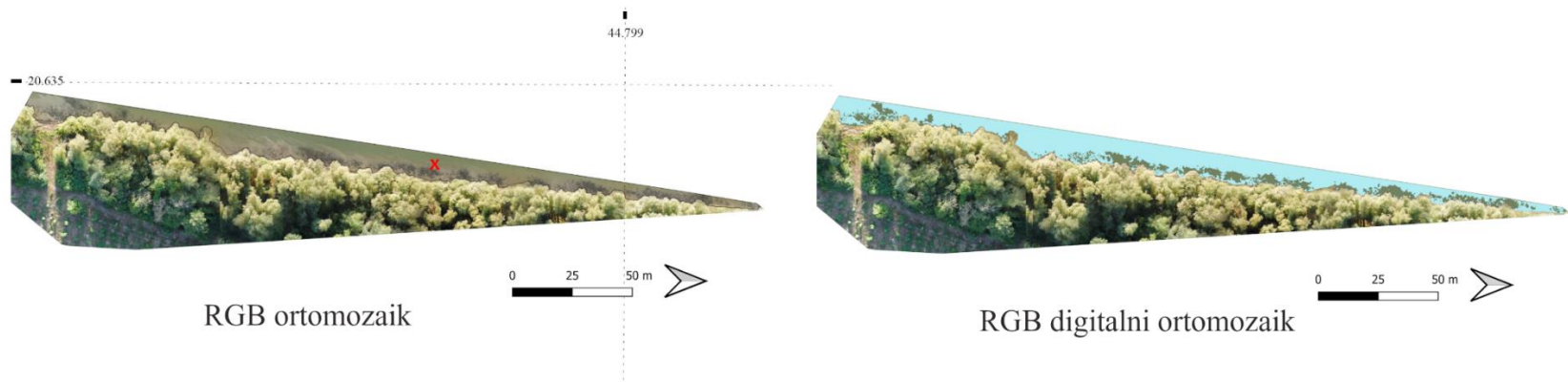
		Sbm veg	Nuph/Nym	Sal/Lem / Spi	Voda	Suvo granje	Senka	Refleks ija	Kappa hat indeks	Generalna tačnost klasifikacije [%]
RGB	Procentualni udeo % Površina [m ²]	15.33 34231	0.82 1824	1.35 3024	81.69 182341	0.36 808		0.27 598	0.87	96.14
MSP	Procentualni udeo % Površina [m ²]	2.78 4531	0.91 1480	1.54 2511	93.89 153058	0.19 307		0.45 732	0.94	99.30

Slika 7.44. Labudovo okno 2020



		Sbm veg	Alg / dno	Tra nat	Nym pel	Sal nat	Fil alg	Phra com	Voda	Mulj	Suvo granje	Refleksija	Kappa hat indeks	Generalna tačnost klasifikacije [%]
RGB	Procentualni udeo %	11.07	0.87	33.73	0.09	0.23	0.15	5.08	46.56	0.85	0.34	0.22	0.90	93.39
	Površina [m ²]	18050	1424	54988	144	377	245	8289	75910	1384	560	355		
MSP	Procentualni udeo %	11.22	0.72	36.47	0.11	0.60	0.61	12.44	33.46	0.98	0.12		0.86	89.92
	Površina [m ²]	14102	902	45839	138	758	769	15631	42058	1231	150			

Slika 7.45. Pančevo 2020



RGB ortomozaik

RGB digitalni ortomozaik

		Sbm veg	Voda	Suvo granje	Kappa hat indeks	Generalna tačnost klasifikacije [%]
RGB	Procentualni udeo %	19.33	80.39	0.28	0.98	99.30
	Površina [m ²]	455.53	1894.87	6.66		

Prilog 5. Originalna tabela izveštaja istraživanja makrofita tokom JDS4 istraživanja deonica reke Dunav u Srbiji

Dataset definitions		Sites and samples																				
Report	JDS4	Sample code:	I054-29-I-MP-1	I054-29-I-MP-2	I054-29-I-MP-3	I054-31-I-MP-1	I054-31-I-MP-2	I054-31-I-MP-3	I054-37-I-MP-1	I054-37-I-MP-2	I054-37-I-MP-3	I054-37-R-MP-1	I054-37-R-MP-2	I054-37-R-MP-3	I054-40-I-MP-1	I054-40-I-MP-2	I054-40-R-MP-2	I054-40-R-MP-3	I054-41-R-MP-1	I054-41-R-MP-2	I054-41-R-MP-3	
Laboratory	<INPAM, DSF, Laboratory for freshwater and plant ecology>	Site name:	Heringsvanto / Batina / Beždan	Heringsvanto / Batina / Beždan	Heringsvanto / Batina / Beždan	Ik / Backa Palanka	Ik / Backa Palanka	Ik / Backa Palanka	Downstream Pancevo	Downstream Pancevo	Downstream Pancevo	Downstream Pancevo	Downstream Pancevo	Downstream Pancevo	Banatska Palanka / Beždas	Banatska Palanka / Beždas	Banatska Palanka / Beždas	Banatska Palanka / Beždas	Ujstream Tiruik (Rudževac / Grlia)	Ujstream Tiruik (Rudževac / Grlia)	Ujstream Tiruik (Rudževac / Grlia)	
BOF	Macrophytes	Date of sampling:	2019-07-08	2019-07-08	2019-07-08	2019-07-08	2019-07-08	2019-07-08	2019-07-08	2019-07-08	2019-07-08	2019-07-08	2019-07-08	2019-07-08	2019-07-01	2019-07-01	2019-07-01	2019-07-01	2019-07-01	2019-07-01	2019-07-01	
Quantification Unit:	Kuhler scale (1-5)	Site-Location:	29-L	29-L	29-L	31-L	31-L	31-L	37-L	37-L	37-L	37-R	37-R	37-R	40-L	40-L	40-R	40-R	41-R	41-R	41-R	
		Remark:	31-L: No macrophytes were found on this transect																			
Species		Determination																				
Taxa group	Taxon name	Growth form	I054-29-I-MP-1	I054-29-I-MP-2	I054-29-I-MP-3	I054-31-I-MP-1	I054-31-I-MP-2	I054-31-I-MP-3	I054-37-I-MP-1	I054-37-I-MP-2	I054-37-I-MP-3	I054-37-R-MP-1	I054-37-R-MP-2	I054-37-R-MP-3	I054-40-I-MP-1	I054-40-I-MP-2	I054-40-R-MP-2	I054-40-R-MP-3	I054-41-R-MP-1	I054-41-R-MP-2	I054-41-R-MP-3	
Algae	Cladophora sp.	hy												3							4	3
Phenologytes	Sagittaria natans	hy	2	3	3	1			1						1	3						3
Spennophytes	Salvinia selaginella	am								3	3	2	2	2								3
Spennophytes	Utricularia ambigua	hy	2	3	3				3		2	2	2	2			2	2	3	2	3	3
Spennophytes	Ceratophyllum demersum	hy							3		2	2	2	2			4	4	4	3	3	1
Spennophytes	Rhodo sp.	hy							3													
Spennophytes	Rhodo nuttallii	hy							3													
Spennophytes	Hydrocharis morsus-ranae	hy	1	2	2	1																
Spennophytes	Lemna gibba	hy																				3
Spennophytes	Lemna minor	hy	3	3	3	3			3													3
Spennophytes	Myricophyllum spicatum	hy	1	1	1												4	4	4	1	1	
Spennophytes	Najas marina	hy															3	3				
Spennophytes	Najas lutea	hy																				3
Spennophytes	Potamogeton amphibia	am		2						3												3
Spennophytes	Potamogeton australis	he							3													3
Spennophytes	Potamogeton x angustifolius	hy									3	3										
Spennophytes	Potamogeton gramineus	hy											3	1		5	5	2	5			
Spennophytes	Potamogeton lucens	hy			1							4	4	3	2	1						4
Spennophytes	Potamogeton natans	hy																				3
Spennophytes	Potamogeton nodosus	hy			1																	4
Spennophytes	Potamogeton perfoliatus	hy										3	5	5		5	5	4	5	2		
Spennophytes	Rorippa amphibia	he						1														
Spennophytes	Sagittaria sagittifolia	am							3				2	4								3
Spennophytes	Spirodela polyrrhiza	hy	3	3	3	3			3	3							3	4				3
Spennophytes	Stuckenia pectinata	hy									3	3	4	4	3	4	3	4	5			
Spennophytes	Trapa natans	hy		1	1	1								3		2	4	4	1	1		
Spennophytes	Utricularia vulgaris	hy																				
Spennophytes	Vallisneria spiralis	hy								1			1		3	1			3	3	3	4
Spennophytes	Veronica beccabunga	hy																				3
LIST END																						
		N	45.860532	45.853747	45.845221	45.233786	45.235595	45.234628	44.808335	44.799823	44.790821	44.799348	44.792239	44.784778	44.830264	44.82756	44.809662	44.814113	44.284837	44.279322	44.271899	
		E	18.856707	18.858427	18.859697	19.382893	19.395075	19.407751	20.639537	20.635962	20.622775	20.628995	20.624329	20.620091	21.323911	21.328829	21.330228	21.330382	22.861536	22.872472	22.878947	
		RM	1426	1425	1424	1798	1797	1796	1148	1147	1146	1149	1148	1147	1078	1077	1078	1077	855	854	853	

Growth form – životna forma: hy – hidrofite; am – amfite; he – helofite

Prilog 6. Tabela makrofita zabeleženih tokom istraživanja deonica reke Dunav u Srbiji u okviru ove studije

	Dubovac A		Dubovac B		Labudovo okno		Slatina_Dunav		Slatina_Bara		Pančevo A		Pančevo A	
	A	LF	A	LF	A	LF	A	LF	A	LF	A	LF	A	LF
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	4	AP	4	AP	5	AP	4	AP						
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	5	SA	5	SA	5	SA	5	SA	5	SA	4	SA	5	SA
<i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleid.	3	AP			2	AP	4	AP					2	AP
<i>Lemna minor</i> L.	3				2	AP	3	AP						
<i>Trapa natans</i> L.					5	FL	5	FL						
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.					2	SP	3	SP						
<i>Lemna trisulca</i> L.					2	AP	1	AP						
Filamentous algae	3				2		3		3		2		3	
<i>Najas marina</i> L.	4	SA			3	SA	3	SA						
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	3	AP			2	AP								
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.							2	AP						
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm.			2	FL										
<i>Nymphaea alba</i> L.			3	FL					4	FL				
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	3	SA	3	FL			3	FL			2	FL		
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.			1	SA	4	SA	3	SA						
<i>Vallisneria spiralis</i> L.					4	SA	3	SA					1	SA
<i>Potamogeton gramineus</i> L.			1	SA			3	SA						
Microalgae at the bottom							5		4					
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud.					4	HE	3	HE	5	HE	2	HE		
<i>Lemna gibba</i> L.					2	FL								
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla					3	HE								
<i>Nymphoides peltata</i> (S. G. Gmel.) Kuntze					3	FL			4	FL				
<i>Butomus umbellatus</i> L.							4	HE			2		2	
<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner											4	SA	5	SA

A – Abundanca; LF – Životna forma prema MIDCC: akropleustofite (AP), submerzne pleustofite (SP), submerzne ukorenjene (SA), flotantne ukorenjene (FL), amfifite (AM), helofite (HE)

BIOGRAFIJA

Maja Novković je rođena 17.05.1990. u Somboru (Republika Srbija). Pohađala je osnovnu školu "Nikola Tesla" u Kljajićevu, koju završava 2005. godine kao nosilac Vukove diplome i đak generacije. Nakon osnovne škole upisuje Gimnaziju "Veljko Petrović" u Somboru koju završava 2009. godine sa odličnim uspehom. Iste godine upisuje osnovne akademske studije Ekologije na Departmanu za biologiju i ekologiju, Prirodno-matematičkog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu. Zvanje Diplomirani ekolog stiče 2013. godine. Tokom studija Maja je bila stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja za studente osnovnih studija, Vlade Republike Srbije, kao i stipendista Fonda za mlade talente Republike Srbije, stipendije „Dositeja“. Nakon osnovnih upisuje master akademske studije Ekologije modul Ekološki inženjering na istom fakultetu. Master studije Ekološkog inženjeringa završava 2014. godine odbranom završnog rada pod nazivom: "Distribucija funkcionalnih grupa makrofita u rečnom toku Dunava u odnosu na način upotrebe zemljišta u priobalju", pod mentorstvom prof. dr Snežane Radulović. Nakon mastera upisuje doktorske studije Ekologije pod metorstvom prof. Radulović.



Od 2012. godine Maja je uključena u rad grupe za Opštu i ekologiju biljaka, Departmana za biologiju i ekologiju učestvujući u istraživačkom radu grupe. Od 2015. godine je kao stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja za doktorante, Vlade Republike Srbije angažovana u istraživačkom radu, ali i izvođenju nastave na predmetima u okviru Katedre za ekologiju, a od 2018. godine zaposlena je kao asistent za užu naučnu oblast Ekologija na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu gde radi i trenutno.

Učesnik je sedam naučnih i četiri stručna projekta, od čega su četiri međunarodna (FP7, HORIZON Europe, Erasmus+). Nosilac je studentskog granta Rufford fondacije: *Toward Cost-Effective UAV-Assisted Multimetric System for Detection of Freshwater Patches of High Conservation Value within the Danube Floodplain in Serbia*. Autor je i koautor dva rada kategorije M21, četiri rada kategorije M22 i dva rada kategorije M23, jednog rada kategorije M24. Koautor je dva rada kategorije M51, dva rada M52 kategorije i jednog tehničkog rešenja kategorije M85. Učestvovala je na četiri međunarodne i dve nacionalne naučne konferencije na kojima je usmeno izlagala rezultate prijavljenih istraživanja. Pored navedenog, Maja je koautor preko 40 saopštenja na međunarodnim i domaćim konferencijama kategorija M34, M63 i M64. Učestvovala je u izradi šest Elaborata u vidu Privremenih planova upravljanja i Monitoringa na teritoriji zaštićenih prirodnih dobara u Vojvodini.

План третмана података

Назив пројекта/истраживања
Примена дигиталних UAV ортофотоснимача у интегрисаном мониторингу макрофита реке Дунав
Назив институције/институција у оквиру којих се спроводи истраживање
Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за биологију и екологију
Назив програма у оквиру ког се реализује истраживање
а) Програм научноистраживачког рада Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (Ев.бр. 451-03-68/2020-14/ 200125), (Ев.бр. 451-03-9/2021-14/ 200125), (Ев.бр. 451-03-68/2022-14/200125), (Ев.бр. 451-03-47/2023-01/200125), (Ев.бр. 451-03-66/2024-03/200125 и 451-03-65/2024-03/200125)
б) Rufford foundation grant: Toward Cost-Effective UAV-Assisted Multimetric System for Detection of Freshwater Patches of High Conservation Value within the Danube Floodplain in Serbia (2019-2020)
в) Ксенобиотици са хормонском активношћу: репродуктивни, метаболички развојни одговори и механизам дејства код одабраних модел организама и ћелијских линија; Евиденциони број пројекта: ОI 173037 (2014-2016)
г) FP7 SOLUTIONS (for present and future emerging pollutants in land and water resources management) ENV.2013.6.2-2 Toxicants, environmental pollutants and land and water resources management (2014 - 2016)
1. Опис података
1.1 Врста студије
На основу података преузетих са доступних извора (JDS, CORINE, TRY базе података) извршено је утврђивање релација између различитих еколошких фактора: физичко-хемијских и хемијских параметара воде, хидроморфолошких карактеристика обале и корита, као и начина употребе земљишта (<i>land use</i>) са абунданцом и дистрибуцијом појединачних врста макрофита, али приступа базираног на својствима врста (<i>trait based approach</i>). Спроведено је теренско истраживање макрофита на 26 локалитета акватичних станишта дуж тока Дунава у Србији. Прикупљене су информације о абунданци макрофита употребом метода трансекта (Келерова скала) и плота (DAFOR скала). Паралелно су прикупљене и фотографије употребом беспилотних летелица. На основу фотографија су креирани ортомозаици подручја, чијом објектном класификацијом су израђене мапе дистрибуције макрофита на истраживаним подручјима. Евалуацијом резолуције података добијених употребом оба приступа тестирана је могућност и оправданост увођења

технологије беспилотних летелица и истраживање и мониторинг макрофита великих хидросистема попут Дунава.

1.2 Врсте података

а) квантитативни

б) квалитативни

1.3. Начин прикупљања података

а) абунданца макрофита дуж лотичких и лентичких станишта реке Дунав

б) снимци, JPEG i TIFF фотографије лотичких и лентичких станишта реке Дунав

в) текст, преглед доступне литературе релевантне за истраживање

г) мапа локалитета, креирана на основу забележених централних координата сваког истраживаног локалитета помоћу стандардног GPS уређаја и тематских мапа у формату shapefile преузетих са отворених online портала

д) еколошке карактеристике врста, преузете из TRY базе података

ђ) начин употребе замљишта у приобаљу, преузете са CORINE платформе

е) абунданца макрофита, преузета из JDS3 базе података

ф) физичко-хемијски и хемијски параметри воде, хидроморфолошки параметри обале и речног корита преузети из JDS3 базе података

1.3 Формат података, употребљене скале, количина података

1.3.1 Употребљени софтвер и формат датотеке:

а) Excel фајл, датотека .xls, .xlsx

б) SPSS фајл, датотека

в) PDF фајл, датотека .pdf

г) Текст фајл, датотека.doc, .docx

д) JPG фајл, датотека .jpeg

е) Остало, датотека: .tiff, .geotiff, .dbf, .shp, .kml, .kmz, .txt, .csv

1.3.2. Број записа (код квантитативних података)

- а) број варијабли до 189 у зависности од методе
- б) број мерења (испитаника, процена, снимака и сл.) је био различит у зависности од примењене анализе

1.3.3. Поновљена мерења

- а) да
- б) не**

Да ли формати и софтвер омогућавају дељење и дугорочну валидност података?

- а) Да**
- б) Не

2. Прикупљање података

2.1 Методологија за прикупљање/генерисање података

2.1.1. У оквиру ког истраживачког нацрта су подаци прикупљени?

- а) **експеримент**, тестирање могућности и начина увођења технологије беспилотних летелица у мониторинг и мапирање макрофита
- б) **корелационо истраживање**, поређење типа и резолуције података добијених употребом различитих приступа у прикупљању и обради података о макрофитама, традиционалног стандардног приступа и употребе беспилотних летелица у истраживању и мониторингу макрофита, анализе релација различитих индикатора макрофита дуж тока Дунава са одабраним еколошким факторима
- в) **анализа текста**, је подразумевала евалуацију адекватних и доступних литературних због дефинисања циљева докторске дисертације, креирања плана истраживања, одабира метода које ће бити примењене и дискутовања резултата
- г) **остало, претрага база података** на интернету и преузимање потребних информација о абунданци начину употребе земљишта у приобаљу Дунава (CORINE платформа) и еколошких карактеристика макрофита (TRY база података), **теренско прикупљање података** о абунданци макрофита дуж истраживаних локалитета и прикупљање фотографија беспилотним летелицама истраживаних локалитета.

2.1.2 Навести врсте мерних инструмената или стандарде података специфичних за одређену научну дисциплину (ако постоје).

ГИС софтвери за фотограметријску обраду прикупљених снимака, креирање ортомозаика, израду дигиталних мапа подручја и анализе просторних података (QGIS, ArcGis, Pix4D,), ГПС уређаји, беспилотне летелице, статистички софтвери за обраду података (CANOCO, Statistica, Rstudio)

2.2 Квалитет података и стандарди

2.2.1. Третман недостајућих података

а) Да ли матрица садржи недостајуће податке? Да **Не**

2.2.2. На који начин је контролисан квалитет података? Описати

Контрола квалитета података је извршена применом статистичких програмских пакета, и упоређивањем добијених резултата са подацима из доступних и релевантних литературних извора.

2.2.3. На који начин је извршена контрола уноса података у матрицу?

Контрола уноса података у матрицу је урађена поређењем са подацима из доступних литературних извора.

3. Третман података и пратећа документација

3.1. Третман и чување података

3.1.1. Подаци ће бити депоновани у Репозиторијуму докторских дисертација Универзитета у Новом Саду (CRIS) и Заједничком порталу свих докторских дисертација и извештаја комисија о њиховој оцени на универзитетима у Србији (NARDUS).

3.1.2. URL адреса URL: адреса <https://www.cris.uns.ac.rs/index.jsf> и <https://nardus.mpn.gov.rs/>

3.1.3. DOI _____

3.1.4. Да ли ће подаци бити у отвореном приступу?

а) Да

б) Да, али после ембарга који ће трајати до _____

в) Не

3.1.5. Подаци неће бити депоновани у репозиторијум, али ће бити чувани.

Образложење

Докторска дисертација са прилогом ће бити депонована у Репозиторијуму докторских дисертација у Универзитету у Новом Саду (CRIS) и Заједничком порталу свих докторских дисертација и извештаја комисија о њиховој оцени на универзитетима у Србији (NARDUS).

3.2 Метаподаци и документација података

3.2.1. Који стандард за метаподатке ће бити примењен?

3.2.1. Навести метаподатке на основу којих су подаци депоновани у репозиторијум.

3.3 Стратегија и стандарди за чување података

3.3.1. До ког периода ће подаци бити чувани у репозиторијуму? Неограничено

3.3.2. Да ли ће подаци бити депоновани под шифром? Да **Не**

3.3.3. Да ли ће шифра бити доступна одређеном кругу истраживача? Да **Не**

3.3.4. Да ли се подаци морају уклонити из отвореног приступа после извесног времена?

Да **Не**

Образложити

4. Безбедност података и заштита поверљивих информација

Овај одељак МОРА бити попуњен ако ваши подаци укључују личне податке који се односе на учеснике у истраживању. За друга истраживања треба такође размотрити заштиту и сигурност података.

4.1 Формални стандарди за сигурност информација/података

Истраживачи који спроводе испитивања с људима морају да се придржавају Закона о заштити података о личности (https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_podataka_o_licnosti.html) и одговарајућег институционалног кодекса о академском интегритету.

4.1.2. Да ли је истраживање одобрено од стране етичке комисије? Да **Не**

Ако је одговор Да, навести датум и назив етичке комисије која је одобрила истраживање

4.1.2. Да ли подаци укључују личне податке учесника у истраживању? Да **Не**

5. Доступност података

5.1. Подаци ће бити

а) јавно доступни

б) доступни само уском кругу истраживача у одређеној научној области

ц) затворени

5.4. Навести лиценцу под којом ће прикупљени подаци бити архивирани.

Ауторство – некомерцијално – без прераде

6. Улоге и одговорност

6.1. Навести име и презиме и мејл адресу власника (аутора) података

Маја Новковић, maja.novkovic@dbe.uns.ac.rs

6.2. Навести име и презиме и мејл адресу особе која одржава матрицу с подацима

Маја Новковић, maja.novkovic@dbe.uns.ac.rs

6.3. Навести име и презиме и мејл адресу особе која омогућује приступ подацима другим истраживачима

Маја Новковић, maja.novkovic@dbe.uns.ac.rs