

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO
ŠTUDIJA EKOLOŠKEGA STANJA UMETNEGA RIBNIKA Z
ANALIZO ZDRUŽBE MAKROBENTOSA

ANA ŽAGAR

VELENJE, 2020

DIPLOMSKO DELO
**ŠTUDIJA EKOLOŠKEGA STANJA UMETNEGA RIBNIKA Z
ANALIZO ZDRUŽBE MAKROBENTOSA**

ANA ŽAGAR
Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: prof. dr. Andrej Čokl
Somentorica: dr. Raquel Jimenez-Melero

VELENJE, 2020



Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja Ana Žagar lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Študija ekološkega stanja umetnega ribnika z analizo združbe makrobentosa.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Study of the ecological state of an artificial pond by means of the macrobenthic community analysis.

Mentor: prof. dr. Andrej Čokl

Somentorica: Raquel Jimenez-Melero.

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Ana Žagar, vpisna številka 34170050, študentka visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtorica diplomskega dela z naslovom Študija ekološkega stanja umetnega ribnika z analizo združbe makrobentosa, ki sem ga izdelala pod mentorstvom prof. dr. Andreja Čokla in somentorstvom dr. Raquel Jimenez-Melero.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala Vesna Rižnik, profesorica slovenskega jezika;
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum:

Podpis avtorice:

ZAHVALA

Iskreno bi se zahvalila vsem, ki ste mi na kakršen koli način pomagali pri izdelavi diplomskega dela. Predvsem profesorju dr. Andreju Čoklu in profesorici dr. Raquel Jimenez-Melero za nudeno pomoč in podporo pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvala gre tudi Visoki šoli za varstvo okolja za celotno Erasmus izkušnjo, saj moja diplomska naloga temelji na mojem opravljenem delu na Univerzi Jaen v Španiji.

»Izraziti hvaležnost. Izpovedati jo. Tako, povsem iz srca. Izpovedati jo takrat, ko jo iskreno začutiš. Brez leporečja in narejenosti. Razodeti jo v vsej resnici, čisto odprto, tako kot se zjutraj razpre nebo in obsije z novo zarjo vso zemljo, brez pridržkov in senc. «

— Jože Urbanija

IZVLEČEK

V diplomskem delu sem z analizo prisotnih bentoških nevretenčarjev predstavila kvaliteto stanja vodnega okolja. Območje raziskave je bil umetni ribnik Univerze Jaen v Španiji. Z analizo sem ugotovila, katere družine bentonških nevretenčarjev se nahajajo v vodnem mediju, določila sem njihovo številčnost in številčnost osebkov v populaciji posamezne družine.

Bentoški makroinvertebrati (večji nevretenčarji) so biološki pokazatelji ekološkega stanja ekosistema. Nahajajo se povsod v vodnih ekosistemih, tako na dnu kot v prosto gibajoči se vodi.

Primerjala sem vzorec iz leta 2013 in leta 2018 ter ugotavljala morebitne spremembe.

Vzorec je bil odvzet tako, da je zajemal celoto vse od dna do površja, torej vodo vključno s trdnimi delci. Pri vzorčenju sem odvzela 1 L vzorca in ga konzervirala z dodatkom 4% formola. Z določitvijo taksonomske družine združbe makrobentosa ter s poznavanjem njihovega življenja sem lahko v nadaljevanju določila pionirske vrste. Z določitvijo številčnosti družin sem kasneje določila IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party) indeks. Indeks temelji na podlagi predhodno določenih točk, ki pripadajo vsaki specifični taksonomski družini. Pred določitvijo IBMWP indeksa sem določila vse taksonomske družine, ki se nahajajo v vzorcu, pri čemer pa številčnost v posamezni taksonomski družini ni pomembna. S pomočjo protokola sem vsaki taksonomski družini v vzorcu pripisala določene točke in jih med seboj seštevala tako, da so bile vštete vse v vzorcu prisotne taksonomske družine. Tako sem dobila vrednost indeksa, ki je pokazal zelo dobro, dobro, zmerno, slabo ali zelo slabo ekološko stanje. Po IBMWP indeksu smo za leto 2013 izbrali 21 točk, ki ekološko stanje uvršča med slabo. V vzorcu iz leta 2018 pa smo izbrali 37 točk, kar pomeni da sem lahko vzorec uvrstila med zmerno ekološko stanje.

Z določevanjem taksonomskih družin in štetjem posameznih organizmov, sem določila tudi upad ali zvišanje biodiverzitete združbe makrobentosa.

Ključne besede: bentoški nevretenčarji, makroinvertebrati, pionirske vrste, IBMWP indeks

ABSTRACT

In my thesis, I presented the quality of aquatic environment by analysing the benthic invertebrates in it. The area of the experiment was an artificial pond of the University of Jaen in Spain. Through the analysis, I established which families of benthic invertebrates are present in the aqueous medium, as well as determined their abundance and the abundance of specimens in the population of each family.

Benthic macroinvertebrates are biological indicators of the ecological status of an ecosystem. They are found everywhere in aquatic ecosystems, both at the bottom and in free-flowing water.

We compared the sample from 2013 with the one from 2018 and identified possible changes. The sample was taken in such a way that it covered the whole area from the bottom to the surface, i.e. water including solid particles. In the sampling, 1 litre of sample was taken and preserved by the addition of a 4 % formal.

By determining the taxonomic family of the macrobenthic community and by understanding its way of living, I was able to further identify the pioneer species. By determining the abundance of families, I later determined the IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party) index. This index is based on pre-defined points belonging to each specific taxonomic family. Before determining the IBMWP index, all taxonomic families in the sample must be determined, but the abundance in each taxonomic family is not important. Using the protocol, I assigned certain points to each of the taxonomic families in the sample and added them together so that all taxonomic families present in the sample were included. Thus, I obtained an index value that showed a very good, good, acceptable, poor, or very poor ecological status. According to the IBMWP index, we collected 21 points for 2013, which ranks the ecological situation as poor. In the 2018 sample, we collected 37 points, which means that the sample can be classified as an acceptable ecological condition.

By identifying taxonomic families and counting individual organisms, I also determined the decline or increase in biodiversity of the macrobenthic community.

Keywords: benthic invertebrates, macroinvertebrates, pioneer species, IBMWP index

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Predstavitev problematike	1
1.2	Namen in cilji.....	1
1.3	Hipotezi	2
2	UMETNI RIBNIK UNIVERZE JAEN.....	3
3	OCENJEVANJE EKOLOŠKEGA STANJA VODA	4
4	TAKSONOMSKE DRUŽINE MAKROBENTOSA	4
4.1	Diptera (dvokrilci) – Chironomidae (trzače)	4
4.2	Ephemeroptera (enodnevnice) - Baetidae (male enodnevnice)	4
4.3	Ephemeroptera (enodnevnice) – Caenidae (cenide)	4
4.4	Ephemeroptera (enodnevnice) – Oligoneuriidae (oligonevriide)	5
4.5	Hemiptera (enakokrilci) – Notonectidae (hrbtoplovke)	5
4.6	Hemiptera (enakokrilci) – Naucoridae (plavajoče stenice)	5
4.7	Hydrachnidia ali Hydracarina (vodne pršice)	5
4.8	Odonata (kačji pastir) – Libellulidae (ploščci).....	5
4.9	Odonata (kačji pastir) – Corduliidae (lebduhi).....	5
4.10	Odonata (kačji pastir) – Aeshnidae (deve).....	5
5	POSTOPEK IN METODE DE LA.....	6
5.1	Vzorčenje	6
5.2	Priprava vzorca	6
5.3	Pregled vzorca	7
5.4	IBMWP indeks.....	8
5.5	Metoda določevanja IBMWP indeksa	8
6	REZULTATI IN RAZPRAVA	10
6.1	Pionirske vrste bentoških nevretenčarjev	14
6.2	IBMWP indeks.....	16
7	SKLEP	18
8	POVZETEK.....	20
9	SUMMARY.....	21
10	VIRI IN LITERATURA	22

KAZALO SLIK:

Slika 1: Slika umetnega ribnika Univerze Jaen, od koder so bili odvzeti vzorci (foto: A. Žagar, 2018).....	3
Slika 2: Del vzorca 2018 umetnega ribnika s formolom (foto: A. Žagar, 2018).....	6
Slika 3: Pregled vzorca 2018 umetnega ribnika pod lupo (foto: A. Žagar, 2018).....	7
Slika 4: Protokol, ki je potreben pri uporabi določevanja IBMWP indeksa (Protocolo GUADALMED (PRECE), 2002).....	8
Slika 5: Končna določitev ekološkega stanja po IBMWP indeksu (Protocolo GUADALMED (PRECE), 2002).....	9
Slika 6: Štetje: Diptera – Chironomidae v vzorcu 2013 (foto: A. Žagar, 2018).....	10
Slika 7: Štetje: Diptera osebkov iz družine Chironomidae v vzorcu iz leta 2018 (foto: A. Žagar, 2018).....	11
Slika 8: Ephemeroptera - Oligoneuriidae in Ephemeroptera - Caenidae v vzorcu 2018, pred ločevanjem (foto: A. Žagar, 2018).....	12
Slika 9: Hemiptera – Naucoridae v vzorcu 2018 (foto: A. Žagar, 2018).....	12
Slika 10: Hydrachnidia v vzorcu 2018 (foto: A. Žagar, 2018).....	13
Slika 11: Odonata - Libellulidae v vzorcu 2018 (foto: A. Žagar, 2018).....	13
Slika 12: Prikaz pionirskih vrst v vzorcu 2013.....	18
Slika 13: Graf. Prikaz pionirskih vrst v vzorcu 2018.....	18
Slika 14: Graf. Točkovanje Vzorca 2013 in Vzorca 2018 po IBMWP indeksu.....	19

KAZALO PREGLEDNIC:

Preglednica 1: Slovenski prevod slike 3 – Končna določitev ekološkega stanja po IBMWP indeksu.....	9
Preglednica 2: Osebki najdeni v vzorcu iz leta 2013.....	10
Preglednica 3: Osebki najdeni v vzorcu iz leta 2018.....	11
Preglednica 4: Razporeditev Vzorca 2013 med pionirske vrste.....	14
Preglednica 5: Razporeditev Vzorca 2018 med pionirske vrste.....	15
Preglednica 6: Razporeditev točk po IBMWP indeksu v vzorcu 2013.....	16
Preglednica 7: Razporeditev točk po IBMWP indeksu v vzorcu 2018.....	16

1 UVOD

1.1 Predstavitev problematike

Bentoški makroinvertebrati (večji nevretenčarji) so vidni človeškemu očesu (večji od 500 mikronov) in naseljujejo dno (bentos) vodnih ekosistemov. Glavne skupine vodnih nevretenčarjev, ki naseljujejo španske vodne ekosistemeso Oligochaeta (maloščetinci), Branchiobdellidae (račje pijavčice), Hirudinea (pijavke), Hexapoda (šesteronožni členonožci), Crustacea (raki), Hydrachnidia (vodne pršice), Araneae (pajki), Mollusca (mehkužci), Spongillidae (roževinaste spužve), Bryozoa (mahovnjaki), Turbellaria (vrtinčarji), Cnidaria (ožigalkarji), Nematomorpha (žive niti) in Nematoda (nematodi).

Predstavniki teh skupin so zelo dobri kazalci motenj, ki vplivajo na žive organizme. Večina njih je zelo občutljivih na fizikalne in kemične spremembe, tako naravnega kot antropogenega izvora. Vodni nevretenčarji so dobri bioindikatorji za ocenjevanje stanja določenega vodnega okolja.

Do hitrega spreminjanja populacije vodnih nevretenčarjev pride ob večjih spremembah v okolju. Z monitoringom prisotnosti nevretenčarjev v mokriščih je analiza njih ekološkega stanja, to je stanja ohranjenosti in kakovosti vode zelo učinkovita in racionalna rešitev. S tem načinom se ne ogroža ekosistemov in s tovrstnimi analizami ne škodujemo naravi, okolju ali drugim živim organizmom.

Analiza stanja okolja z bentoškimi nevretenčarji spada širše gledano med ekološke analize, ki v nasprotju s fizikalno-kemijskimi analizami ne izražajo le trenutnega stanja, ampak daljše časovno obdobje stanja okolja. Z biološkimi analizami lahko določimo kakovost vode, ki je pomembna tako za organizme, ki v njej živijo kot tudi za nas in vse živo – za celoten ekosistem. Bentoški nevretenčarji so poleg obremenitev odvisni tudi od naravnih dejavnikov. Na številčnost vrst in številčnost populacije iste vrste nevretenčarjev v jezeru vpliva več dejavnikov, kot na primer prisotnost organskega ali anorganskega substrata, količina kisika, temperatura, pH in same interakcije med organizmi.

Začasna in kratkotrajna mokrišča so v Andaluziji zelo pogosta. Nekatera od njih se sušijo mesece, celo leta in ko spet dobijo vodo, jih makroinvertebrati hitro kolonizirajo. Pionirske vrste so tiste vrste, ki pri svojem razvoju niso zahtevne in so prve, ki se pojavijo na nekem območju. Zato se lahko razvijejo na goli osnovi in s svojim bivanjem in dejavnostjo ustvarijo dobre pogoje za razvoj drugih vrst.

S pomočjo vodnih nevretenčarjev lahko kvaliteto vode določimo z uporabo različnih metod. V svoji diplomski nalogi sem se med drugimi osredotočila tudi na IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party) indeks, ki temelji na izračunu kakovosti vode na podlagi raznolikosti družin vodnih nevretenčarjev, ki jih določimo v vodnem ekosistemu (Protocolo GUADALMED (PRECE), 2002).

Vodna direktiva (2000/60/EC) je evropska uredba, ki države članice obvezuje, da nadzorujejo ekološko stanje njihovih vodnih ekosistemov ter njihovo obnovo (Direktiva Evropskega parlamenta in sveta 2000/60/ES, Uradni list Evropske unije 15/Zv. 5, L 327/1, 10/2000).

1.2 Namen in cilji

Namen diplomske naloge:

- Preučiti proces kolonizacije makroinvertebratov, ki se dogaja v umetnem ribniku poleg Univerze Jaén (Andaluzija).
- S pomočjo indeksa IBMWP preučiti spremembe raznolikosti makroinvertebratov in ekološkega stanja ribnika v obdobju 5 let.

Z analizo prisotnosti bentoških nevretenčarjev želim določiti kvaliteto stanja vodnega okolja. Zanima me, katere družine bentoških nevretenčarjev lahko najdem v vodnem mediju in kakšna

je njihova številčnost ter številčnost osebkov v populaciji enake družine. Taksonomska določitev mi pomaga pri določevanju pionirskih vrst, številčnosti osebkov, pa tudi pri določitvi ekološkega stanja po IBMWP indeksu. S primerjavo vzorcev pobranih leta 2013 in 2018 želim ugotoviti spremembe stanja vodnega okolja.

Kakovost vode v raziskanem umetnem ribniku je dobra, saj je glavni vir ribnika voda, ki prihaja iz mestnega vodovoda (torej pitna voda). V ribnik ni izpeljanega nobenega drugega izpusta (razen v primeru padavin, ki padajo v ribnik). Zato indeksa v našem primeru ne bomo uporabljali za določitev njegove stopnje onesnaženosti, ampak bomo pozorni na stopnjo kolonizacije, saj se bosta biotska raznovrstnost in s tem tudi indeks skozi leta povečevala.

1.3 Hipotezi

V diplomskem delu smo si zadali dve hipotezi, ki jih bomo preverili:

Hipoteza 1: V ribniku prevladujejo pionirske vrste bentoških nevretenčarjev.

Hipoteza 2: Tako biotska raznovrstnost kot vrednost indeksa s časom naraščata. V vzorcu 2018 bo večja številčnost taksonomskih družin in številčnost osebkov v vsaki posamezni taksonomski družini, kot v vzorcu 2013.

2 UMETNI RIBNIK UNIVERZE JAEN

Ekperimentalno mokrišče oziroma umetni ribnik Univerze Jaén (slika 1) je bilo narejen leta 2011 za znanstvene in izobraževalne namene. Podlaga za dno je naguban beton, obala pa je grajena iz gramoza. Obkrožen je z elementi mesta (zgradbe in ceste) in brez kakršnegakoli prispevka sedimentov. Iz tega razloga je zelo zanimivo preučevati, kako so ga skupnosti bentoških makronevretenčarjev s časom kolonizirale.

Dimenzije umetnega jezera so 20 x 10 m. Ribnik ima plitvejša območja in sicer do 1,5 m globine in globlja območja od 2 do 3 m globine. Ves čas je omogočena recirkulacija vode s pomočjo črpalnega sistema, stalnim dotokom sveže pitne vode in priložnostno tudi s pritokom deževnice. V umetnem ribniku trenutno še ni rib in drugih živali, saj se razvija postopoma. Na obrežju lahko vidimo nekaj rastlin, ki so se tam pojavile same.



Slika 1: Slika umetnega ribnika Univerze Jaen, od koder so bili odvzeti vzorci (foto: A. Žagar, 2018).

3 OCENJEVANJE EKOLOŠKEGA STANJA VODA

Po definiciji Vodne direktive (Direktiva Evropskega parlamenta in sveta 2000/60/ES, Uradni list Evropske unije 15/Zv. 5, L 327/1, 10/2000) je ekološko stanje izraz kakovosti strukture in delovanja vodnih ekosistemov, povezanih s površinskimi vodami. Razvršča se v pet razredov kakovosti: zelo dobro, dobro, zmerno, slabo in zelo slabo.

Ocenjevanje poteka na osnovi (a) bioloških elementov kakovosti, ki so specifični za posamezno vodno kategorijo, (b) splošnih fizikalno-kemijskih elementov, ki podpirajo biološke elemente kakovosti, (c) hidromorfoloških elementov, ki podpirajo biološke elemente kakovosti in (d) posebnih onesnaževal, ki se odvajajo v vodno okolje. (Dobnikar Tehovnik in sod. 2009, str. 3)

Okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na pojavljanje posameznih taksonomskih družin in vrst vodnih nevretenčarjev je veliko, saj so kot že prej omenjeno zelo občutljivi na vse spremembe v okolju. Primeri takšnih okoljskih dejavnikov so: nadmorska višina, temperatura vode, substrat okoliških tal in dna, globina, splošno onesnaženje vode in okolice, vpliv človeka, prisotnost drugih vrst rastlin in živali... (Sever 2007)

4 TAKSONOMSKE DRUŽINE MAKROBENTOSA

Makroinvertebrate uporabljamo kot pomemben biološki kazalnik stanja ekosistema. Pionirske vrste so tiste vrste, ki nimajo visokih zahtev za svoj razvoj in obstoj. Razvijejo in naselijo se na goli podlagi. Rastline, druge skupnosti in kolonije za obstanek pionirskih vrst niso pogoj.

V nadaljevanju predstavljam kratek opis taksonomskih družin, ki so bile identificirane v raziskanem umetnem ribniku. Na podlagi opisa sem presodila ali najdeni organizmi spadajo pod pionirske vrste.

4.1 Diptera (dvokrilci) – Chironomidae (trzače)

Chironomidae predstavlja eno najpogostejših družin vodnih nevretenčarjev, ki jih najdemo v španskih vodotokih. Pogosto ta družina prevladuje. Najdemo jo lahko v vseh vrstah celinskih vod, ne glede na samo onesnaženost in ne glede na lastnosti vode. Gre za zelo prilagodljivo družino, katere predstavniki lahko živijo med algami, v substratu ali pa lebdijo nad podlago (Oscoz in sod. 2011).

4.2 Ephemeroptera (enodnevnice) - Baetidae (male enodnevnice)

Družina Baetidae spada med najpogostejše v španskih vodah, tako v tekočih (reke, potoki) kot tudi v stoječih vodah (jezera, ribniki). Njeni predstavniki se nahajajo predvsem na peščeni, gramozni in prodnati podlagi. Hranijo se z majhnimi delci organskih snovi, tudi z algami. Spadajo med dobre plavalce (Oscoz in sod. 2011).

4.3 Ephemeroptera (enodnevnice) – Caenidae (cenide)

Predstavnike družine Caenidae lahko najdemo v vseh vrstah tekočih voda na nadmorski višini običajno pod 1400 metri. Ti makroinvertebrati živijo na gramozu ter pesku in tam, kjer je tok vode načeloma počasnejši. Prilagodijo se lahko na nižjo raven kisika v vodi, hranijo pa se z detritusom. Pred razvojem v odrasli osebek plavajo ličinke na površini voda. Ličinke so precej odporne na razmere v suhem obdobju (Oscoz in sod. 2011).

4.4 Ephemeroptera (enodnevnice) – Oligoneuriidae (oligonevriide)

Predstavniki družine Oligoneuriidae so splošno razširjeni v španskih rekah in potokih. Hitrost toka te vodne nevretenčarje ne moti. Naselijo se na skalah ali površini, ki je prekrita s kamni, prodniki ali gramozom. Običajni se hranijo s filtriranjem vode, kjer se nahaja organska snov, lahko pa tudi strgajo površine kamnov ali skal (Oscoz in sod. 2011).

4.5 Hemiptera (enakokrilci) – Notonectidae (hrbtoplovke)

Družina Notonectidae živi prednostno v stoječih vodah (jezera, ribniki), najdemo pa jih tudi v počasnejših tekočih vodah. Prehranjujejo se z zooplanktonom in različnimi ličinkami. Jajčeca običajno odlagajo znotraj mehkih rastlinskih tkiv, redko pa tudi na zunanje dele vodnih teles (Oscoz in sod. 2011).

4.6 Hemiptera (enakokrilci) – Naucoridae (plavajoče stenice)

Ta družina biva v vodnih ekosistemih s počasnim tokom ali pa v stoječih vodah. Življenjski prostor jim predstavljajo makrofiti, kjer se tako skrivajo kot tudi plenijo. Njihov plen so majhne žuželke in majhni raki (Oscoz in sod. 2011).

4.7 Hydrachnidia ali Hydracarina (vodne pršice)

Najdemo jih v vseh vrstah vode, tako v stoječih kot tudi v tekočih. So zelo občutljive na kemične spremembe v vodnem ekosistemu. Njeni predstavniki spadajo med dokaj nepoznane organizme. Razlog se mogoče skriva v tem, da se v okolju ne pojavljajo tako pogosto (Oscoz in sod. 2011).

4.8 Odonata (kačji pastir) – Libellulidae (ploščci)

To družino lahko najdemo v skoraj vseh vodnih habitatih, še posebej v stoječih vodah ali vodah s počasnim tokom. Njihovi življenjski cikli so lahko zelo kratki, ali pa trajajo tudi do tri leta (Oscoz in sod. 2011).

4.9 Odonata (kačji pastir) – Corduliidae (lebduhi)

Družina Corduliidae živi v tekočih vodah s počasnim tokom z varnimi in skritimi površinami. Življenjski prostor jim predstavlja rastlinski detrit, ki je na dnu vodnega telesa. Najdemo jih tudi v koreninskih predelih obrežne vegetacije (Oscoz in sod. 2011).

4.10 Odonata (kačji pastir) – Aeshnidae (deve)

Družina Aeshnidae navadno naseljuje stoječe vode ali vode s šibkim tokom. Najdemo jih v tistih ekosistemih, kjer je večja raznovrstnost rastlin, z izjemo nekaj vrst, ki lahko živijo tudi v napajalnih koritih za živino (Oscoz in sod. 2011).

5 POSTOPEK IN METODE DELA

5.1 Vzorčenje

V diplomskem delu sem analizirala ekološko stanje umetnega ribnika univerze Jaen v Španiji. Med seboj sem primerjala vzorca, ki sta bila odvzeta leta 2013 in leta 2018. Oba vzorca sta reprezentativna, ker zajemata značilnosti celotnega makrobentosa v umetnem ribniku. Manjša velikost ribnika je v tem primeru dobrodošla, ker sem lahko odvzela vzorec na več mestih, vse okoli celotnega ribnika. Pri odvzemu vzorca je potrebno poudariti, da je vzorec odvzet tako, da sem zajela tako trdne delce tal (dno) kot tudi tekoči del (od površja vse do dna). Vzorec je bil zajet na 8 mestih okoli ribnika na približni globini 40 centimetrov, pol metra od obale. Pri vsakem vzorčenju sem odvzela približno 1L vzorca. Posebna oprema pri odvzemu vzorca ni bila potrebna. Potrebovala sem le daljše rokavice in laboratorijsko plastično posodico za zajem vzorca.

5.2 Priprava vzorca

Vzorec sem ohranila s 4 % formolom (Slika 2). Formol je 10% vodna raztopina formaldehida bele barve, ki učinkuje kot konzervans. To takoj opazimo pri vodnih nevretenčarjih, ki postanejo zelo nemirni že po nekaj minutah. Organizmom v vzorcu s formolom zmanjka kisika in zato pride do zadušitve. S pomočjo formola ohranimo biološko snov v vzorcu. Že naslednji dan lahko enak vzorec začnemo pregledovati.

Vzorec vedno odpremo v digestoriju zaradi hlapov in vonja. Naenkrat pregledujemo le manjše količine vzorca. Del vzorca, ki smo ga odvzeli, je bilo potrebno spirati pod vodo in tako odstraniti nekaj formola.



Slika 2: Del vzorca 2018 umetnega ribnika s formolom (foto: A. Žagar, 2018)

5.3 Pregled vzorca

Vzorec v petrijevki sem pregledala s pomočjo lupe pri povečavi med 10 in 30 krat glede na različno velikost bentoških nevretenčarjev in kosmov mulja, ki so se nahajali v vzorcu. V vzorec sem dodajala vodo, saj je tako bil pregled mnogo lažji. Pomagam si lahko s preparirno iglo, pinceto ali kapalko. Preperirna igla oziroma dve sta nam v pomoč, kadar v vzorcu iščemo in ločujemo skupke blata, organizmov in podobno. S pinceto lahko večje nevretenčarje prenesem v steklen ali plastičen lonček. Kapalko uporabim takrat, kadar je nevretenčar premajhen, da bi ga drugače zajela in prenesla. Najdene bentoške nevretenčarje sem shranila v etanolu.

Sledilo je določevanje bentoških nevretenčarjev po glavnih taksonomskih kategorijah in razdelitev v taksonomske družine. Ključ po katerem sem določila bentoške nevretenčarje se imenuje Vodnik za identifikacijo sladkovodnih makronevretenčarjev Španije (Identification guide of freshwater macroinvertebrates of Spain). Pri določevanju je pomembno natančno določiti ali imajo bentoški nevretenčarji, npr. segmentirane noge, opisati njihovo obliko telesa, število parov nog, prisotnost apnenčaste lupine, obliko in prisotnost škrg ter oči in podobno.



Slika 3: Pregled vzorca 2018 umetnega ribnika pod lupo (foto: A. Žagar, 2018)

5.4 IBMWP indeks

Z IBMWP indeksom določimo ekološko stanje španskih voda v regiji Andaluzija, ki se izlivajo v Sredozemsko morje. Običajno je kombiniran z drugimi indeksi, ki merijo ekološko stanje obrežja torej vegetacijo (QBR indeks - Index of riparian quality), heterogenost habitata (IHF indeks - Índice de hábitat fluvial) ter hranila in fizikalno-kemijske parametre snovi v vodi (Protocolo GUADALMED (PRECE), 2002).

5.5 Metoda določevanja IBMWP indeksa

Na sliki 4 prikazujem protokol, ki je potreben za določevanje IBMWP indeksa. Vsaka taksonomska družina ima ob strani zapisane točke (PTS). Predhodno moramo določiti vse taksonomske družine, ki se nahajajo v vzorcu. Za določanje IBMWP indeksa ni pomembna številčnost osebkov v posamezni taksonomski družini, ampak le prisotnost (številčnost) posameznih družin. Točke vseh prisotnih taksonomskih družin v vzorcu med seboj seštejemo. Nato lahko iz tabele (slika 5) odčitamo vrednost indeksa. Po indeksu lahko odčitamo ekološko stanje, ki je lahko zelo dobro, dobro, zmerno, slabo ali zelo slabo.

TAXÓN	PTS	Abund	TAXÓN	PTS	Abund	TAXÓN	PTS	Abund
TRICLADIDA			ODONATA			TRICHOPTERA		
Dendrocoelidae	5		Aeshnidae	8		Beraeidae	10	
Dugesiiidae	5		Calopterygidae	8		Brachycentridae	10	
Planariidae	5		Coenagrionidae	6		Calamoceratidae	10	
OLIGOCHAETA	1		Cordulegasteridae	8		Ecnomidae	7	
HIRUDINEA			Corduliidae	8		Glossosomatidae	8	
Erpobdellidae	3		Gomphidae	8		Goeridae	10	
Glossiphoniidae	3		Lestidae	8		Hydropsychidae	5	
Hirudidae	3		Libellulidae	8		Hydroptilidae	6	
Piscicolidae	4		Platycnemididae	6		Lepidostomatidae	10	
MOLLUSCA			PLECOPTERA			Leptoceridae	10	
Ancylidae	6		Capniidae	10		Limnephilidae	7	
Bithyniidae	3		Chloroperlidae	10		Molannidae	10	
Ferrissidae	6		Leuctridae	10		Odontoceridae	10	
Hydrobiidae	3		Nemouridae	7		Philopotamidae	8	
Lymnaeidae	3		Perlidae	10		Phryganeidae	10	
Neritidae	6		Perlodidae	10		Polycentropodidae	10	
Physidae	3		Taeniopterygidae	10		Psychomyiidae	8	
Planorbidae	3		HETEROPTERA			Rhyacophilidae	7	
Sphaeriidae	3		Aphelocheiridae	10		Sericostomatidae	10	
Thiaridae	6		Corixidae	3		Thremmatidae	10	
Unionidae	6		Gerridae	3		LEPIDOPTERA		
Valvatidae	3		Hydrometridae	3		Pyralidae	4	
Viviparidae	6		Mesoveliidae	3		DIPTERA		
HYDRACARINA	4		Naucoridae	3		Athericidae	10	
OSTRACODA	3		Nepidae	3		Blephariceridae	10	
AMPHIPODA			Notonectidae	3		Ceratopogonidae	4	
Corophiidae	6		Pleidae	3		Chironomidae	2	
Gammaridae	6		Veliidae	3		Culicidae	2	
ISOPODA			NEUROPTERA			Dixidae	4	
Asellidae	3		Sialidae	4		Dolichopodidae	4	
DECAPODA			COLEOPTERA			Empididae	4	
Astacidae	8		Chrysomelidae	4		Ephydriidae	2	
Atyidae	6		Curculionidae	4		Limoniidae	4	
Palaemonidae	6		Dryopidae	5		Muscidae	4	
EPHEMEROPTERA			Dytiscidae	3		Psychodidae	4	
Baetidae	4		Elmidae	5		Ptychopteridae	4	
Caenidae	4		Gyrinidae	3		Rhagionidae	4	
Ephemerellidae	7		Haliplidae	4		Sciomyzidae	4	
Ephemeridae	10		Helodidae	3		Simuliidae	5	
Heptageniidae	10		Hydraenidae	5		Stratiomyidae	4	
Leptophlebiidae	10		Hydrochidae	5		Syrphidae	1	
Oligoneuriidae	5		Hydrophilidae	3		Tabanidae	4	
Polymitarcidae	5		Hygrobidae	3		Thaumaleidae	2	
Potamanthidae	10		Noteridae	3		Tipulidae	5	
Prosopistomatidae	7		Psephenidae	3				
Siphonuridae	10		Scirtidae	3				

Slika 4: Protokol, ki je potreben pri uporabi določevanja IBMWP indeksa (Protocolo GUADALMED (PRECE), 2002)

Estado Ecológico	CALIDAD	IBMWP	Color
<i>Muy Bueno</i>	<i>Buena. Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible.</i>	≥ 101	Azul
<i>Bueno</i>	<i>Aceptable. Son evidentes algunos efectos de contaminación.</i>	61-100	Verde
<i>Aceptable (=Moderado)*</i>	<i>Dudosa. Aguas contaminadas.</i>	36-60	Amarillo
<i>Deficiente</i>	<i>Crítica. Aguas muy contaminadas.</i>	16-35	Naranja
<i>Malo</i>	<i>Muy crítica. Aguas fuertemente contaminadas</i>	<15	Rojo

Slika 5: Končna določitev ekološkega stanja po IBMWP indeksu (Protocolo GUADALMED (PRECE), 2002)

Preglednica 1: Slovenski prevod slike 3 – Končna določitev ekološkega stanja po IBMWP indeksu.

Ekološko stanje	Kakovost	IBMWP	Barva
Zelo dobro	Voda ni onesnažena ali spremenjena na zaznaven način.	≥ 101	Modra
Dobro	Opazni so nekateri učinki onesnaženja.	61 - 100	Zelena
Sprejemljivo (=zmerno)	Onesnažena voda	36 - 60	Rumena
Slabo	Bolj onesnažena voda.	16 - 35	Oranžna
Zelo slabo	Zelo onesnažena voda	< 15	Rdeča

6 REZULTATI IN RAZPRAVA

Najdeni osebki bentoških nevretenčarjev iz vzorca 2013 so prikazani v preglednici 2 in osebki bentoških nevretenčarjev iz vzorca 2018 v preglednici 3.

Preglednica 2: Osebki najdeni v vzorcu iz leta 2013.

Taksonomska družina	Taksonomska kategorija	Številko osebkov
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	439
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	32
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	95
<i>Hemiptera</i>	<i>Notonectidae</i>	5
<i>Odonata</i>	<i>Corduliidae</i>	97
Neznani		47
SKUPNO ŠTEVILO VSEH ORGANIZMOV		715

V prvem vzorcu (2013) je bilo najdenih največ vodnih nevretenčarjev iz družine Diptera – Chironomidae (439). Po številu organizmov so sledili vodni nevretenčarji družine Odonata – Corduliidae (97) in Ephemeroptera – Caenidae (95). Najmanj osebkov je bilo najdenih iz družine Ephemeroptera – Baetidae (32) in Hemiptera – Notonectidae (5). V samem vzorcu je bilo najdenih tudi 47 organizmov, ki jih v mojem času praktičnega dela v Španiji nismo prepoznali. Skupno število vseh organizmov ob koncu štetja je bilo 715.



Slika 6: Štetje: Diptera – Chironomidae v vzorcu 2013 (foto: A. Žagar, 2018)

Preglednica 3: Osebkni najdeni v vzorcu iz leta 2018.

Taksonomska družina	Taksonomska kategorija	Število osebkov
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2330
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	28
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	39
<i>Hemiptera</i>	<i>Notonectidae</i>	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	8
<i>Hydrachnidia</i>	/	5
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	145
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	6
SKUPNO ŠTEVILO VSEH ORGANIZMOV		2565

V drugem vzorcu (2018) je bilo največ organizmov iz družine Chironomidae reda Diptera (2330). Po številu najdenih organizmov sledi red Odonata – Libellulidae (145). Vseh drugih organizmov je bilo bistveno manj: Ephemeroptera – Caenidae (39), Ephemeroptera – Oligoneuriidae (28), Hemiptera – Naucoridae (8), Odonata – Aeshnidae (6), Hydrachnidia (5), in najmanj organizmov iz taksonomske kategorije Hemiptera – Notonectidae (4). Skupno število vseh organizmov ob koncu štetja je bilo 2565.

Nekaj predstavnikov iz vzorca 2018 predstavljam na slikah 7, 8, 9, 10 in 11.



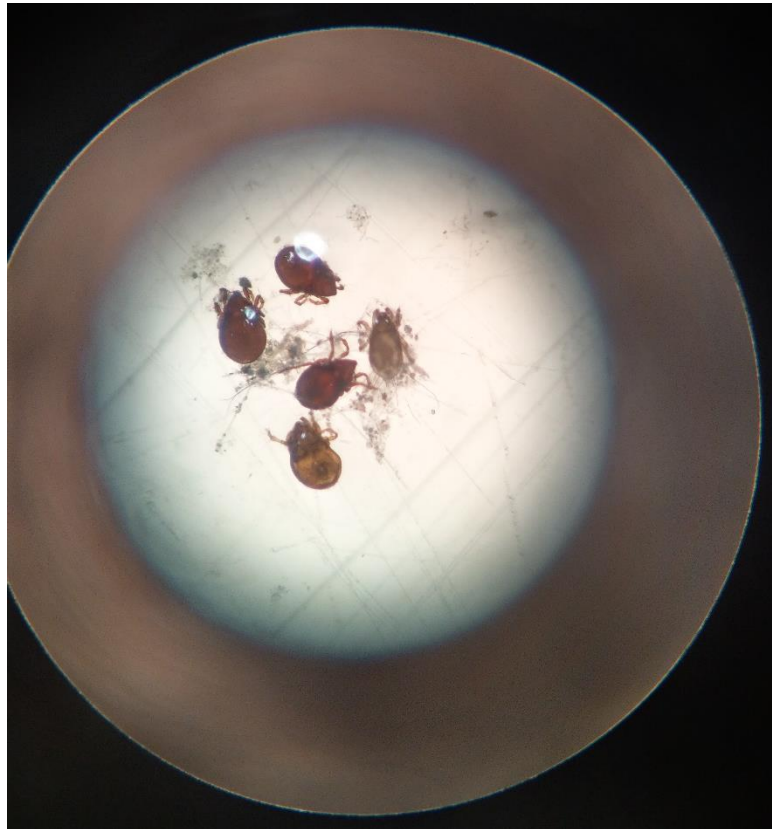
Slika 7: Štetje: Diptera osebkov iz družine Chironomidae v vzorcu iz leta 2018 (foto: A. Žagar, 2018)



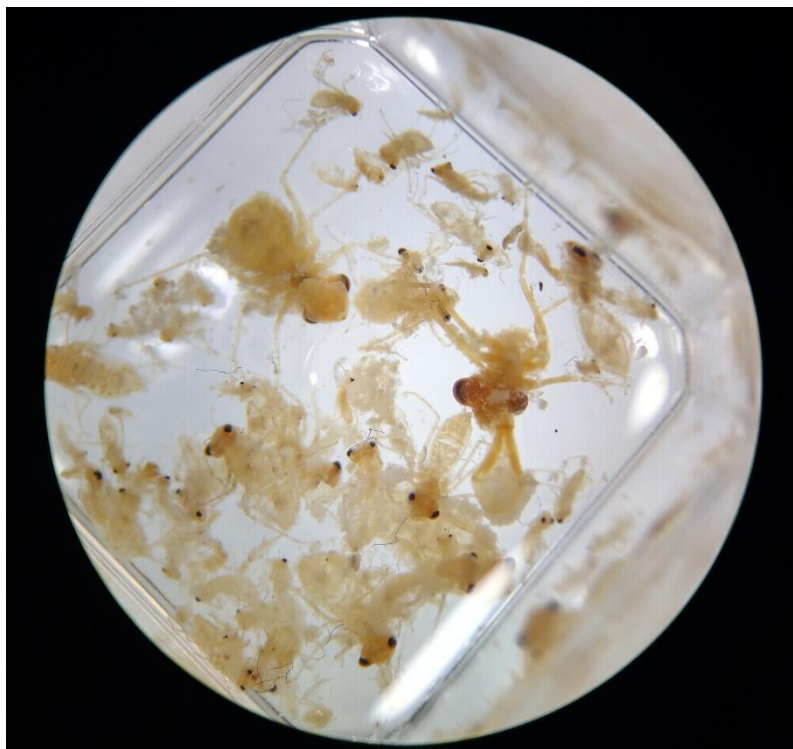
Slika 8: Ephemeroptera - Oligoneuriidae in Ephemeroptera - Caenidae v vzorcu 2018, pred ločevanjem (foto: A. Žagar, 2018)



Slika 9: Hemiptera – Naucoridae v vzorcu 2018 (foto: A. Žagar, 2018)



Slika 10: Hydrachnidia v vzorcu 2018 (foto: A. Žagar, 2018)



Slika 11: Odonata - Libellulidae v vzorcu 2018 (foto: A. Žagar, 2018)

6.1 Pionirske vrste bentoških nevretenčarjev

Bentoške nevretenčarje uvrstimo med pionirske vrste glede na njihov način življenja. Dve bistveni značilnosti, ki jih moramo upoštevati sta podlaga, na kateri bentoški organizem živi, ter način in/ali vrsta hranjenja. V preglednici 4 so našeti bentoški nevretenčarji, navedeni po taksonomski družini ter kategoriji, ter ali jih lahko uvrščamo med pionirske vrste ali ne.

Preglednica 4: Razporeditev Vzorca 2013 med pionirske vrste.

Taksonomski red	Taksonomska družina	Pionirska vrsta
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	DA
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	DA
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	DA
<i>Hemiptera</i>	<i>Notonectidae</i>	NE
<i>Odonata</i>	<i>Corduliidae</i>	NE
Neznan	/	/
SKUPNO ŠTEVILO VSEH ORGANIZMOV, KI SPADAJO MED PIONIRSKE VRSTE		3/6

V vzorcu 2013 sem uspešno identificirala 5 taksonomskih redov in družin bentoških nevretenčarjev. Tri (*Diptera* – *Chironomidae*, *Ephemeroptera* – *Baetidae*, *Ephemeroptera* – *Caenidae*) od petih lahko uvrstim med pionirske vrste.

Diptera – *Chironomidae* sem med pionirske vrste uvrstila na podlagi njihovega življenjskega prostora, saj niso občutljivi in lahko živijo tudi na goli podlagi ali pa lebdiijo v vodi.

Ephemeroptera – *Baetidae* spadajo med pionirske vrste zaradi življenjskega prostora, ki je lahko peščen, gramozen ali prodnat.

Tudi *Ephemeroptera* – *Caenidae* spada med pionirske vrste, podobno kot *Ephemeroptera* – *Baetidae*, zaradi življenjskega prostora na gramozu ali pesku. Poleg tega se lahko ličinke prilagodijo tudi na suho obdobje.

Predstavniki družine *Notonectidae* (*Hemiptera*) ne morem uvrstiti med pionirske vrste, saj za svoj obstoj potrebujejo rastline, kamor odlagajo jajčeca. Med drugim se prehranjujejo tudi z zooplanktonom, ki ga običajno najdemo tam, kjer so prisotne rastline in kjer je celotni vodni ekosistem bolj razvit. *Odonata* – *Corduliidae* prav tako ne spada med pionirske vrste, saj za svoje življenje in obstoj potrebuje prisotnost rastlin v vodnem telesu.

Preglednica 5: Razporeditev Vzorca 2018 med pionirske vrste.

Taksonomski red	Taksonomska družina	Pionirska vrsta
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	DA
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	DA
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	DA
<i>Hemiptera</i>	<i>Notonectidae</i>	NE
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	NE
<i>Hydrachnidia</i>	/	/
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	/
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	NE
SKUPNO ŠTEVILO VSEH ORGANIZMOV, KI SPADAJO MED PIONIRSKE VRSTE		3/8

V vzorcu 2018 sem uspešno identificirala vse najdene organizme in sicer 8 redov in 7 družin bentoških nevretenčarjev. Tri (*Diptera* – *Chironomidae*, *Ephemeroptera* - *Oligoneuriidae*, *Ephemeroptera* – *Caenidae*) od osmih lahko uvrstim med pionirske vrste.

Za dve taksonomski družini redov *Hydrachnidia* in *Odonata* (*Libellulidae*) je znano premalo podatkov, da bi lahko te organizme uvrstila oziroma izločila pri določevanju med pionirske vrste.

Predstavniki družine *Diptera* – *Chironomidae*, kot že zgoraj omenjeno, spadajo med pionirske vrste, saj lahko žive na goli podlagi in za svoj razvoj ne potrebuje rastja. Predstavniki družine *Caenidae* (*Ephemeroptera*) prav tako spadajo med pionirske vrste, saj gre za hitro prilagodljiv organizem, ki živi na pesku ali gramozu. *Ephemeroptera* – *Oligoneuriidae* uvrščamo med pionirske vrste, saj njihov življenjski prostor predstavljajo skale, kamni, prodniki ali gramoz. Poleg tega se hranijo predvsem s filtriranjem vode.

Predstavniki družine *Notonectidae* (*Hemiptera*) ne spadajo med pionirske vrste, saj so za njihov razvoj potrebne rastline, hranijo pa se z zooplanktonom in ličinkami. Taksonomska družina *Naucoridae* se prav tako ne uvršča med pionirske vrste, saj je za njen obstoj in življenje potrebna prisotnost rastlin. Na goli podlagi njeno življenje ni mogoče. Tudi *Aeshnidae* (*Odonata*) ne spada med pionirske vrste, saj živi le na tistih območjih, kjer je biotska raznovrstnost visoka, z izjemo nekaj vrst, ki pri svojem življenjskem prostoru niso specifične.

6.2 IBMWP indeks

Vrednost indeksa izračunam s pomočjo že znanega protokola (slika 2 in preglednica 1). Rezultati po IBMWP točkovanju so vpisani v preglednici 6 in preglednici 7.

Preglednica 6: Razporeditev točk po IBMWP indeksu v vzorcu 2013.

Taksonomska družina	Taksonomska kategorija	Točke
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Notonectidae</i>	3
<i>Odonata</i>	<i>Corduliidae</i>	8
Neznan		
SKUPNO ŠTEVILO VSEH TOČK		21

Po IBMWP indeksu sem zbrala 21 točk, ki temeljijo na makrobentističnih organizmih najdenih v vzorcu 2013. Največ točk pridobi Odonata – Corduliidae (8 točk), sledita Ephemeroptera – Baetidae in Ephemeroptera – Caenidae (4 točke), nato Hemiptera – Notonectidae (3 točke) in najmanj točk pripada Dipteri – Chironomidae (2 točki).

Do končnega rezultata pridemo s pomočjo preglednice 1 na strani 7. 21 točk se uvršča v ekološko stanje: slabo. Kakovost vode je onesnažena. V to stanje se uvrščajo vsa vodna okolja, ki po IBMWP indeksu izberejo od 16 do 35 točk.

Preglednica 7: Razporeditev točk po IBMWP indeksu v vzorcu 2018.

Taksonomska družina	Taksonomska kategorija	Točke
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	2
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuriidae</i>	5
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Notonectidae</i>	3
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	3
<i>Hydrachnidia</i>	/	4
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	8
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	8
SKUPNO ŠTEVILO VSEH TOČK		37

Pri vzorcu 2018 sem izbrala 37 točk, ki prav tako temeljijo na makrobentističnih organizmih najdenih v vzorcu. Največ točk pridobita taksonomski družini Odonata: Libellulidae in Aeshnidae, sledi Ephemeroptera – Oligoneuriidae (5 točk), Ephemeroptera – Caenidae in Hydrachnidia (4 točke), sledita Hemiptera – Notonectidae in Hemiptera – Naucoridae (3 točke) in najmanj točk tako kot tudi v Vzorcju 2013 Diptera – Chironomidae (2 točki).

Po preglednici 1 na strani 7, lahko vzorec 2018 uvrstimo v ekološko stanje zmerno, kakovost vode je onesnažena. V to ekološko stanje se uvrstijo vsa vodna telesa, ki zberejo od 36 do 60 točk.

Pri umetnem ribniku, ki sem ga analizirala, je pomembno poudariti to, da ni onesnažen, ker se polni z pitno vodo. Vanj pada le dež, padavinska voda vanj ni speljana. Manjši IBMWP indeks je posledica tega, da gre za relativno novejši umetni ribnik in se naravno ravnovesje še ni vzpostavilo do meje velike biotske raznovrstnosti. Zato same barve vodnega okolja in ekološko stanje ekosistema v našem primeru za ta umetni ribnik ne velja.

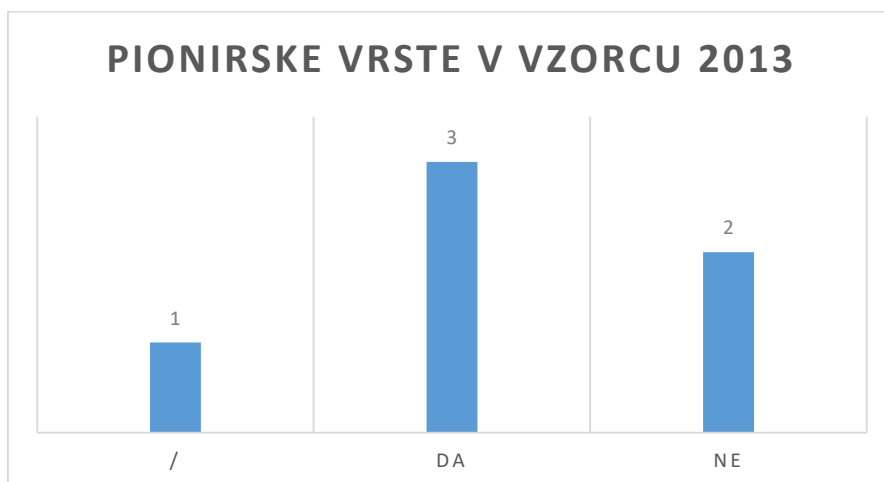
7 SKLEP

V diplomskem delu sem izpostavila dve hipotezi:

Hipoteza 1: V ribniku prevladujejo pionirske vrste bentoških nevretenčarjev.

Hipoteza 2: Tako biotska raznovrstnost kot vrednost indeksa s časom naraščata. V vzorcu 2018 bo večja številčnost taksonomskih družin in številčnost osebkov v vsaki posamezni taksonomski družini, kot v vzorcu 2013.

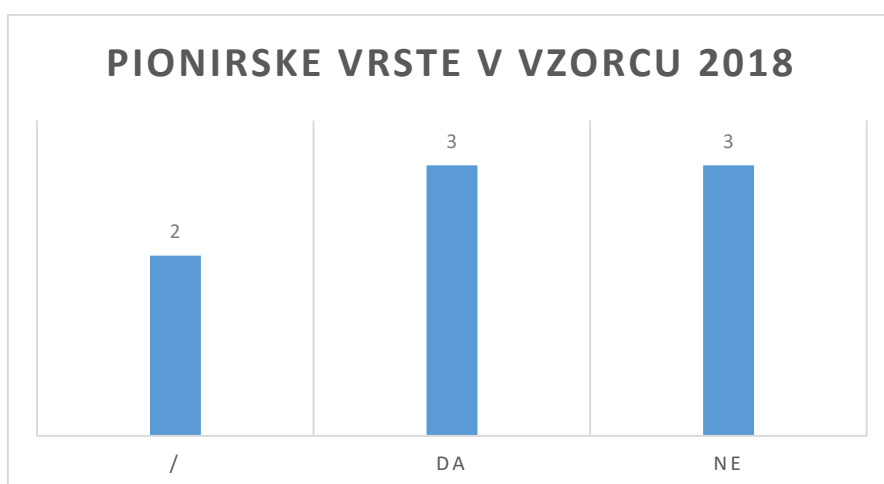
Hipoteza 1: V ribniku prevladujejo pionirske vrste bentoških nevretenčarjev.



Slika 12: Prikaz pionirskih vrst v vzorcu 2013

V vzorcu 2013 sem tri taksonomske družine od sedmih uvrstila med pionirske vrste. Dve taksonomski družini sem zavrnila, pri enem najdenem organizmu, ki je neznan, pa tega ni bilo mogoče določiti. Zato za vzorec 2013 delno potrdim hipotezo.

Hipoteza je bolj bistvena za vzorec 2018, ki prikazuje novejšo stanje umetnega ribnika.



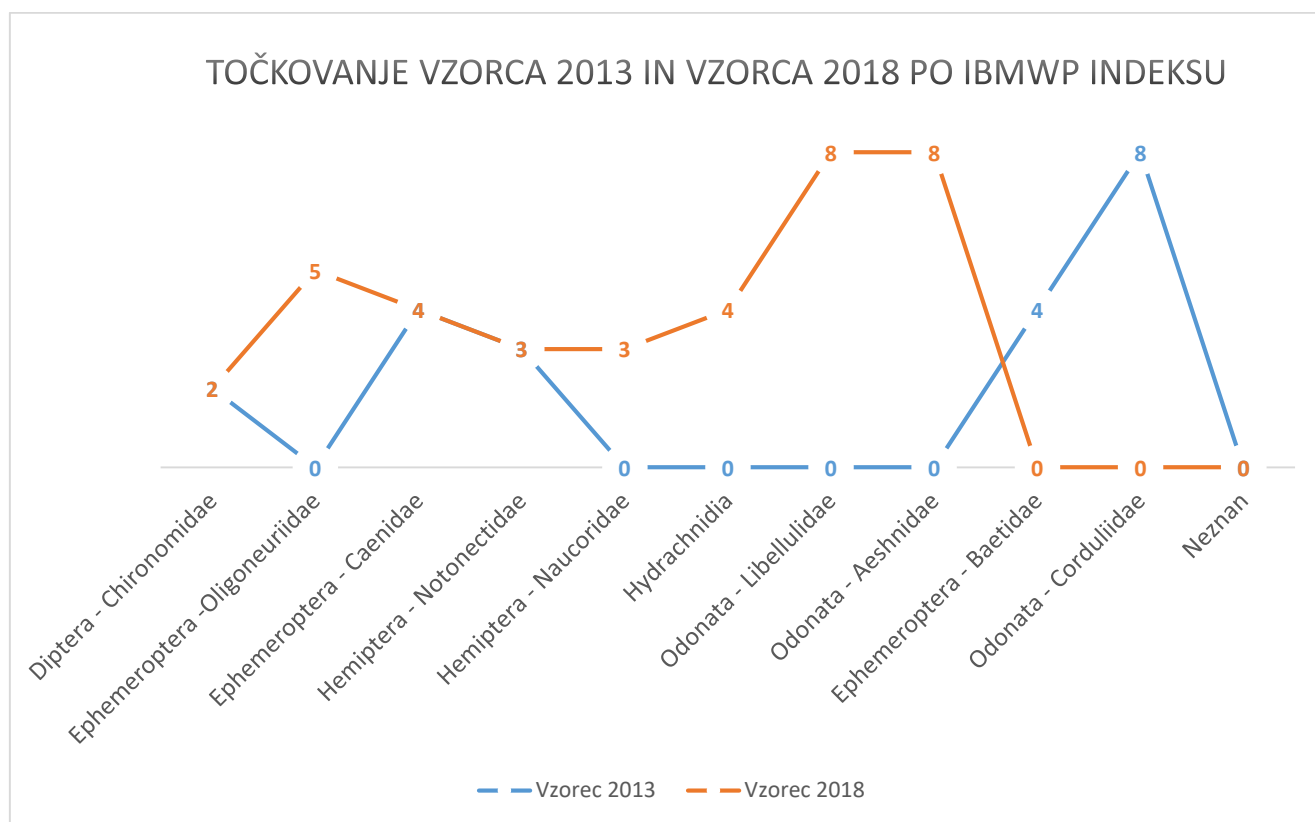
Slika 13: Graf. Prikaz pionirskih vrst v vzorcu 2018

V vzorcu 2018 sem obravnavala osem taksonomskih družin. Od teh sem tri uvrstila med pionirske vrste. Treh taksonomskih družin na podlagi njihovih značilnosti, nisem mogla prišteti med pionirske vrste. Dve taksonomski družini sta premalo poznani, da bi ju lahko uvrstila med pionirske vrste. V ribniku torej ne prevladujejo pionirske vrste bentoških nevretenčarjev.

Hipotezo 1 torej zavračamo.

Hipoteza 2: Tako biotska raznovrstnost kot vrednost indeksa s časom naraščata. V vzorcu 2018 bo večja številčnost taksonomskih družin in številčnost osebkov v vsaki posamezni taksonomski družini, kot v vzorcu 2013.

V vzorcu 2013 je bilo najdenih 6 različnih taksonomskih družin. V vzorcu 2018 je bilo najdenih 8 različnih taksonomskih družin. V vzorcu 2013 je skupno število vseh organizmov 715 v primerjavi z vzorcem 2018, kjer je skupno število vseh organizmov 2565 (preglednica 2 in preglednica 3). Povečalo se je predvsem število trzač. **Prvi del hipoteze 2 o naraščanju biotske raznovrstnosti lahko torej potrdimo.**



Slika 14: Graf. Točkovanje Vzorca 2013 in Vzorca 2018 po IBMWP indeksu

Vzorec 2013 je po IBMWP indeksu skupaj izbral 21 točk, vzorec 2018 pa 37 točk (preglednica 6, preglednica 7). Zgornji graf (slika 12) prikazuje razporeditev po točkah glede na najdene organizme v posameznem vzorcu. Tako torej tudi indeks narašča skupaj z biotsko raznovrstnostjo, zato lahko **hipotezo 2 v celoti potrdimo.**

Ekološko stanje vodnega telesa bi lahko izboljšali z večjo biotsko raznovrstnostjo drugih živali ter samih rastlin ob ribniku. Večjo raznovrstnost živali pa bi dosegli z vzpostavitvijo bolj pestrih habitatov v umetnem ribniku npr. več obvodnih in vodnih rastlin in več različnih podlag na dnu ribnika. Ob takih ukrepih bi bil v petih letih indeks precej višji.

8 POVZETEK

V svoji raziskavi sem se posvetila raziskovanju in analizi bentoških nevretenčarjev in odkrivanju kvalitete stanja vodnega okolja v umetnem ribniku Univerze Jaen v Španiji. Zanimalo me je, katere družine bentoških nevretenčarjev se nahajajo v vodnem mediju ter kakšna je njihova številčnost. Poleg tega sem želela identificirati in prešteti osebkke posamezne družine v populaciji. Glavni cilj je bil preučiti proces kolonizacije makroinvertebratov v umetnem ribniku in s pomočjo indeksa IBMWP preučiti spremembe raznolikosti le-teh ter ekološkega stanja ribnika.

Podatke sem zbirala z analiziranjem in primerjavo dveh vzorcev iz različnih predelov ribnika. Vzorca sta bila odvzeta v časovnem razmiku, prvi leta 2013 in drugi leta 2018.

V prvem vzorcu so prevladovali nevretenčarji iz družine Diptera-Chironomidae, najmanj jih je bilo najdenih iz taksonomskih družin Ephemeroptera-Baetidae in Hemiptera-Notonectidae. Skupno število vseh organizmov ob odvzemu prvega vzorca je bilo 715.

V drugem vzorcu, ki je bil odvzet pet let kasneje, je bilo prav tako najdenih največ nevretenčarjev iz družine Diptera-Chironomidae, najmanj pa iz taksonomske družine Hemiptera-Notonectidae. Skupno število vseh organizmov na koncu štetja se je v primerjavi s prvim vzorcem povečalo na 2565.

Bentoške nevretenčarje uvrščamo v pionirske vrste glede na podlago, na kateri živijo ter njihov način in vrsto hranjenja. V vzorcu iz leta 2013 je bilo identificiranih sedem družin, izmed teh se tri (Diptera – Chironomidae, Ephemeroptera – Baetidae, Ephemeroptera – Caenidae) od petih taksonomskih kategorij uvrščajo med pionirske vrste. V drugem vzorcu (2018) je bilo uspešno identificiranih osem redov in sedem družin. Tri (Diptera – Chironomidae, Ephemeroptera - Oligoneuriidae, Ephemeroptera – Caenidae) od osmih uvrščamo med pionirske vrste.

Ekološko stanje ribnika je bilo ocenjeno s pomočjo indeksa IBMWP. V prvem vzorcu je le-ta nakazal slabo ekološko stanje ribnika, kar pomeni, da je kakovost vode onesnažena. Izboljšano stanje je pokazal rezultat analize vzorca iz leta 2018, ocenjeno je bilo kot zmerno, kar kaže na znake kontaminirane vode. Pomembno je sicer poudariti, da je manjši indeks IBMWP dokaj relativen, saj se v dotični umetni ribnik izteka pitna voda, poleg tega pa je novejšega izvora, zato se naravno ravnovesje še ni vzpostavilo do meje velike biotske raznovrstnosti.

Pri diplomskem delu sem si zastavila dve hipotezi. Prva predvideva, da v ribniku prevladujejo pionirske vrste bentoških nevretenčarjev. Slednjo je moč zavreči, saj je iz obeh vzorcev razvidno, da temu ni tako. Druga hipoteza pravi, da tako biotska raznovrstnost, kot tudi vrednost indeksa s časom naraščata. V vzorcu 2018 bo večja številčnost taksonomskih družin in številčnost osebkov v vsaki posamezni taksonomski družini, kot v vzorcu 2013. To hipotezo lahko potrdim, saj je število vseh organizmov in tudi število osebkov v drugem vzorcu precej večje kot v prvem.

9 SUMMARY

In my study I have focused on the research and analysis of benthic invertebrates, as well as on the quality level of water environment in a man-made pond of the Jaen University in Spain. Mostly, I was curious about the families and size of benthic invertebrates found in an aquatic medium. In addition, I wanted to identify and enumerate the individuals of the population within an individual family. The main goal above was to examine the process of colonization of macro – invertebrates in a man-made pond with the help of the IBMWP index to examine changes in the diversity and to determine the ecological status of the pond. The data, I have collected with the analysis and comparison of the two samples, is from different parts of the pond. The sample was taken within the time intervals. The first one was taken in 2013 and the second in the year 2018.

The first sample was dominated by invertebrates of the Diptera-Chironomidae family, a very small amount of the taxonomic families of Ephemeroptera-baetidae and Hemiptera-Notonectidae were present in the sample as well. The total number of organisms in the first sample is 715.

In the second sample, which was taken five years later, it was also found the highest number of invertebrates of the Diptera-Chironomidae family and the smallest amount of taxonomic family of the Hemiptera-Notonectidae. The total number of organisms increased to 2565. Benthic invertebrates are classified as the pioneer species based on the substrate in which they live, and their manner and type of feeding. In the 2013 sample I identified seven families of which three (Diptera – Chironomidae, Ephemeroptera – Baetidae, Ephemeroptera – Caenidae) of the five taxonomic categories are classified as ground types. In the second sample (2018) I successfully identified eight orders and seven families. Three of them (Diptera – Chironomidae, Ephemeroptera - Oligoneuriidae, Ephemeroptera – Caenidae) belong to pioneering species.

The ecological condition of the pond has been estimated by means of the index IBMWP. In the first sample the model is signaling the lack of ecological condition which means that the water is polluted. The improved condition of the analysis of the sample, taken in the year 2018, has been estimated as acceptable as it shows the signs of a contaminated water. It is significant to emphasize that the smaller index IBMWP is fairly relative, since drinking water is leaking from the pond. In addition, it is one of the most recent man-made ponds and a natural balance is not yet set up to the limit of a larger biodiversity.

In the diploma I have made two hypotheses. The first assumes that the pond is dominated by the pioneering species of benthic invertebrates. The following can be dismissed since not a single sample shows that this is the case. The second hypothesis says that biodiversity, as well as the value of index have been slowly increasing. In the 2018 sample, there is a larger number of individuals in taxonomic families as in the sample taken in 2013. This hypothesis can be confirmed, because the number of organisms in the second sample is much bigger than in the first one. In addition, the number of individuals in a family is bigger than in the first sample.

10 VIRI IN LITERATURA

1. Alba-Tercedor, J. & A. Pujante. 2000. Running-water biomonitoring in Spain. Opportunities for a predictive approach. In: Assessing the Biological Quality of Freshwater: RIVPACS and similar techniques. J.F. Wright, D.W. Sutcliffe & M. Furse (eds.): 207-216. Freshwater Biological Association
2. Ambrožič, Š., in ostali. 2008. Kakovost voda v Sloveniji. Ljubljana: ARSO.
3. Armitage, P. D., I. Pardo, M. T. Furse & F. J. Wright, 1990. Assessment and prediction of biological quality. A demonstration of a British macroinvertebrate-based method in two Spanish rivers. *Limnetica* 6: 147 – 156.
4. Bat, M., in ostali. 2003. Vodno bogastvo Slovenije. Ljubljana: ARSO.
5. Direktiva Evropskega parlamenta in sveta 2000/60/ES, Uradni list Evropske unije 15/Zv. 5, L 327/1, 10/2000, str. 275 – 280.
6. Elbrecht, V., Vamos, E. E., Meissner, K., Aroviita, J., Leese, F., 2017. Assessing strengths and weaknesses of DNA metabarcoding-based macroinvertebrate identification for routine stream monitoring. *Methods in Ecology and Evolution*, 8: 1265-1275.
7. Hering, D., C. K. Feld, O. Moog & T. Ofenböck, 2006. Cookbook for the development of a multimetric index for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives. *Hydrobiologia* 566: 311 – 324.
8. IntechOpen. 2020. Calibrating and Validating the Biomonitoring Working Party (BMWP) Index for the Bioassessment of Water Quality in Neotropical Streams. 39-54.
Medmrežje: <https://www.intechopen.com/books/water-quality/calibrating-and-validating-the-biomonitoring-working-party-bmwp-index-for-the-bioassessment-of-water>
9. Jáimez-Cuellar, P., Vivas, S., Bonada, N., Robles, S., Mellado, A., Álvarez, M., Avilés, J., Casas, J., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Sáinz-Cantero, C.E., Sánchez-Ortega, A., Suárez, L., Toro, M., Vidal-Abarca, R., Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J. Protocolo GUADALMED(PRECE). 2002.
Medmrežje:
http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne21/L21b187_Protocolo_GUADALMED_PRECE.pdf
Medmrežje:
<https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost%20voda/Kakovost%20voda-SLO.pdf>
10. Mojca D. T. in sod. 2009. Nuv in strokovne podlage s področja upravljanja voda. Ocena kakovosti voda za prvi načrt upravljanja voda. 20. Mišičev vodarski dan. str 3.
Medmrežje:
https://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Ocena_stanja_voda.pdf
11. Munné, A., Prat, N. 2009. Use of macroinvertebrate-based multimetric indices for water quality evaluation in Spanish Mediterranean rivers: An intercalibration approach with the IBMWP index. *628:203 – 223*
Medmrežje:
https://www.researchgate.net/publication/227084653_Use_of_macroinvertebrate-based_multimetric_indices_for_water_quality_evaluation_in_Spanish_Mediterranean_rivers_An_intercalibration_approach_with_the_IBMWP_index

12. Narodna in univerzitetna knjižnica. 2020. Urbanič. G. 2007. Bentoški nevretenčarji celinskih voda. 1 – 3.
Medmrežje: <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-ZSVM2ETY>
13. Oscoz, J., Galicia, D., Miranda, R. 2011. Identification guide of freshwater macroinvertebrates of Spain. New York, Springer 1 – 140.
14. Sabater. S., Ginebreda. A., Barcelo. D. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2012. The Llobregat: The Story of a Polluted Mediterranean River.
Medmrežje:
https://books.google.si/books?id=3x25BQAAQBAJ&pg=PA306&lpg=PA306&dq=IBMWP+index&source=bl&ots=_3FAI-WiwF&sig=ACfU3U0qnAybAGkE4Zl6aTRatJd-ZJ3YkA&hl=sl&sa=X&ved=2ahUKEwjmyMmekOPoAhWLwsQBHUetBuMQ6AEwA3oECAsQnQ#v=onepage&q=IBMWP%20index&f=false
15. Sever, M. 2007: Vpliv hidroloških značilnosti na združbo vodnih nevretenčarjev. Dipl. delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo. str. 6 – 9.
16. Urbanič G., Toman, M. J., Krušnik, C. 2005. Microhabitat type selection of caddyfly larvae (Insecta: Trichoptera) in a shallow lowland stream. *Hydrobiologia* 541: 1-12.
17. Wetzel, R.G. 2001. *Limnology Lake and Reservoir Ecosystems*. Academic Press, San Diego. 665 – 730.
18. Wiberg-Larsen P., Brodersen K. P., Birkholm S., Grøns P. N., Skriver J. 2000. Species richness and assemblage structure of Trichoptera in Danish streams. *Freshwater Biology* 43: 631 – 649.
19. Wright J. F., Symes K. L. 1999. A nine-year study of the macroinvertebrate fauna of a chalk stream. *Hydrological processes* 13: 371 – 385.
20. Zamora-Munoz C., Alba-Tercedor J. 1996. Bioassessment of organically polluted Spanish rivers, using a biotic index and multivariate methods. *Journal of the North American Benthological Society* 15 (3): 332 – 325.