

Ekoton staništa u rijekama i jezerima

Rumišek, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:914273>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

EKOTON STANIŠTA U RIJEKAMA I JEZERIMA
(Ecotone in rivers and lakes)

Mario Rumišek
Preddiplomski studij biologije
(Undergraduate Study of Biology)
Mentor: Izv. prof. dr. sc. Maria Špoljar

Zagreb, 2017.

SADRŽAJ

1. DEFINICIJA I ZNAČAJ EKOTONA	2
2. EKOTON STANIŠTA IZVORIŠNIH PODRUČJA.....	3
3. EKOTON STANIŠTA MAKROFITSKIH SASTOJINA.....	5
4. EKOTON STANIŠTA U PODRUČJU ESTUARIJA	9
5. SAŽETAK.....	12
6. SUMMARY	Error! Bookmark not defined. 13
7. LITERATURA.....	14

1. DEFINICIJA I ZNAČAJ EKOTONA STANIŠTA

Ekoton je prijelazno područje između susjednih ekoloških sustava koji imaju skup karakterističnih svojstava jedinstveno definiranih prostorom, vremenom i međusobnim interakcijama dvaju ekoloških sustava (Risser 1990). Ekotoni su najnestabilnija staništa jednog ekosustava, a odlikuju se velikom bioraznolikošću vrsta koje pripadaju graničnim ekosustavima (Castro i sur. 2005, Chambers i sur. 2008). Ekotoni se mogu pojaviti u svim ekosustavima, vodenim i kopnenim, kao oštra granica (npr. dva oceana koja se dodiruju, ali nema puno interakcije između njih) ili kao postepeni prijelaz na većem području (npr. estuariji). Poznavanje ekotona i nova stalna istraživanja bitna su zbog velikog bogatstva vrsta koje obitavaju u njima, njihove uloge kao pufer-zone, gdje zaštićuju ekosustav od moguće štete koja mu prijeti, npr. močvare mogu absorbirati razne štetne tvari i tako spriječiti njihovo ispiranje u rijeku ili jezero. Iz tih je razloga važna briga za očuvanjem ovih staništa te podizanje svijesti o njihovoj ulozi u ekosustavima (www.eoi.es).

Ovaj rad usmjeren je na pregled ekotona slatkovodnih ekosustava zbog njihove važnosti kao izvora pitke vode, raznolikosti staništa i vrsta, a koje je ugroženo raznim ljudskim aktivnostima, npr. ispuštanjem otpadnih voda u rijeke i jezera. U ovom radu analizirani su sljedeći ekotoni, svaki zbog svoje specifičnosti: (i) izvorišna područja zbog pojavljivanja velike stope endemizma; (ii) sastojine makrofita zbog velike bioraznolikosti zooplantona i njihovog velikog utjecaja na stabilnost vodenih sustava te (iii) estuarije zbog njihove visoke produktivnosti i stalne promijenjivosti okolišnih uvjeta.

2. EKOTON STANIŠTA IZVORIŠNIH PODRUČJA

Izvori (Grč. *krēnē*- izvor) predstavljaju zonu izlaska podzemne vode na površinu Zemlje i stvaranje površinskog toka rijeke ili potoka (Gottstein i sur. 2012). Izvori imaju dvije glavne ekološke zone, eukrenal koji obuhvaća sami početak izvora i hipokrenal koji obuhvaća nastali površinski tok. Obilježavaju ih stalni okolišni uvjeti, temperatura vode, količina otopljenog kisika, svjetlost, brzina toka i kemijski sastav (Likens 2009).

Izvore prema morfologiji možemo podijeliti na više tipova, a najčešći su:

- reokreni – podzemna voda iz izvora nastavlja teći kao potok
- helokreni – podzemna voda izlazi kroz muljevitu podlogu i stvara močvaru prekrivenu helofitskom vegetacijom (npr. *Carex elata* - busenasti šaš)
- limnokreni – podzemna voda se zadržava na izvoru i stvara ujezerenje

Odlikuju se stabilnim ekološkim čimbenicima, a najbitnija je temperatura vode, koja zajedno s ostalima čimbenicima (Tablica 1.) određuje sastav organizama koji žive u području izvora – plošnjaci (Platyhelminthes), ličinke kukaca (Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, Plecoptera), rakušci (Amphipoda), jednakonošci (Isopoda), mekušci (Gastropoda) (Gottstein i sur. 2007). Organizmi izvorišnih staništa podijeljeni su prema prilagođenosti na ekološke uvjete izvorišnog područja na (Reiss i sur. 2016) (Sl. 1.):

- krenobionti – nastanjuju isključivo samo izvore
- krenofili - najčešće nastanjuju izvore, ali i dio toka nizvodno od izvora
- krenokseni – netipični za izvore, u izvorima se pojavljuju isključivo slučajno

U većini istraživanih izvora na području Njemačke i Švicarske, Reiss i suradnici (2016), zabilježili su da oko 50 % organizama čine krenobionti, oko 30 % krenofili, što znači da izvore većinom nastanjuju organizmi koji su specifično prilagođeni na okolišne uvjete izvora. Također su zabilježili nisku bioraznolikost u kiselim izvorima gdje su se većinom nalazili krenokseni, s jako malim udjelom krenofila.

Tablica 1. – glavne karakteristike podzemnih i površinskih voda (Prema Likens 2009)

Podzemna voda	Površinska voda
Stalni kemijski sastav	Kemijski sastav se mijenja
Visoki postotak mineralizacije	Niski postotak mineralizacije
Mala zamućenost	Velika zamućenost
Veći udio CO ₂	Veći udio O ₂
Bez mikroorganizama	Prisutnost mikroorganizama
Visoka tvrdoća vode	Niska tvrdoća vode
H ₂ S, Fe, Mn	Mogućnost kemijskog onečišćenja



Slika 1. Raspodjela karakterističnih vrsta prema načinu života u izvorišnim staništima (prema Martin i Brunke, 2012)

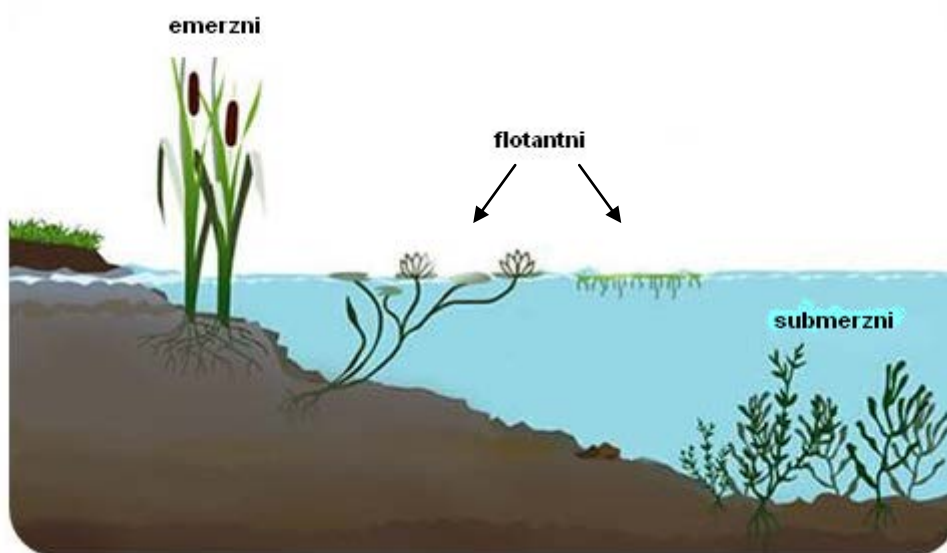
3. EKOTON STANIŠTA MAKROFITSKIH SASTOJINA

Makrofiti su raznolika skupina vodenih fotosintetskih organizama, vidljivih golim okom, čiji vegetativni dijelovi aktivno rastu, stalno su ili periodički potopljene, plutajući površinom ili rastu kroz površinu vode (Chambers i sur. 2008).

Morfološki se razlikuju 4 tipa vodenih makrofita:

- emerzni makrofiti - biljke ukorijenjene u potopljenom ili periodično plavljenom tlu s izdancima koji se pružaju u zrak kroz površinu vode (npr. *Typha latifolia*-rogoz)
- makrofiti plutajućih listova - biljke ukorijenjene u tlu s listovima koji plutaju na površini vode (npr. *Nymphaea alba* - lopoč)
- slobodno plutajući makrofiti - biljke koje plutaju na površini ili neposredno ispod površine vode (npr. *Salvinia natans*-nepačka)
- submerzni makrofiti - biljke potpuno uronjene u vodu, s korijenom ili korijenskim analogom pričvršćenim za supstrat (npr. Rod *Myriophyllum*-krocanj)(Sl.2, Tablica 2).(Fressl 2010).

Zajednice makrofita imaju višestruki utjecaj na vodeni ekosustav. Smanjuju eroziju, obogaćuju vodu kisikom, za izgradnju svoje biomase koriste hranjive tvari (nutrijente) koji su zatim manje dostupni fitoplanktonu, čime smanjuju njihovu abundanciju i time smanjuju eutrofikaciju jezera. (Špoljar i sur. 2011).

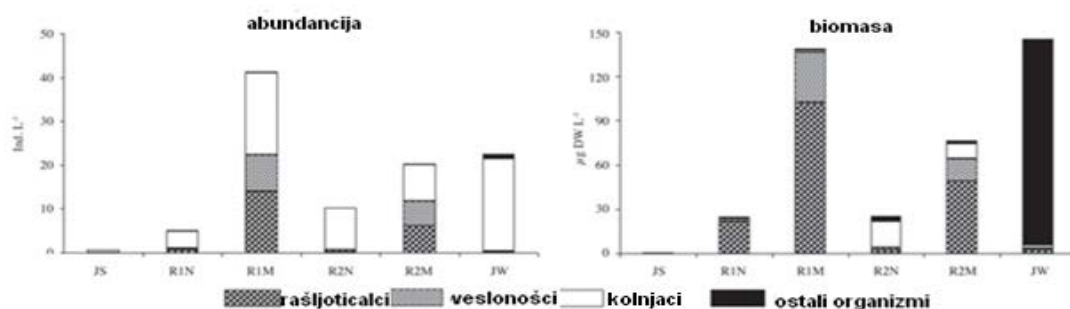


Slika 2. Zonacija makrofita u litoralnoj zoni

(preuzeto: ksuweb.kennesaw.edu/~jdirnber/limno/LecWetland/LecWetland.html)

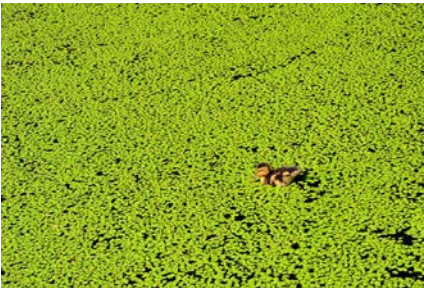
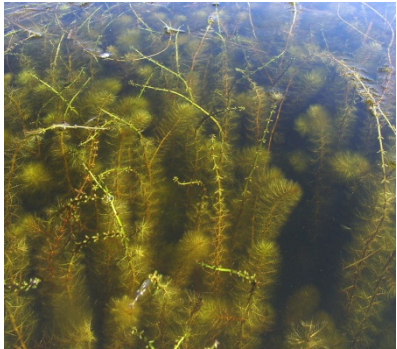
Zajednice makrofita ima višestruki značaj za razvoj i zaštitu zooplanktona, a glavne skupine zooplanktona su kolnjaci(Rotifera), veslonošci(Copepoda) i rašljoticalci(Cladocera). Makrofiti predstavljaju staništa koja služe zooplanktonu za zaštitu od predatora - ličinki kukaca i malih riba(Špoljar i sur. 2012 a). Mikrostanista se nalaze u području rizosfere, stabljike i listova te između različitih vrsta makrofita koji prekrivaju vodenu površinu ili dno, a vrsta, oblik i starost makrofita utječu na raznolikost zooplanktonskih vrsta (Duggan 2001).Submerzni makrofiti složenom građom pružaju mnoga mikrostanista u svrhu skloništa zooplanktonu, znatno više od ostalih morfoloških tipova makrofita. Za razvoj submerznih makrofitima potrebna je velika količina svjetlosti u vodi zbog čega ih ne nalazimo u замуćenim vodama. Istraživanjem na eutrofnom jezeru Frederiksborg Slotssø prekrivenim samo emerznim i flotantnim makrofitima, zabilježena je 60 puta veća gustoća rašljoticala u zoni makrofita nego u zoni slobodne vode (Cazzanelli i sur. 2008).

U istraživanju koje su Špoljar i suradnici(2012).proveli na dva umjetna ujezerenja potoka Jankovca u Parku prirode Papuk, utvrđeno je povećanje kisika u području jezera koje je prekriveno submerznim makrofitima, gdje su većinski udio sačinjavale vrste *Potamogeton natans* L. – plivajući mrijesnjak i *Hippuris vulgaris* L.– obični borak. U tim područjima također je zabilježena i veća bioraznolikost zooplanktona u odnosu na pelagijal jezera bez makrofita (Sl.3., Sl. 4). Utvrđeno je i prevladavne kolnjaka u području makrofita i dijelovima jezera bez makrofita, dok se abundancija rašljoticalaca, veslonožaca i ostalog zooplanktona značajno povećala u području koje je pokriveno makrofitima. Gledajući veličinu tijela organizama, u području makrofita prevladavale su veće vrste rašljoticalaca, dok su u slobodnoj vodi (području bez makrofita) prevladavale manje vrste. Rezultati rada ukazivali su da na veće vrste rašljoticalaca negativno utječe veća brzina strujanja vode, dok su manje vrste tolerantnije na brzinu strujanja vode. Na sastav zajednica pozitivno su utjecale veća dostupnost hrane i alge u području makrofita, te detritus, dok je brzina strujanja vode imala negativan utjecaj na bioraznolikost. Velikoj bioraznolikosti doprinijela je i složena struktura vrste *H.vulgaris*, koja je svojom građom pružila puno prostora za skrivanje zooplanktona od predatora i njihov siguran razvoj(Špoljar i sur. 2012b).



Slika 3. Abundancija i biomasa zooplanktona na postajama s makrofitima (R1M, R2M) i postajama bez makrofita (R1N, R2N) (Prema Špoljar i sur. 2012)

Tablica 2. Prikaz ekoloških uvjeta i primjeri makrofita (prema Špoljar i sur. 2012 b, Cazzanelli i sur. 2008)

Emerzni	Flotantni	Submerzni
Ekološki uvjeti		
O ₂ ↓	O ₂ ↓	O ₂ ↑
Svjetlost ↓	Svjetlost ↓	Svjetlost ↑
	Količina nutrijenata ↑	Količina nutrijenata ↓
	Temperatura ↓	
Primjeri makrofita		
 <i>Typha latifolia</i> Rogoz	 <i>Lemna minor</i> Vodena leća	 <i>Hippuris vulgaris</i> Obični borak
 <i>Phragmites sp.</i> Trstika	 <i>Nymphaea alba</i> Bijeli lopoč	 <i>Myriophyllum verticillatum</i>

Emerzni	Flotantni	Submerzni
 <i>Pelophylax ridibundus</i> Velika zelena žaba	 <i>Pelophylax esculenta</i> Zelena žaba	 <i>Daphnia</i> sp. (Cladocera)
 <i>Chydorus ovalis</i> (Cladocera)	 <i>Scardinius erythrophthalmus</i> Mlad crvenperke	 <i>Bosmina longirostris</i> (Cladocera)
 Ostracoda	 <i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (Cladocera)	 <i>Eudiaptomus gracilis</i> (Copepoda)
 <i>Colurella obtusa</i> (Rotifera)	 <i>Hythinella dunkeri</i> (Gastropoda)	 <i>Keratella cochlearis</i> (Rotifera)
 Nematoda		

Slika 4. Raspodjela karakterističnih vrsta za različite makrofitske sastojine

(prema Špoljar i sur. 2012 b, Cazzanelli i sur. 2008)

4. EKOTON STANIŠTA U PODRUČJU ESTUARIJA

Estuariji su staništa između riječnih i morskih ekosustava, odnosno područja ušća rijeke u more pri čemu se stvara jedinstveni i složeni ekosustav koji se prema (Galkin i sur. 2008) može podijeliti u tri zone :

- Gornji ili riječni estuarij kojeg obilježava slatka voda, ali je podložen svakodnevnom djelovanju plime (salinitet ~0-5 ppt – oligohalina zona)
- Srednji estuarij kojeg obilježava jako miješanje slane i slatke vode(salinitet ~15 ppt – mezohalina zona)
- Donji ili morski estuarij kojega obilježava slana voda i ima skoro ista svojstva kao i more(30-35 ppt - polihalina zona)

Estuarij je nestabilan sustav zbog interakcija fizičkih, geoloških, kemijskih i bioloških čimbenika dva različita ekosustava (www.marine.tmd.go.th). Neka od fizičkih obilježja estuarija su :

Salinitet –mijenja se prilikom pomicanja slanog klina,“*salt wedge*“, (morska voda koja je rezultat plime, gušća je od slatke vode iz rijeke i nalazi se na dnu). Stvara se stabilna haloklina i dvije vodene mase koje se ne miješaju

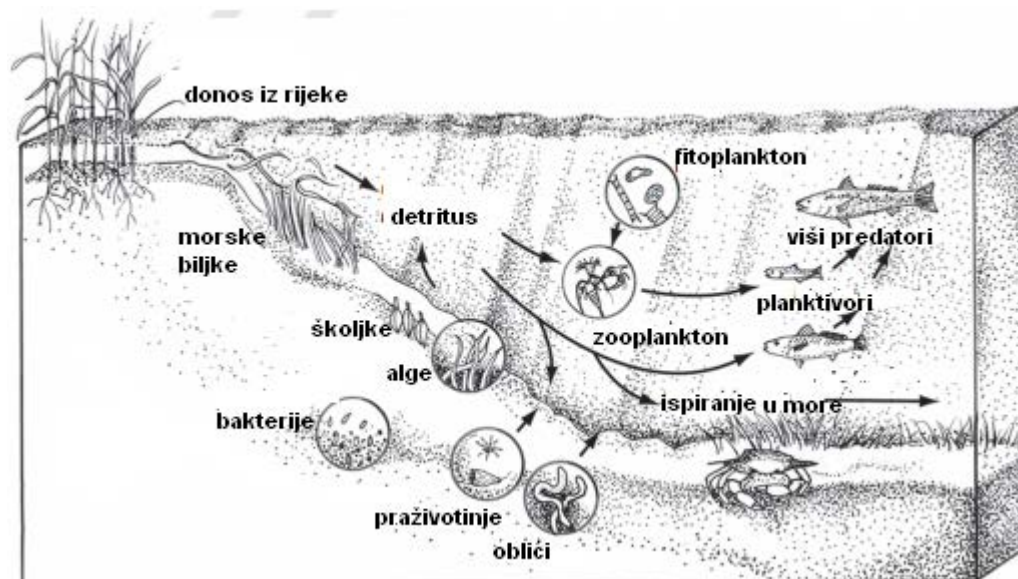
Plima- važna u izmjeni saliniteta i dotoku slane vode u estuarij. Nema velike vertikalne oscilacije nego horizontalne, ulazi u estuarij i pritom stvara jake struje

Temperatura- zbog velike površine estuarija i male količine vode, voda se brzo grije i hladi te postoje velike oscilacije

Prozirnost – u gornjem estuariju, kod dodira slatke i slane vode prozirnost je najmanja dok u donjem estuariju gdje se nalazi samo slana voda je najveća. Važna za fotosintezu jer rezultira većom količinom svjetlosti koja povećava stopu fotosinteze.

Estuariji se svrstavaju u jedne od najproduktivnijih ekosustava zbog velike količine hranjivih tvari koje rijeke donose u obliku detritusa i koje nastanu razlaganjem biljnih tvari unutar samog estuarija(Sl. 5). Nutrijente najbolje iskorištava fitoplanton, a povećanje brojnosti fitoplanktona pogoduje razvoju zooplanktona kojim se hrane mlade ribe, stoga su estuariji pogodno područje za razmnožavanje i razvoj mladih mnogih vrsta riba(npr. *Lampetra zanandreae*- primorska paklara). Povećanju količine hranjivih tvari pogoduje i plima koja ne dopušta njihovo odnošenje iz estuarija te pomičući sediment na dnu sprječava taloženje i povećava dostupnost hranjivih tvari u stupcu vode. Zbog takvog djelovanja plime

estuariji se mogu smatrati i kao pufer zone smanjujući izlazak štetnih tvari u more (Carstensen i sur. 2006).



Slika 5. Prikaz hranidbene mreže i protoka tvari u estuariju

(Carstensen i sur. 2006)

U estuariju rijeke Ob zabilježeno je postojanje tri glavna biocenološka sastava. Prvi koji se sastoji od rakova i rakušaca, drugi od školjakaša, te treći od bodljikaša. Isti/identični biocenološki sastavi zabilježeni su i nekoliko godina prije (Galkin i sur. 1998), ali s pravilnim promjenama u prostoru. Zabilježena je i izmjena organizama s promjenama ekoloških čimbenika, od kojih je najveći utjecaj imao salinitet. U gornjem dijelu estuarija sa salinitetom od 0.855 ‰, u uzorcima je bila samo jedna vrsta raka, *Saduria entomon*. U srednjem dijelu estuarija (salinitet- 24.4 ‰) pojavljuju se vrste *Saduria sibirica* i *S. sabini* koje u potpunosti zamjenjuju, gornjoestuarijsku vrstu *S. entomon*. Rastom saliniteta prema donjem estuariju, raste i dominacija vrste *S. sabini* i istiskivanje eurihaline *S. sibirica*. Drugi primjer je zamjena vrste školjakaša *Portlandia aestivalis*, koji naseljava bočate vode, morskom vrstom *P. arctica* i to u vrlo uskom rasponu saliniteta od 29.5 ‰ do 32.1 ‰ (Galkin i sur. 2009).

Tablica 3. Okolišni čimbenici estuarija rijeke Ob,
(prema Galkin i sur. 2009.)

Gornji estuarij (rijeka)  Donji estuarij (more)	Organski C u suspenciji, (μ g/l)	Tempereatura,(°C)	Salinitet, (‰)	Udio O ₂ , (ml/l)	pH
	1608	6.05	0.855	8.2	7.52
		4.35	8.690	7.13	7.53
	1241	2.24	24.443	7.36	7.83
	2734	0.09	29.525	6.94	7.86
	1253	0.80	32.125	5.64	7.77
		1.15	32.286	6.83	7.92
	440	1.13	32.852	7.03	8.00
		0.96	34.036	7.02	8.02

5. SAŽETAK

Ekoton je prijelazno područje između susjednih ekoloških sustava koji imaju skup karakterističnih svojstava definiranih međusobnim interakcijama dvaju ekoloških sustava, s izraženim gradijentom jednog ili dva okolišna čimbenika. Ekoton staništa su područja s iznimnom bioraznolikošću, a nalazimo ih u vodenim i kopnenim ekosustavima. U ovom radu analizirani su ekotoni koje nalazimo u slatkovodnim ekosustavima, a to su izvori, sastojine makrofita i estuariji.

Izvore obilježavaju stabilni ekološki uvjeti kao što su niske temperature vode i velika zasićenost kisikom, a nastanjuju ih krenobionti, organizmi koji su prilagođeni na specifične ekološke uvjete izvorišnih staništa. Zajednice makrofita imaju značajnu ulogu u održavanju ravnoteže vodenog ekosustava: ugrađuju hranjive tvari u svoju biomasu i smanjuju abundaciju fitoplanktona čime smanjuju eutrofikaciju, povećavaju prozirnost, obogaćuju vodu kisikom te pružaju izvore hrane i zaštitu zooplanktonu od predatora čime znatno povećavaju bioraznolikost staništa u odnosu na staništa bez makrofita. Rub makrofitskih sastojina i pelagijala je poznato ekoton područje sa specifičnim vrstama (npr. *Daphnia* sp.). Estuarije obilježavaju promjenjivi ekološki uvjeti, s dominantnim gradijentom saliniteta te pripadajućih i karakterističnih biocenoza. Svrstavaju se u najproduktivnije ekosustave zbog velike količine hranjivih tvari koje rijeke donose u obliku detritusa i plime koja sudjeluje u zadržavanju i boljoj iskoristivosti nutrijenata unutar estuarija.

Ključne riječi: izvori, makrofiti, estuarij, zooplankton, makrozoobentos

6. SUMMARY

Ecotone is a transitional habitat between adjacent ecological systems that have a set of characteristic properties defined by mutual interactions of two ecosystems with a marked gradient of one or two environmental factors. Ecotones are an area of exceptional biodiversity and are found in aquatic and terrestrial ecosystems. The ecotones present in freshwater ecosystems are considered in this survey: springs, macrophytes and estuaries.

Springs are characterized by stable ecological conditions, low water temperatures and high oxygen saturation. Spring habitats are mostly inhabited with organisms specifically adapted to the ecological conditions of springs (crenobionts). Macrophytes play a significant role in maintaining the equilibrium of the aquatic ecosystem: nutrients and reducing phytoplankton abundance, reducing eutrophication, increasing transparency and dissolved oxygen concentration as well as providing food sources and zooplankton protection from predators, thus greatly increasing the habitat biodiversity. The edge of the macrophytic stands and pelagial is the known eco-area with specific species (eg. *Daphnia* sp.). Estuaries are characterized by unstable ecological conditions, with a dominant salinity gradient and associated biocenoses. They are included in the most productive ecosystems due to the large amount of nutrients that the rivers bring in the form of detritus and tide that contributes to the retention and better utilization of nutrients within the estuaries.

Keywords: Zooplankton, Springs, Macrozoobenthos, Macrophytes, Estuaries

7. LITERATURA

- Castro B. B., Antunes S. C., Pereira R., Soares, A. M. V. M. i Goncalves S. F., 2005. Rotifer community structure in three shallow lakes: seasonal fluctuations and explanatory factors.
- Carstensen J., Conel D. J., Andersen J. H., Aertebjerg G., 2006. Coastal eutrophication and trend reversal: A Danish case study. *Limnol. Oceanogr.*, 51(1, part 2), 2006, 398–408
- Cazzanelli M., Warming T. P., Christoffersen K. S., 2008. Emergent and floating-leaved macrophytes as refuge for zooplankton in a eutrophic temperate lake without submerged vegetation. *Hydrobiologia* 605 :113-122
- Chambers, P. A., Lacoul, P., Murphy, K. J. i Thomaz, S. M., 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 9-26.
- Duggan I. C., 2001. The ecology of periphytic rotifers. *Hydrobiologia* 446/447: 139-148.
- Fressl J., 2010. Utjecaj emerzne vegetacije na sastav zooplanktona i epifitona u rukavcima rijeke Krapine. Diplomski rad na Biološkom odsjeku PMF-a, Sveučilište u Zagrebu.
- Galkin S. V., Rybakova E. I., 2010. Macrobenthos of the Ob River Estuarine Zone
- Galkin V. S., 1998 “Studies of Macrobenthos of the Kara Sea in Cruise 49 of R/V “Dmitrii Mendeleev”,” in *Benthos of High_Latitudinal Areas*, Ed. by A. P. Kuznetsov and O. N. Zezina (IORAN, Moscow, 1998), pp. 34–41
- Gottstein S., Ivković M., Ternjej I., Jalžić B., Kerovec M., 2007. Environmental features and crustacean community of anchihaline hypogeanwaters on the Kornati islands, Croatia. Gottstein S., Kršinić F., Ternjej I., Jalžić B., 2012. Shedding light on crustacean species diversity in the anchihaline caves of Croatia. *Natura Croatica* 21:54-58.
- Hydrobiologia* 543: 221-232.
- Kalff J., 2002. *Limnology: Inland Water Ecosystems*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Likens G., 2009. *Encyclopedia of inland waters, Biology of springs*
- Marine Ecology* 28(Suppl. 1):24-30
- Martin P., Brunke M., 2012. Faunal typology of lowland springs in northern Germany. *Freshwater Science*, 2012, 31(2):542–562
- Reiss M., Martin P., Gerecke R., Von Fumetti S., 2016 Limno-ecological characteristics and distribution patterns of spring habitats and invertebrates from the Lowlands to the Alps. *Environmental Earth Sciences* 75
- Risser G., 1990. The ecological importance of land-water ecotones. *The Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones* 4

Špoljar M., Dražina T., Šargač J., Borojević K. K., Žuntinić P., 2011. Submerged acrophytes as a habitat for zooplankton development in two reservoirs of a flow-through system (Papuk Nature Park, Croatia). *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 48 (2012) 161–175

Špoljar M., Fressl J., Dražina T., Meseljević M., Grčić Z., 2012a. Epiphytic metazoans on emergent macrophytes in oxbow lakes of the Krapina River, Croatia: differences related to plant species and limnological conditions. *Acta Bot. Croat.* 71 (1), 125–138

Špoljar M., Šneller D., Miliša M., Lajtner J., Sertić Perić M. i Radanović I., 2012b. Entomofauna sastojina submerznih makrofita u umjetnim ujezerenjima (Park prirode Papuk). *Entomol. Croat.* 2012. Vol. 16.

www.eoi.es/blogs/davidthorpe/2014/01/16/the-importance-of-ecotones/

www.marine.tmd.go.th/marinemet_html/lect21.html