

Reproduktivni ciklus školjkaša *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) u hidroakumulaciji Čakovec

Penić, Tina

Master's thesis / Diplomski rad

2010

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:683197>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-03**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Tina Penić

Reproduktivni ciklus školjkaša *Dreissena polymorpha*
(Pallas, 1771) u hidroakumulaciji Čakovec

Diplomski rad

Zagreb, 2010. godina

Ovaj rad, izrađen u
Zoologijskom zavodu Biološkoga odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu,
pod vodstvom doc. dr. sc. Jasne Lajtner,
predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta
u Zagrebu radi stjecanja zvanja profesor biologije

ZAHVALA

Mentorici, doc.dr.sc. Jasni Lajtner najsrdačnije zahvaljujem na neizmjernom razumijevanju, savjetima i pomoći tijekom istraživanja i pisanja ovog rada.

Asistentici, dr.sc. Gordani Gregorović zahvaljujem na pomoći i savjetima pri korištenju računalnog programa LUCIA G 4.81.

Asistentu, dr.sc Ivanu Radiću zahvaljujem na pomoći kod snimanja mikroskopskih preparata.

Tehničarki Zdenki Ivančić hvala za pomoć pri izradi histoloških preparata.

Veliko hvala mojim roditeljima i sestrama koji su mi najveća podrška i oslonac u životu.

Mojim dragim prijateljima hvala što su bili uz mene uz sve moje uspone i padove i što su učinili da mi studentski dani ostanu u najljepšem sjećanju.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

REPRODUKTIVNI CIKLUS ŠKOLJKAŠA *Dreissena polymorpha* (PALLAS, 1771) U
HIDROAKUMULACIJI ČAKOVEC

Tina Penić

Biološki odsjek
Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilište u Zagrebu
Rooseveltov trg 6, Zagreb

Terenska istraživanja provedena su od svibnja do listopada 2006. godine. Primjenom klasičnih histoloških tehnika proučeni su razvojni stadiji gonada, a računalnom analizom slike LUCIA G 4,81 izmjeren je gonadni volumen, volumen probavne žlijezde i volumen ostalih tkiva utrobne vreće. Rezultati rada su pokazali da je u istraživanoj hidroakumulaciji omjer spolova 1:1. Iako je reproduktivni ciklus školjkaša uglavnom ujednačen, svi razvojni stadiji gonada najprije su uočeni kod ženki. U svibnju su gonade većine jedinki bile u stadiju pred mriještenje. Do mriještenja je došlo u lipnju i početkom srpnja što je potvrđeno porastom broja jedinki koje su bile u stadiju poslije mriještenja. Stadij mirovanja gonada uočen je kod manjeg broja ženki već u kolovozu. Proces nove gametogeneze počeo je u rujnu i nastavio se tijekom listopada. Najviše vrijednosti gonadnog volumena i gonadnog indeksa utvrđene su u lipnju, a najniže u rujnu kad je najveći dio jedinki bio u stadiju mirovanja. Za razliku od gonada, vrijednosti volumena i indeksa probavne žlijezde bile su najniže u lipnju, a najviše u rujnu. Tijekom istraživanja utvrđena je i prisutnost endoparazita metilja.

(46 stranica, 23 slike, 11 tablica, 74 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: *Dreissena polymorpha* / reproduktivni ciklus / razvojni stadiji gonada / gonadni volumen / gonadni indeks / metilji

Voditelj: Dr. sc. Jasna Lajtner, doc.

Ocjenjivači: Dr. sc. Jasna Lajtner, doc.
Prof. dr. sc. Zdravko Dolenec, izv. prof.
Prof. dr. sc. Božena Mitić, izv. prof.

Rad prihvaćen: 30. lipnja 2010.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

THE REPRODUCTIVE CYCLE OF THE ZEBRA MUSSEL *Dreissena polymorpha*
(PALLAS, 1771) IN THE HYDROACCUMULATION ČAKOVEC

Tina Penić

Department of Biology
Faculty of Science, University of Zagreb
Rooseveltova trg 6, Zagreb

Field research was conducted from May to October 2006. Using conventional histological examination developmental stages of gonads were studied. Gonad volume, volume of the digestive gland and volume of other tissues of visceral mass were measured with computerized image analyses LUCIA G 4.81. The results showed that in the studied hydroaccumulation sex ratio was 1:1. Although the reproductive cycle of mussels generally synchronized, all the developmental stages of gonads were first observed in females. In May, the gonads of most individuals were at the prespawning stage. The spawning occurred in June and early July, which was confirmed by the increase in number of individuals which were at the postspawning stage. The stage of inactive gonads was observed in a small number of females in August. The process of new gametogenesis started in September and continued during October. The highest volume of gonads and gonad indices were determined in June, and the lowest in September when the most of the individuals were at the inactive stage of gonads. In contrast to the gonads, the values of volume and digestive gland indices were lowest in June and highest in September. During the research the presence of endoparasites trematoda was also identified.

(46 pages, 23 figures, 11 tables, 74 references, original in: croatian)

Thesis deposited in the Central biological library

Key words: *Dreissena polymorpha* / reproductive cycle / gonad stages / gonad volume / gonad index / trematoda

Supervisor: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.

Reviewers: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.
Dr. Zdravko Dolenec, Assoc. Prof.
Dr. Božena Mitić, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 30th June, 2010

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. OSNOVNA OBILJEŽJA VRSTE	1
1.1.1. Vanjski izgled	1
1.1.2. Unutrašnja građa	2
1.1.3. Ekologija vrste	5
1.1.4. Zoogeografija vrste	10
1.2. CILJ ISTRAŽIVANJA	11
2. MATERIJAL I METODE	13
2.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	13
2.2. SKUPLJANJE UZORAKA ŠKOLJKAŠA	14
2.3. IZRADA HISTOLOŠKIH PREPARATA	16
2.4. OBILJEŽJA GONADA	16
2.4.1. Razvojni stadij gonada	16
2.4.2. Indeks spolne zrelosti	17
2.4.3. Gonadni volumen	17
2.4.4. Gonadni indeks	18
2.5. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	18
3. REZULTATI	19
3.1. OMJER SPOLOVA	19
3.2. OBILJEŽJA GONADA	19
3.2.1. Razvojni stadij gonada	19
3.2.2. Indeks spolne zrelosti	28
3.2.3. Gonadni volumen	29
3.2.4. Gonadni indeks	33
3.3. METILJI	35
4. RASPRAVA	
4.1. ODNOS SPOLOVA	36
4.2. OBILJEŽJA GONADA	36
4.3. METILJI	38
5. ZAKLJUČCI	39
6. CITIRANA LITERATURA	40

1. UVOD

1.1. OSNOVNA OBILJEŽJA VRSTE

Školjkaš *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) slatkovodna je vrsta koja se iz mora naselila u vode na kopnu. Prema Međunarodnom savezu za očuvanje prirode jedna je od 100 najopasnijih invazivnih vrsta na svijetu (Global Invasive Species Database, 2005). Također je i jedna od najdominantnijih vrsta u rijekama i jezerima Europe (Stanczykowska, 1977).

Sistematika vrste (Nuttall, 1990):

Carstvo: ANIMALIA

Koljeno: MOLLUSCA

Razred: BIVALVIA Linnaeus, 1758

Podrazred: HETERODONTA Neumayr, 1884

Red: VENEROIDA H. & A. Adams, 1856

Natporodica: DREISSENOIDEA Gray, 1840

Porodica: DREISSENIDAE Gray, 1840

Rod: *Dreissena* van Benden, 1835

Dreissena polymorpha (Pallas, 1771)

1.1.1. VANJSKI IZGLED

Školjka vrste *D. polymorpha* ima oblik trokuta izvedenog na različite načine (grč. *poly* – mnogo; *morphe* - oblik) pa otuda potječe hrvatski naziv raznolika trokutnjača za ovu vrstu (Slika 1). Ljušture su žuto-smeđe do sive boje prošarane tamnim linijama i prugama, pa je engleski naziv za navedenu vrstu zebra mussel. Prosječna duljina školjki iznosi 25-40 mm, visina 13-18 mm, a širina 16-23 mm.



Slika 1. Vanjski izgled vrste *D. polymorpha* (snimio I. Lajtner)

1.1.2. UNUTRAŠNJA GRAĐA

KOŽNI SUSTAV

Tijelo školjkaša obavijeno je plaštom, a unutar njega je plaštana šupljina s pripadajućim organima (Slika 2). U posteriornom dijelu tijela plašt je produžen u dvije kratke cijevi, sifone, koji se otvaraju u vanjsku okolinu.

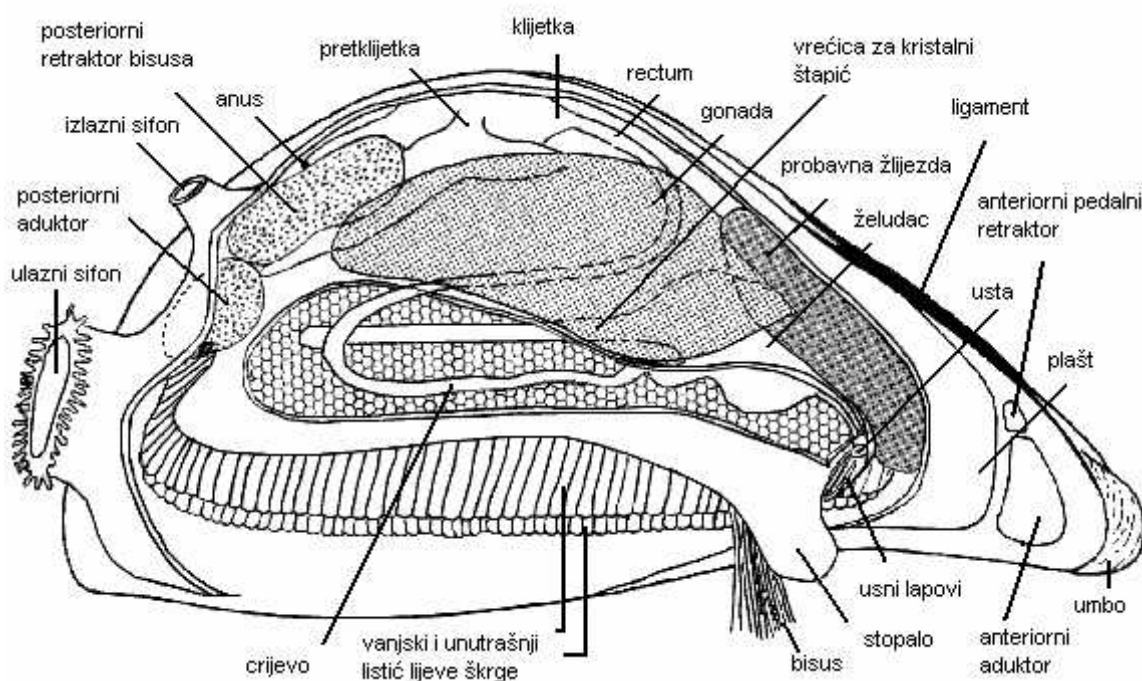
Na trbušnoj strani tijela smješteno je stopalo (Morton, 1969a, 1993) pomoću kojeg se životinja kreće. Pri bazi stopala je bisusna žlijezda koja luči sekret koji se u vodi skrutne u dugačka žilava vlakna tzv. bisus (Morton, 1969a, 1993) koji služi za pričvršćivanje životinje za tvrdi podlogu (Slika 2).

MIŠIĆNI SUSTAV

S unutrašnje strane na ljušturu su pričvršćeni anteriorni i posteriorni aduktor, anteriorni pedalni retraktor, posteriorni pedalni aduktor te anteriorni i posteriorni bisusni retraktor (Yonge i Campbell, 1968) (Slika 2). Između anteriornog pedalnog retraktora i posteriornog pedalnog aduktora smješten je pedalni elevator. Školjka se zatvara kontrakcijom anteriornog i posteriornog aduktora, a prestankom mišićne kontrakcije zatežu se ligamenti i školjka se otvara (Yonge i Campbell, 1968).

DIŠNI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* diše pomoću parnih trepetljivikavih škrga koje se pružaju kroz cijelu plaštanu šupljinu (Morton, 1969a, 1993; Claudi i Mackie, 1993) (Slika 2). Velika površina škrga omogućuje laku izmjenu plinova, a osim toga, svojim sustavom trepetljika škrge čine glavne organe za skupljanje hrane filtriranjem. Histološka je karakteristika svih dijelova tijela koji su unutar plaštane šupljine (osim stopala) da su pokriveni trepetljivikavim epitelom, a to je vrlo važno za hranjenje i disanje.



Slika 2. Unutrašnja građa vrste *D. polymorpha* (preuzeto od Claudi i Mackie, 1993)

PROBAVNI SUSTAV

Školjkaši su filtrirajući organizmi (Morton, 1969b; Hinz i Scheil, 1972; Stanczykowska, 1977; Maclsaac i sur., 1992). Sitne čestice promjera oko 0,05 mm, tjerane trepetljikama dospiju u usta, a odavde u jednjak i želudac. Veće čestice skupljaju se u uglovima krpastih usnih nastavka i povremeno se mišićnim trzajima odbacuju na stijenke plašta. Tvari koje su skupljene filtriranjem pomoću hranidbenih struktura, a nisu ušle u

probavilo (pseudofekalije) izbacuju se kroz izlazni sifon u vanjsku okolinu. Hranidbene tvari iz usta kroz kratki jednjak dođu u želudac. Želudac se sastoji od prostrane želučane vreće i cjevastog želučanog nastavka. Šupljina želučanog cjevastog nastavka podijeljena je parnim naborima stijenki u dva kata. Donji kat izgrađuje prolaz prema crijevu, a gornji je bogat žlijezdama i stvara galertasto-enzimatski štapić (kristalni štapić). Kristalni štapić svojim okretanjem pomaže u miješanju sadržaja želuca, te potiskuje čestice hrane. Na želudac se nastavljaju srednje i stražnje crijevo.

Probavna žlijezda (žlijezda srednjeg crijeva) sastavljena je od velikog broja kanalića. Kanalići su građeni od dviju vrsta stanica: trepetljivikavih manjih i većih probavnih stanica. Vrsta *D. polymorpha* hrani se fitoplanktonom, zooplanktonom, detritusom i drugim organskim tvarima (MacIsaac i sur. 1991, 1992, 1995).

OPTJECAJNI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* ima otvoren optjecajni sustav. Na leđnoj strani životinje smješteno je trodijelno srce koje se sastoji se od dvije pretkljetke i jedne kljetke (Morton, 1969a) (Slika 2). Hemolimfa bogata kisikom iz škrge i plašta dolazi u pretkljetke, a potom i u kljetku. Iz kljetke hemolimfa mrežom žila odlazi prema tijelu. U hemolimfnim sinusima vrši se izmjena dišnih plinova, produkata metabolizma i hranjivih tvari između tjelesnih stanica i hemolimfe. Nakon toga hemolimfa se ponovno skuplja u žile i ide u škrge i plašt gdje se oksigenira.

EKSKRECIJSKI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* ima parne metanefridije građene u obliku cijevi U-oblika, a smještene između stražnjeg retraktora bisusa i stražnjeg aduktora. U stijenci perikarda smještena je perikardijalna žlijezda koja ima važnu ulogu u ultrafiltraciji hemolimfe te u procesima detoksikacije (Giamberini i Pihan, 1996).

Suvišna voda se iz tijela izbacuje putem metanefridija (Morton, 1969b). Proces ekskrecije započinje filtriranjem hemolimfe kroz perikardijalnu žlijezdu u šupljinu perikarda (Giamberini i Pihan, 1996). Iz perikarda, profiltrirana tekućina (tj. primarna mokraća), ulazi preko renoperikardijalnog otvora u proksimalni dio metanefridija. Tu se koncentrira i stvara se sekundarna mokraća. Mokraća se oslobađa kroz nefridioporu u

suprabranhijalni prostor odakle se kroz izlazni sifon izbacuje van iz tijela školjkaša (McMahon, 1991).

ŽIVČANI I OSJETILNI SUSTAV

Živčevlje je vrlo jednostavno i simetrično. Njegov središnji dio sastoji se od malog, parnog cerebralnog ganglija koji je srašten s pleuralnim ganglijem. Iz njega izlaze dvije konektive sa svake strane, od kojih jedna vodi prema pedalnom gangliju, a druga prema stražnjem dijelu na visceralni ganglij. Cerebralni ganglij inervira prednji dio tijela, prednji mišić zatvarač, prednji dio plašta, usne lapove i usta. Pedalni ganglij inervira stopalo, a visceralni stražnji mišić zatvarač, škrge, stražnji dio plašta te sifone.

Osjetne stanice posebno su brojne na rubu ulaznog i izlaznog otvora.

RASPLODNI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* razdvojenog je spola. Gonade su parne i smještene u utrobnoj vreći (Morton, 1969a) (Slika 2). Sastoje se od folikula u kojima su razvojni stadiji gameta. Oocite su pričvršćene za zametni epitel dok ne postanu spono zrele. Zreli spermiji su karakteristično raspoređeni s bičevima usmjerenim prema lumenu folikula. Zrele gamete zajedno s vodom izbacuju se kroz izlazni sifon (Morton, 1993).

1.1.3. EKOLOGIJA VRSTE

ABIOTIČKI EKOLOŠKI ČIMBENICI

Vrsta *D. polymorpha* je primarno slatkovodna vrsta, međutim pronađena je i u boćatim vodama sa salinitetom do 8‰. Vrlo je otporna vrsta i može podnijeti različite nepovoljne uvjete kao što su gladovanje, isušivanje, vrlo niske i visoke temperature, velike razlike u količini otopljenog kisika i kalcija.

U Europi je temperaturni prag za rast ove vrste od 11 do 12 °C (Walz, 1978), za razmnožavanje i razvoj ličinki od 15 do 17 °C (Morton, 1969c; Stanczykowska, 1977; Lewandowski i Ejsmont-Karabin, 1983; Borcharding 1991; Sprung 1991). U Sjevernoj

Americi u Velikim jezerima temperaturni prag za gametogenezu je 10 °C, za rast je od 8 do 10 °C te 14 do 16 °C za razvoj ličinke (Claudi i Mackie, 1993).

Koncentracija kalcija u vodi utječe na pojavu i širenje raznolike trokutnjače. Ovi školjkaši ne mogu preživjeti ako je koncentracija kalcija niska jer je kalcij važan sastavni dio školjke (Claudi i Mackie, 1993). Koncentracija od 28 do 109 mg/l u jezerima osigurava uspješan razvoj ove vrste (Stanczykowska, 1977).

Najniža vrijednost pH za preživljavanje odraslih školjkaša je 6,5, a za ličinke 6,9 (Claudie i Mackie, 1994). Za razmnožavanje ta vrijednost iznosi 7,4, a za pozitivan rast školjkaša iznad 8,3 (Hincks i Mackie, 1997).

Za razmnožavanje i rast raznolike trokutnjače bitan čimbenik je i količina otopljenog kisika. Ova vrsta može podnijeti velike razlike u količini kisika, a nekoliko dana može preživjeti i u anaerobnim uvjetima (Matthews i McMahon, 1999). Ovi školjkaši mogu preživjeti čak i ako je zasićenje kisika samo 25 % (Karatayev i sur. 1998).

Budući da je vrsta *D. polymorpha* filtrirajući organizam brzina strujanja vode bitan je čimbenik za njezin rast. Osim toga, zbog pričvršćivanja na tvrde podloge ova vrsta izbjegava mjesta s velikom brzinom protjecanja.

Vrsta *D. polymorpha* živi pričvršćena na čvrstim prirodnim (kamenje, stijene, grane drveća) i umjetnim (plastika, staklo, guma, metal) podlogama. Može biti pričvršćena na vodene makrofite (Karatayev i sur., 1998) te na vodene beskralješnjake (Carlton, 1993). Oblik ljuštura i bisusne niti idealna su podloga za sesilni način života (Claudi i Mackie, 1993).

BIOTIČKI EKOLOŠKI ČIMBENICI

PREDATORI

Vrsta *D. polymorpha* ima visoku nutritivnu vrijednost (60,7 % proteina, 12 % masti, 19 % ugljikohidrata) (Cleven i Frenzel, 1992). Ta vrijednost mijenja se sezonski. Glavni predatori su ribe, ptice i rakovi.

Ličinkama školjkaša hrani se deset europskih i pet sjevernoameričkih vrsta riba (van der Velde i sur., 1994; Limburg i Ahrend, 1994; Molloy i sur., 1997). Odraslim jedinkama ove vrste hrani se 38 ribljih vrsta. U Sjevernoj Americi najbolje proučen

predator je vrsta *Aplodinotus grunniens* (French i Bur, 1993), a u Europi bodorka (*Rutilus rutilus*) (Martyniak i sur., 1987).

Ptice su među najbolje istraženim predatorima ove vrste. Čak 36 vrsta vodenih ptica hrani se odraslim jedinkama ovog školjkaša. Pet vrsta pataka (*Aythya fuligula*, *A. ferina*, *A. marila*, *A. affinis*, *Bucephala clangula*) i liska (*Fulica atra*) najbolje su istraženi predatori vrste *D. polymorpha* (Molloy i sur., 1997).

Tri skupine rakova (veslonošci, riječni rakovi i rakovice) poznate su kao predatori vrste *D. polymorpha*.

PARAZITI

Najčešći paraziti koje imaju odrasli školjkaši su trepetljikaši i metilji. Priroda odnosa između trepetljikaša i domadara kreće se od komenzalizma do parazitizma (Bradbury, 1994). Kao paraziti kod vrste *D. polymorpha* pronađeno je čak sedam vrsta metilja (Conn i Conn, 1995; Molloy i sur., 1997; Lajtner i sur., 2008). Inficirana metiljima ova vrsta ima i do jedne trećine manju suhu težinu od zdrave jedinke, zbog otežanog hranjenja i disanja uzrokovanog prisutnošću sporocista u škragama (Molloy i sur., 1997). Osim toga, dokazan je i negativan učinak na rasplodni sustav jer su gonade jedno od primarnih mjesta infekcije (Lajtner i sur., 2008).

EKOLOŠKI KOMPETITORI

Budući da odrasla jedinka živi pričvršćena na podlogu, njeni glavni ekološki kompetitori su spužve (Spongia), obrubnjaci (Hydrozoa), mahovnjaci (Bryozoa) i drugi školjkaši (Molloy i sur., 1997). Osim za prostor navedeni organizmi su i u kompeticiji za hranu (Molloy i sur., 1997).

ŽIVOTNI CIKLUS

Raznolika trokutnjača je netipična vrsta slatkovodnih školjkaša, jer se razvija iz slobodno plivajuće veliger ličinke, koja je inače karakteristična za morske školjkaše.

Životni ciklus vrste *D. polymorpha* može se podijeliti u tri dijela: ličinački,

juvenilni i adultni stadij (Ackerman i sur., 1994; Claudi i Mackie, 1994). Ličinka veliger razvija se u planktonu, a juvenilne i adultne jedinke pričvršćene su za podlogu.

Adultne jedinke postaju spolno zrele već tijekom prve godine života, kad su prosječno duge 8 do 10 mm (Mackie i sur., 1989). Razvoj spolnih stanica počinje u kasnu jesen, nastavlja se tijekom zime, a u proljeće dolazi do naglog rasta jajnih stanica i spermija (Pathy, 1994; Gist i sur., 1997).

Jedna od glavnih prednosti za brzo naseljavanje ove vrste je jako visok fekunditet. Ženka godišnje može producirati čak 1 500 000 jaja (Borcherding, 1991; Neumann i sur., 1993, Lajtner, 2005). Broj spermija koje stvaraju mužjaci kreće se oko deset bilijuna (Sprung, 1991). Jaja i spermiji počinju se oslobađati kad temperatura vode pređe 12 °C (Borcherding, 1991), no idealna temperatura za mriještenje je od 15 do 17 °C (Pathy, 1994; Claudi i Mackie, 1994).

Mriještenje se obično događa u svibnju i lipnju, no u jezeru Erie (Velika jezera) mriještenje počinje u svibnju i traje do kasnog listopada (Pathy, 1994). Oplodnja je vanjska, a smatra se da je temperatura glavni čimbenik koji dovodi do oslobađanja gameta. Oplodena jajna stanica prolazi embrionalni razvoj koji uključuje spiralno brazdanje, blastulaciju i gastrulaciju (Ackerman i sur., 1994). Iz gastrule se kroz 6 do 20 sati, što ovisi o temperaturi vode, razvija slobodno plivajuća ličinka trohofora koja ubrzo prelazi u veliger ličinku. Iz nje se razvija pediveliger ličinka koja se počinje spuštati prema dnu gdje se bisusnim nitima pričvršćuje za čvrste podloge. Iz pediveliger ličinke daljnjim procesom preobrazbe nastaje postveliger ličinka koja predstavlja prelazni oblik prema juvenilnim školjkašima. Vrijeme potrebno da se iz oplodenog jajeta razvije juvenilna jedinka ovisi o temperaturi vode i može trajati od 8 do 240 dana (Ackerman i sur., 1994).

Populacije odraslih školjkaša su najgušće u jezerima u litoralnoj i sublitoralnoj zoni na dubini od 2 do 12 metara (Stanczykowska, 1977). Na oba kontinenta populacije postižu maksimum gustoće nakon 5 godina od pojavljivanja u nekom vodenom ekosistemu (Stanczykowska, 1977; Mackie i Schloesser, 1996). U Štetinskom jezeru (Poljska) utvrđena je gustoća od 114.000/m², što je iznosilo 87,7% sveukupne biomase faune dna (Wiktor, 1963). Na umjetno postavljenim betonskim podlogama u akumulacijskom jezeru Dubrava, na dubini od 5 metara, zabilježena je gustoća od 164.408 jedinki/m² (Erben i sur., 2000).

UTJECAJI VRSTE

Raznolika trokutnjača nije samo izuzetno agresivna invazivna vrsta koja ubrzo postaje dominantna u novom prostoru, već je i vrlo učinkovit „inženjer ekosustava“ mijenjajući okoliš koji zauzme. „Inženjer ekosustava“ je vrsta koja direktno ili indirektno kontrolira dostupnost resursa drugim organizmima uzrokujući fizičke promjene stanja biotičkih i abiotičkih čimbenika okoliša (Jones i sur., 1994). Ovi školjkaši uzimaju velike količine fitoplanktona iz vode i na taj način oduzimaju hranu zooplanktonu (Leach, 1993; Nichols i Hopkins, 1993; Fahnenstiel i sur., 1995a, b; Karatayev i sur., 1997; Bastviken i sur., 1998). Vrsta *D. polymorpha* filtracijom povećava prozirnost vode i smanjuje količinu planktonskih algi (Mellina i sur. 1995). Haag i sur. (1993) utvrdili su da ova vrsta smanjuje preživljavanje i kondiciju autohtonih vrsta školjakaša u jezeru Erie. Osim toga, *D. polymorpha* obrasta bentičke beskraljeznjake i onesposobljuje njihove normalne aktivnosti kao što su kretanje i hranjenje (Mackie, 1991).

Ova invazivna vrsta svojim bisusnim nitima pričvršćuje se na dna brodova, motore, ribarske mreže, dokove. Također, začepљуje cjevovode smanjujući njihov volumen (Slika 3), pa tako utječe i na snabdijevanje vodom, uzrokuje koroziju cijevi, te neugodan miris i okus vode svojim metaboličkim procesima i odumiranjem (Claudi i Mackie, 1993). Negativan utjecaj ova vrsta školjakaša ima i na plažama na kojima se talože prazne ljuštore koje su tanke i oštre i mogu izazvati ozljede stopala.



Slika 3. Obraštaj vrste *D. polymorpha* unutar vodovodnih cijevi

(www.pastthemoon.com/.../08/mussels_in_pipe.jpg)

1.1.4. ZOOGEOGRAFIJA VRSTE

Za vrijeme pliocena vrsta *D. polymorpha* imala je širok areal u centralnoj Europi i duž rijeke Volge. Nakon zadnjeg ledenog doba gotovo je u potpunosti nestala, a zadržala se samo na području Crnog i Azovskog mora, te Kaspijskog jezera (Wiktor, 1963). U posljednja dva stoljeća proširila se po gotovo čitavoj Europi (Morton, 1969c; Stanczykowska, 1977).

Godine 1985. pojavila se u Sjevernoj Americi, u Velikim jezerima (Hebert i sur., 1989). Smatra se da je tamo došla balastnim vodama iz prekooceanskih brodova.

Do siječnja 2007, raznolika trokutnjača je utvrđena u svim Velikim jezerima. Johnson i sur. (2006) utvrdili su da je vrhunac invazije bio u periodu od 1993. do 1995. godine te 1998. godine.

Osim vrste *D. polymorpha* u Sjevernu Ameriku se iz Europe proširila još jedna vrsta iz porodice Dreissenidae. Vrsta *Dreissena bugensis* prvi puta je pronađena 1989. godine u kanalu jezera Erie, ali tek je 1991. utvrđeno da se radi o drugoj vrsti (May i Marsden 1992). Danas je ta vrsta dominantnija u mnogim područjima SAD-a u odnosu na vrstu *D. polymorpha*.

Najstariji podatci o vrsti *D. polymorpha* na području Republike Hrvatske potječu iz 19. stoljeća. Naime, nekoliko praznih ljuštura je pronađeno na dubrovačkom području kamo je rijekom Bojanom i morskim strujama pristigla iz Skadarskog jezera. Sedamdesetih godina prošlog stoljeća istraživanja su pokazala da je najzapadnija točka njenog rasprostranjenja ispod ušća rijeke Drine u rijeku Savu (Matonićkin i sur., 1975). Krajem 20. stoljeća ova se vrsta iz Dunava naglo počela širiti u Republici Hrvatskoj. Tako je početkom devedesetih godina prošlog stoljeća pronađena na nekoliko lokaliteta u rijeci Dravi kod Pitomače (Lajtner i Klobučar, 1996). U akumulacijskom jezeru hidroelektrane Dubrava (kod Preloga) pojavila se krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća (Mišetić i sur., 1991). Proces njenog širenja uzvodno nastavljen je i dalje tako da je do danas nađena u akumulacijskim jezerima hidroelektrana Čakovec i Varaždin (Mrakovčić i sur., 2003; Lajtner i sur., 2004). Godine 1990. ova je vrsta pronađena u jezeru Čingi-Lingi kod Koprivnice (Kranjčev, 1993; 1996), a 2002. godine otkrivena je i u jezeru Jarun u Zagrebu (Lajtner i sur., 2005). U parku prirode Kopački rit pronađena je 2003. godine (Lajtner i sur., 2005).

1.2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Slatkovodni školjkaš, *D. polymorpha* jedna je od najagresivnijih invazivnih vrsta na svijetu koja u Europi i posebno Sjevernoj Americi stvara velike štete u crpilištima vode, ribarskim brodovima i na hidro i termoelektranama. Obraštaj ove vrste u Sjevernoj Americi uzrokuje materijalnu štetu u milijunima dolara godišnje (Morton, 1997).

Životni ciklus koji uključuje slobodno plivajuću veliger ličinku, inače karakterističnu za morske školjkaše, omogućuje im sposobnost invazije i dominacije u novom prostoru. Kad jednom zauzmu neko područje, njihove populacije mogu rasti jako brzo i njihova ukupna biomasa može deset puta premašiti biomasu svih autohtonih bentičkih beskralješnjaka (Karatayev i sur., 1994).

Prisutna je u cijelom toku hrvatskog dijela Drave i Dunava. Zbog iznimno velike plodnosti istiskuje autohtone vrste školjkaša, filtracijom planktona smanjuje količinu hrane drugim vrstama te svojom aktivnošću mijenja sastav i strukturu zajednice riječnog dna. Uzrokuje velike probleme u ljudskim aktivnostima jer može u kratkom roku začepiti ili pokriti velike površine raznih struktura, kao što su cijevi elektrana ili komunalnih sustava.

Guste populacije ove vrste pronađene su u sustavu hidroelektrane Čakovec (Mrakovčić i sur., 2003) koja je izgrađena na rijeci Dravi i u pogonu je od 1982. godine. Školjkaši su osim u hidroakumulaciji pronađeni i u dovodnim kanalima, na metalnim i betoniranim dijelovima brane, ali i u strojarnici hidroelektrane (Erben i sur., 2007). Poznato je da ova vrsta ima velik reproduktivni potencijal što je jedna od glavnih karakteristika i prednosti neke invazivne vrste u novom ekosistemu.

Za istraživanje reproduktivnog ciklusa vrste *D. polymorpha* u hidroakumulaciji Čakovec postavljani su slijedeći ciljevi istraživanja:

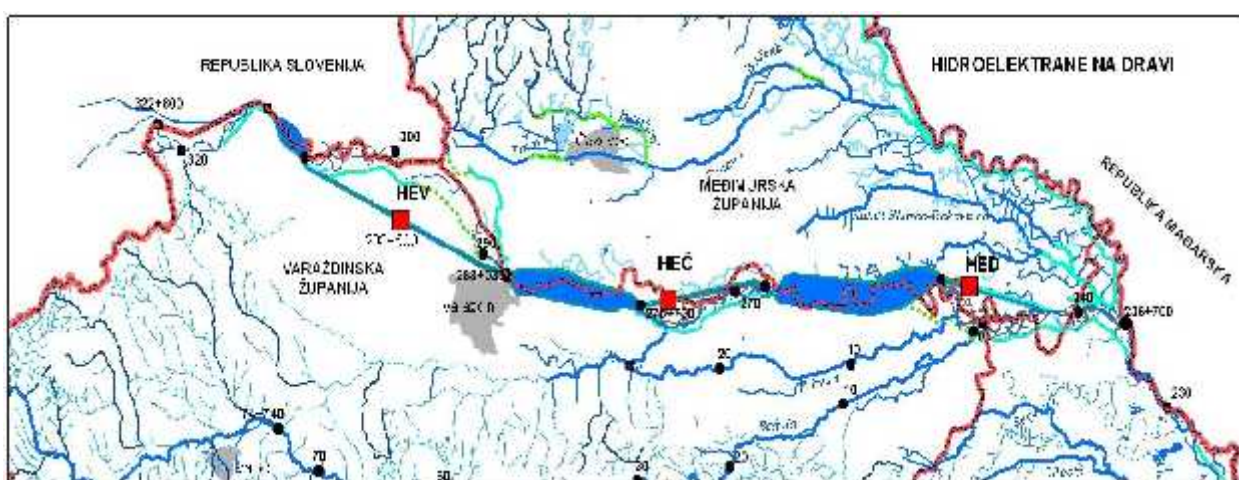
1. Praćenjem razvojnih stadija gonada utvrditi u kojoj je mjeri sinhroniziran proces sazrijevanja gonada kod mužjaka i ženki.
2. Utvrditi omjer spolova u proučavanoj populaciji školjkaša.
3. Utvrditi postoji li povezanost vrijednosti temperature vode hidroakumulacije i procesa razvoja gonada.

4. Korištenjem računalnog programa LUCIA G 4.81 izračunati i usporediti vrijednosti gonadnog volumena s vrijednostima volumena probavne žlijezde i volumena ostalih tkiva utrobne vreće po mjesecima i među spolovima.
5. Izračunati i usporediti vrijednosti gonadnog indeksa s vrijednostima indeksa probavne žlijezde i indeksa ostalih tkiva utrobne vreće po mjesecima i među spolovima.
6. Poznato je da je vrsta *D. polymorpha* domadar za brojne parazite pa je jedan od ciljeva rada bio utvrditi njihovu eventualnu prisutnost u pojedinim jedinkama školjkaša.

2. MATERIJAL I METODE

2.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Rijeka Drava ima velik hidropotencijal, pa su na njoj uzvodno od Donje Dubrave izgrađene 22 hidroelektrane od čega jedanaest u Austriji, osam u Sloveniji i tri u Hrvatskoj: HE Varaždin (u pogonu od 1975. godine), HE Čakovec (u pogonu od 1982. godine), HE Dubrava (u pogonu od 1989. godine) (Slika 4).



Slika 4. Hidroelektrane na rijeci Dravi

(www.gradri.hr/adminmax/files/class/stara%20korita%20he.pdf)

Hidroelektrana Čakovec derivacijskog je tipa i sastoji se od akumulacijskog jezera, obodnih kanala, brane, dovodnog kanala, strojarnice i odvodnog kanala.

Fizikalno–kemijske i mikrobiološke pokazatelje u hidroakumulaciji Čakovec tijekom 2006. godine detaljno je izmjerila i obradila Tarnik (2008). Svi mjereni pokazatelji kreću se u granicama koje vrijede za oligo do mezotrofna jezera (Tablica 1). Hidroakumulacija Čakovec je znatno plića od hidroakumulacije Dubrava pa miješanje svih slojeva vode omogućuje opskrbu fitoplanktonom i hranjivim solima u cijelom vertikalnom stupcu. Vrijednosti temperature, pH, zatim biološka i kemijska potrošnja kisika potvrdile su da je kakvoća vode zadovoljavajuća za razvitak školjkaša. Otopljenog kisika bilo je dovoljno, a vrijednosti zasićenja kisikom uglavnom su prelazile 100 %. Koncentracija kalcija te ukupna tvrdoća vode bile su u optimalnim granicama vrijednosti potrebnih za

dobar rast i razmnožavanje školjkaša. Vrijednosti klorofila *a* u svibnju su bile u granicama vrijednosti za oligotrofna jezera. U srpnju i kolovozu izmjerene vrijednosti pokazivale su da se radi o mezo do umjereno eutrofnom jezeru.

Tablica 1. Fizikalno-kemijski i mikrobiološki pokazatelji u hidroakumulaciji Čakovec (prema Tarnik, 2008).

datum	17. 5. 2006.			5. 7. 2006.			30. 8. 2006.		
dubina	2 m	5 m	7 m	2 m	5 m	7 m	2 m	5 m	7 m
temperatura/t °C	17,60	15,70	15,10	27,10	20,10	19,10	14,10	17,60	17,40
prozirnost vode/m	1,80	1,80	1,80	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80
pH	8,09	8,06	8,03	8,04	8,04	7,97	8,08	8,07	8,10
BPK ₅ /mg/l O ₂	2,19	1,49	1,52	2,96	2,97	2,03	1,58	0,10	0,54
KPK/ mg/l O ₂	11,40	8,40	6,60	8,40	8,40	6,60	3,60	7,80	7,80
ukupna tvrdoća/ d°H	7,84	7,62	7,62	6,27	6,04	6,04	7,39	7,39	7,62
KMnO ₄ / mg/l O ₂	1,82	1,58	1,98	1,26	1,58	1,50	1,58	1,50	1,58
kisik/ mg/l O ₂	11,25	10,94	9,96	9,42	9,56	9,25	8,30	8,06	9,42
saturacija/ %	115,50	109,94	98,12	106,68	104,25	98,93	87,00	84,49	98,70
Ca/ mg/l	33,63	33,63	33,63	32,03	33,63	35,23	33,63	36,84	33,63
klorofil-a	-	0,547	-	-	9,708	-	-	3,945	-

2.2. SKUPLJANJE UZORAKA ŠKOLJKAŠA

Skupljanje odraslih školjkaša provedeno je u razdoblju od svibnja do listopada 2006. godine uz lijevu obalu hidroakumulacije Čakovec (Slika 5). Budući da su školjkaši bisusnim nitima učvršćeni za podlogu i da je skupljanje provedeno na dubini od 3 m, uzorkovanje su obavili ronionci kluba podvodnih aktivnosti „Drava“ iz Varaždina (Slika 6). Uzorak obraštaja školjkaša pažljivo je sastrugan s podloge, prebačen u mrežu i izvađen iz vode. Prilikom svakog uzorkovanja izmjerena je temperatura vode.

Uzorci školjkaša do laboratorija su preneseni u plastičnim posudama s jezerskom vodom. Zatim su prebačeni u akvarije s protočnom dekloriranom vodom i prozračivanjem. Dan nakon dolaska s terena jedinke su obrađene histološkim tehnikama.



Slika 5. Hidroakumulacija Čakovec. Strelica prikazuje mjesto uzorkovanja školjkaša (<http://earth.google.com/>)



Slika 6. Sakupljanje školjkaša u hidroakumulaciji Čakovec (snimio I. Lajtner)

2.3. IZRADA HISTOLOŠKIH PREPARATA

Za histološku obradu odabrano je 10 školjkaša, odnosno ukupno 60 školjkaša tijekom istraživanog perioda. Školjkaši su najprije izmjereni (duljina, širina, visina školjke). Prilikom odabira pazilo se da jedinke budu približno iste duljine ($\approx 26,00$ mm) kako se ne bi trebala raditi naknadna standardizacija uzorka. Sva morfometrijska mjerenja obavljena su pomičnim mjerilom s točnošću mjerenja 0,1 mm.

Nakon morfometrijskih mjerenja slijedilo je otvaranja školjke skalpelom. Utrobna vreća (u kojoj se nalaze gonade, crijevo, probavna žlijezda, bisusna žlijezda, stopalo i dio mišića aduktora) pažljivo je odvojena od ostalih tkiva (škrge, plašt, srce, bubreg, dio mišića aduktora). Nakon toga uzorci su fiksirani u Bouinovu fiksativu 24 sata. Slijedilo je ispiranje u 75 %-tnom etanolu slijedeća 24 sata. Potom su uzorci tkiva dehidrirani kroz niz alkohola rastućih koncentracija: 80 %, 96 %, 96 %, 100 % i 100 %-tni etanol. Tkivo je stajalo u svakom alkoholu po jedan sat i potom prebačeno u kloroform i ostavljeno preko noći. Slijedeći dan je izvršen uklop u Paraplast Plus.

Preparati su rezani na mikrotomu, model Reichert. Ukupno je izrezano 20 preparata po životinji, a rezovi su bili debljine 10 μ m. Nakon deparafiniranja u ksilolu, alkoholu padajućih koncentracija i destiliranoj vodi preparati su obojeni standardnim metodama za histomorfološku analizu (hemalaun-eozin bojanje) (Romeis, 1968; Švob, 1974). Poslije bojenja slijedilo je dehidriranje uzoraka tkiva kroz niz alkohola rastućih koncentracija i ksilol. Nakon dehidracije preparati su uklopljeni u kanada balzam.

2.4. OBILJEŽJA GONADA

2.4.1. RAZVOJNI STADIJ GONADA

Preparati su pregledani na mikroskopu Olympus CX21, uz ukupno povećanje mikroskopa od 40, 100, 200 i 400x. Ukupno je analizirano 600 preparata i procijenjeno je stanje gonada. Osim toga, zabilježena je prisutnost metilja u gonadama kao i u ostalim organima utrobne vreće.

Za procjenu razvojnih stadija gonada odabrani su kriteriji prema Gist i sur. (1997) gdje je: 0 - stadij mirovanja; 1 - gametogeneza; 2 - stadij pred mriještenje; 3 - stadij poslije mriještenja (Tablica 2). Također je utvrđen omjer mužjaka i ženki.

Tablica 2. Kriteriji za određivanje razvojnih stadija gonada školjkaša *D. polymorpha* (prema Gist i sur., 1997).

Stanje	Sjemenik	Jajnik
0 mirovanje	Atrofirani i prazni tubuli; nekoliko manjih spermatogonija s malo citoplazme na rubu tubula.	Atrofirani i prazni tubuli; nekoliko oogonija (većih od spermatogonija) prisutno na rubu folikula zajedno s folikularnim stanicama.
1 gametogeneza	Tubuli ispunjeni nediferenciranim, homogenim stanicama kružno raspoređenim od centra ili vakuoliziranim	Male (<40 µm) oocyte pričvršćene za stijenku tubula. Velike oocyte (>40 µm) nisu prisutne
2 pred mriještenje	Spermatide, združene u strukture slične resicama, pružaju se u lumen tubula; spermatocite smještene na rubu tubula; prisutne neke mejotičke figure.	Velike (>40 µm), nepričvršćene oocyte u lumenu tubula brojnije su od malih oocita pričvršćenih za stijenku tubula; jezgra povećana
3 poslije mriještenja	Spermiji, s repićima, pričvršćeni u resicama slične strukture i slobodni u lumenu, resice odvojene od donjeg zametnog sloja; nisu prisutne mejotičke figure.	Povećani tubuli sadrže mnogo malih (<40 µm) pričvršćenih oocita (reduciranih ili ih nema na kraju sezone); nekoliko velikih (>40 µm) slobodnih oocita u lumenu tubula.

2.4.2. INDEKS SPOLNE ZRELOSTI

Za svaki spol pojedinačno je izračunat indeks spolne zrelosti kao srednja vrijednost procijenjenog stanja gonada.

2.4.3. GONADNI VOLUMEN

Kod školjkaša poseban problem predstavlja kvantificiranje veličine gonada jer je jajnike i sjemenike nemoguće izdvojiti od ostalih organa utrobne vreće. Stoga je za mjerenje gonadnog volumena primijenjena posebna kvantitativna i kvalitativna analiza prema Borcharding (1990). Deset presjeka po životinji snimljeno je digitalnim foto aparatom OLYMPUS C 4040 pričvršćenim na lupu OLYMPUS SZ 40, kako bi cijeli transverzalni presjek stao u vidno polje. Nakon toga, slike su analizirane na računalu uz prethodnu kalibraciju. Površina koju zauzima gonada, odnosno površina utrobne vreće

mjerena je primjenom računalnog programa LUCIA G 4.81. Osim gonada izmjerena je i površina probavne žlijezde te površina ostalih tkiva utrobne vreće. Ukupno je analizirano 600 slika.

Volumen utrobne vreće i gonadni volumen izračunati su prema slijedećim formulama:

volumen utrobne vreće (mm³) = srednja vrijednost površine utrobne vreće (mm²) x duljina utrobne vreće (mm)

gonadni volumen (mm³) = srednja vrijednost površine gonada (mm²) x duljina utrobne vreće (mm)

Na isti način su izračunati volumeni probavne žlijezde i ostalih tkiva utrobne vreće.

2.4.4. GONADNI INDEKS

Gonadni indeks (GI) izračunat je prema Borcharding (1990):

$$GI = \frac{\text{gonadni volumen (mm}^3\text{)}}{\text{volumen utrobne vreće (mm}^3\text{)}} \times 100$$

Na isti način su izračunati indeksi probavne žlijezde i indeksi ostalih tkiva utrobne vreće.

2.5. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Sve mjerene vrijednosti prikazane su kao srednje vrijednosti $\pm$ standardna devijacija. Duljina utrobne vreće, gonadni volumeni i gonadni indeksi za mužjake i ženke uspoređeni su neparametrijskim Wilcoxonovim testom sume rangova. Na isti su način uspoređeni i volumeni probavne žlijezde i ostalih tkiva utrobne vreće te njihovi indeksi.

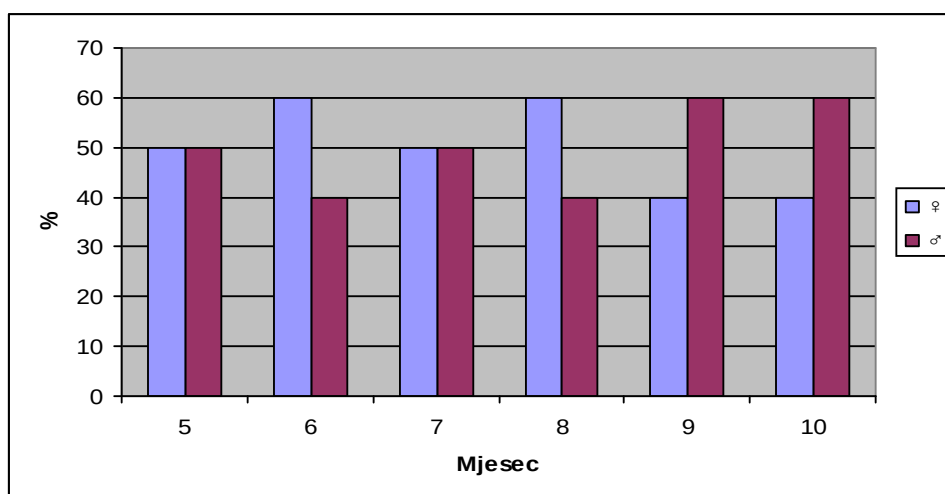
Rezultati su interpretirani na 5 % tnoj razini značajnosti ($p < 0,05$). Za statističku analizu korišten je programski paket SAS® System, verzija 8.2, pod Windows okruženjem.

3. REZULTATI

Proučavanjem histoloških preparata analizirala sam ukupno 60 jedinki vrste *Dreissena polymorpha* iz hidroakumulacije Čakovec, odnosno 10 jedinki mjesečno u razdoblju od svibnja do listopada 2006. godine.

3.1. OMJER SPOLOVA

Omjer spolova istraživanih školjkaša u hidroakumulaciji bio je 1:1 (30 mužjaka i 30 ženki), a dvospolci nisu utvrđeni. Na Slici 7 prikazan je omjer spolova po mjesecima.



Slika 7. Omjer spolova školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima

3.2. OBILJEŽJA GONADA

Razvojni stadiji gonada, indeks spolne zrelosti, analiza gonadnog volumena i gonadni indeks analizirani su na ukupno 600 histoloških preparata (10 po jedinki).

3.2.1. RAZVOJNI STADIJ GONADA

Reproduktivni ciklus raznolike trokutnjače proučavan je kroz šest mjeseci (svibanj, lipanj, srpanj, kolovoz, rujn i listopad) (Slike 8 do 19).

U svibnju je većina jedinki bila u stadiju pred mriještenje. Samo mali udio jedinki bio je u stadiju kasne gametogeneze (Slike 9 i 15). Kod mužjaka u stadiju 2 (pred mriještenje) spermatide se pružaju u lumen tubula, a spermatocyte su smještene uz rub tubula (Slike 10 i 11). Kod ženki su velike, nepričvršćene oocyte u lumenu tubula brojnije od malih oocita pričvršćenih za stijenku tubula (Slike 16 i 17).

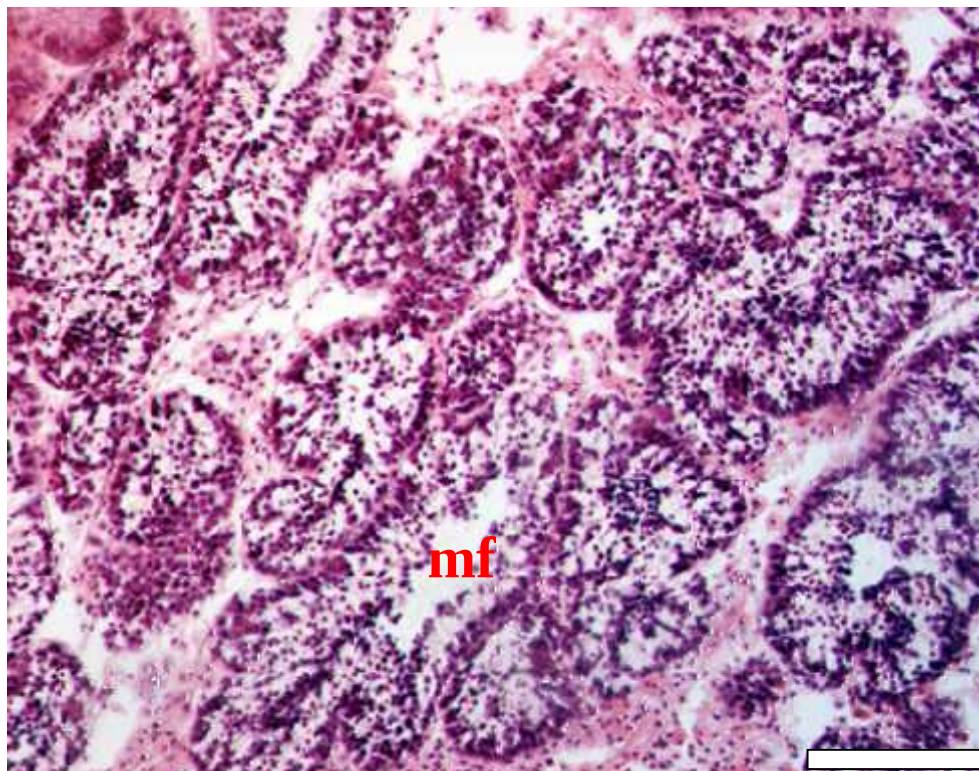
U lipnju je 87.5 % mužjaka bilo u stadiju pred mriještenje i 12.5 % u stadiju kasne gametogeneze. U istom mjesecu 58 % ženki je bilo u stadiju pred mriještenje, a 42 % u stadiju nakon mriještenja. U stadiju nakon mriještenja (gonadni stadij 3), u tubulima sjemenika nalaze se spermiji s repićima, pričvršćeni u resicama slične strukture i slobodni u lumenu (Slika 12). Kod ženki se u lumenu tubula nalazi nekoliko slobodnih velikih oocita dok je mnogo malih oocita pričvršćeno za stijenku tubula (Slika 18).

Sve ženke su u mjesecu srpnju bile u stadiju nakon mriještenja, dok je 30 % mužjaka bilo u stadiju pred mriještenje, a ostatak u stadiju poslije mriještenja.

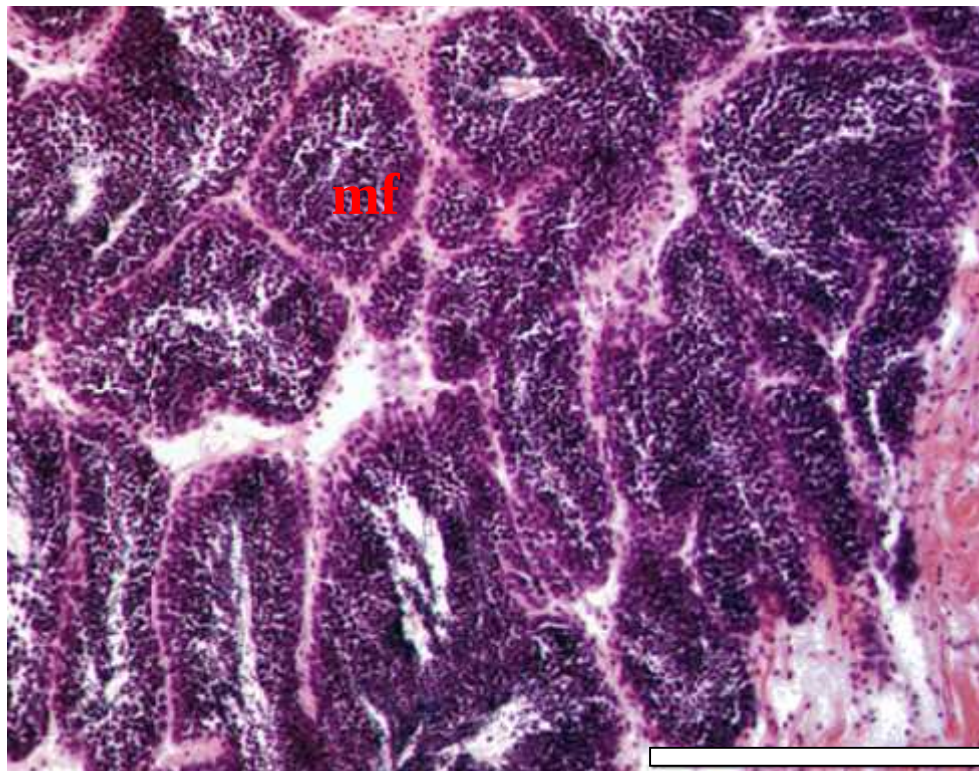
U kolovozu je većina mužjaka bila u stadiju nakon mriještenja, a samo mali udio pred mriještenje. Ženke su bile u stadiju poslije mriještenja, a samo mali postotak (10 %) u stadiju mirovanja. Stadij mirovanja (gonadni stadij 0) karakteriziran je atrofiranim i praznim tubulima sjemenika u kojima se uočava nekoliko manjih spermatogonija s malo citoplazme. Atrofirani i prazni tubuli s nekoliko oogonija prisutni su na rubu folikula zajedno s folikularnim stanicama.

U rujnu su svi mužjaci bili u stadiju mirovanja (Slika 13). Najveći dio ženki, 87.5 %, u rujnu je također bio u stadiju mirovanja, a 12.5 % je bilo u stadiju rane gametogeneze (Slika 14). Stadij gametogeneze (gonadni stadij 1) karakteriziraju tubuli jajnika ispunjeni malim oocitama pričvršćenim za stijenku tubula, te tubuli sjemenika ispunjeni nediferenciranim, homogenim stanicama koje su kružno raspoređene od centra ili su vakuolizirane.

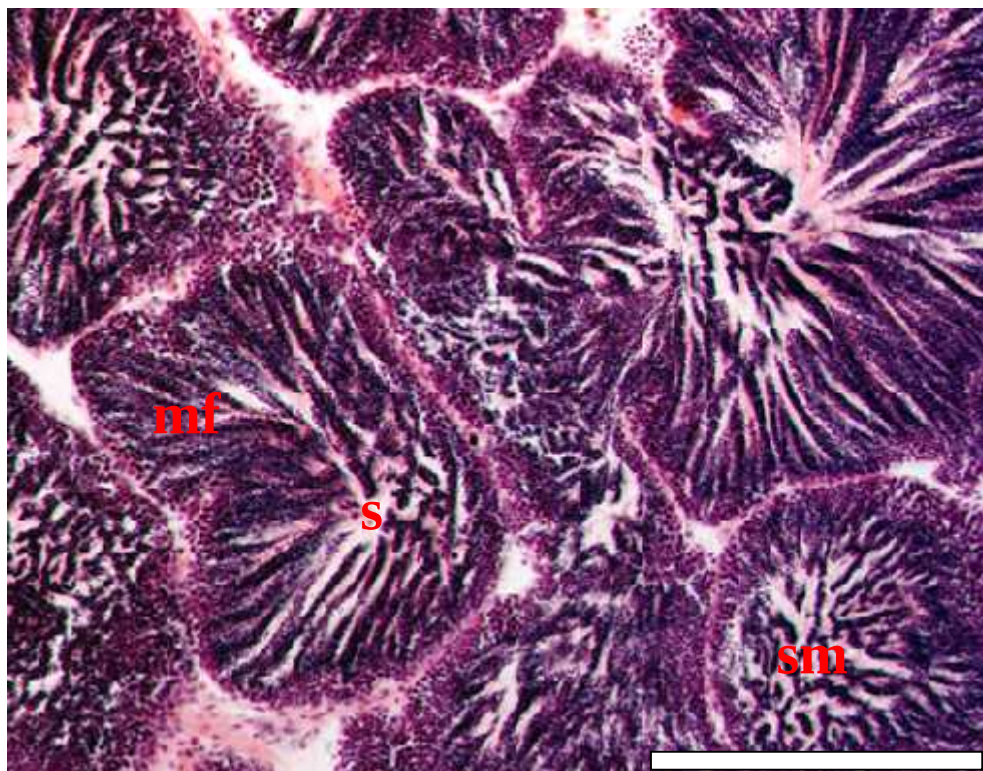
U listopadu 17 % mužjaka bilo je u stadiju mirovanja, a 83 % u stadiju rane gametogeneze (Slika 8). Većina ženki (87.5 %) bila je također u stadiju rane gametogeneze.



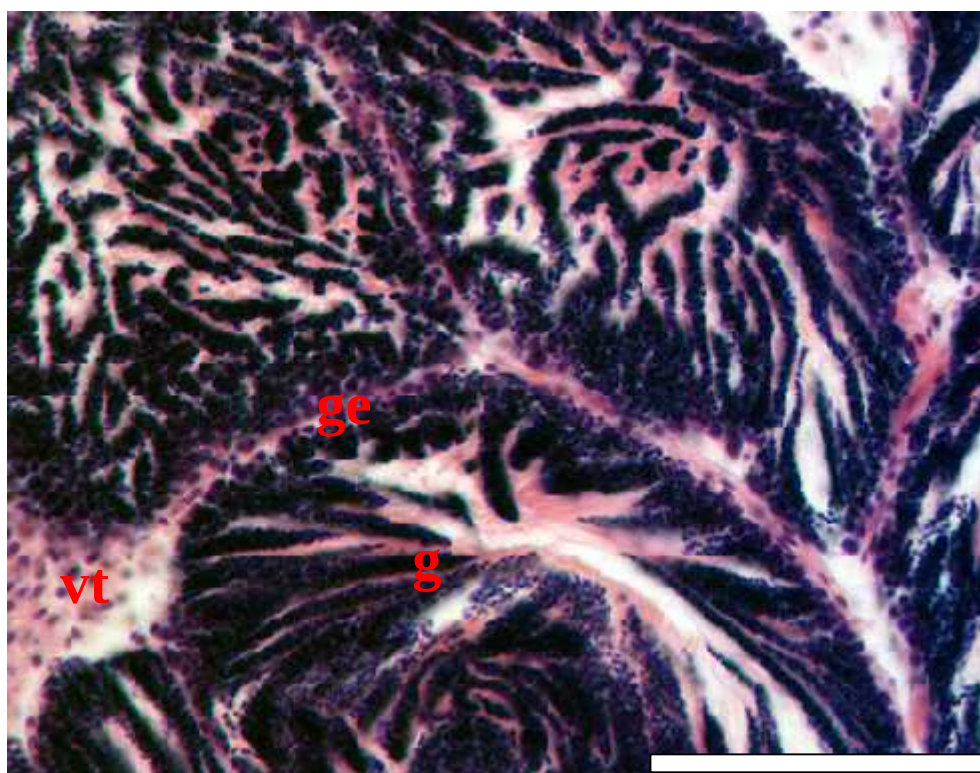
Slika 8. Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1**- rana gametogeneza; listopad. Objašnjenje oznaka: mf-muški folikul. Stupić je 50 μ m.



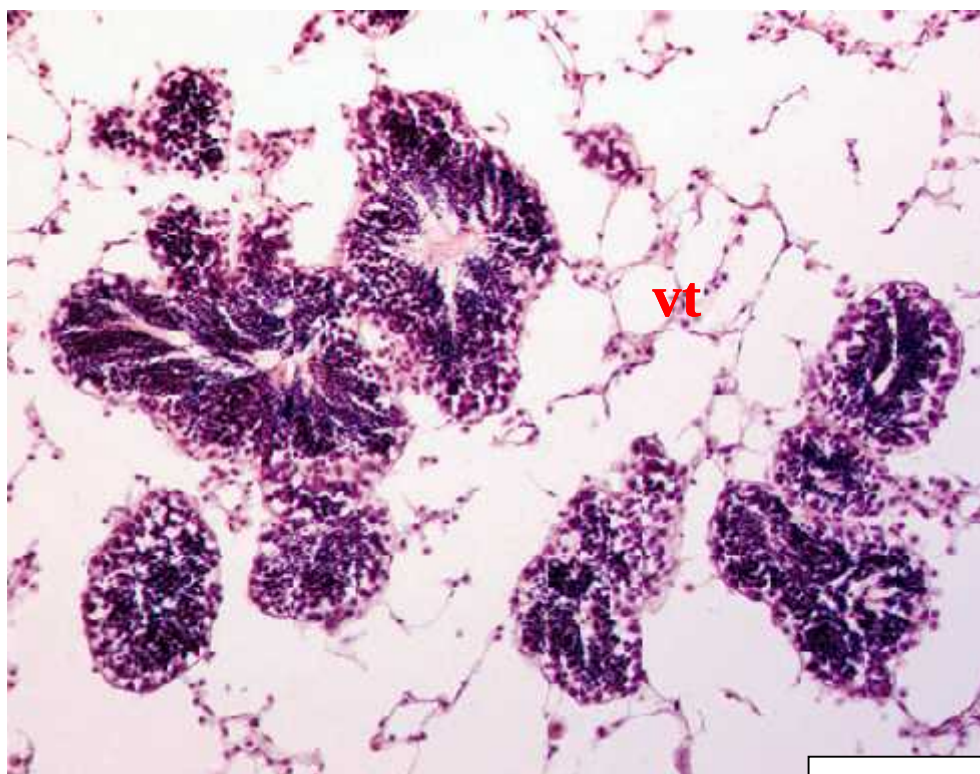
Slika 9. Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1**- kasna gametogeneza; svibanj. Objašnjenje oznaka: mf-muški folikul. Stupić je 100 μ m.



Slika 10. Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 2-** pred mriještenje; lipanj. Objašnjenje oznaka: mf-muški folikul; s-spermatide; sm-spermiji. Stupić je 100 μm .



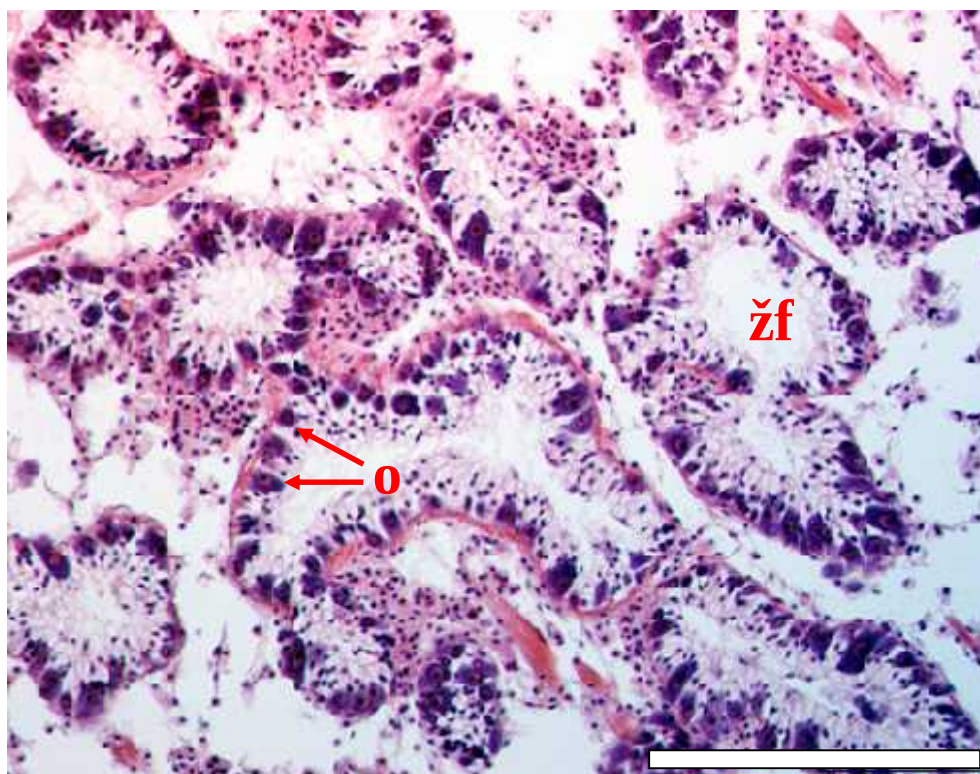
Slika 11. Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 2-** pred mriještenje; lipanj. Objašnjenje oznaka: g-glave spermaticide; ge-zametni epitel; vt-vezivno tkivo. Stupić je 100 μm .



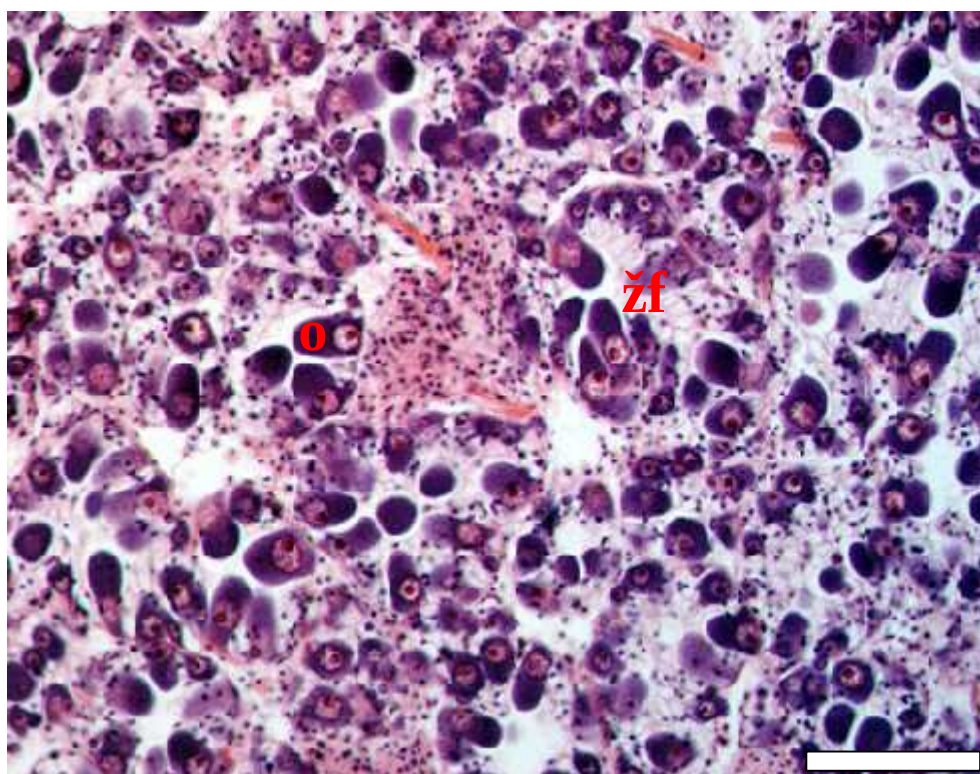
Slika 12. Razvoji stadij sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 3-** poslije mriještenja; srpanj. Objašnjenje oznaka: vt-vezivno tkivo. Stupić je 50 μm .



Slika 13. Razvoji stadij sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 0-** stadij mirovanja; rujn. Objašnjenje oznaka: vt-vezivno tkivo. Stupić je 50 μm .



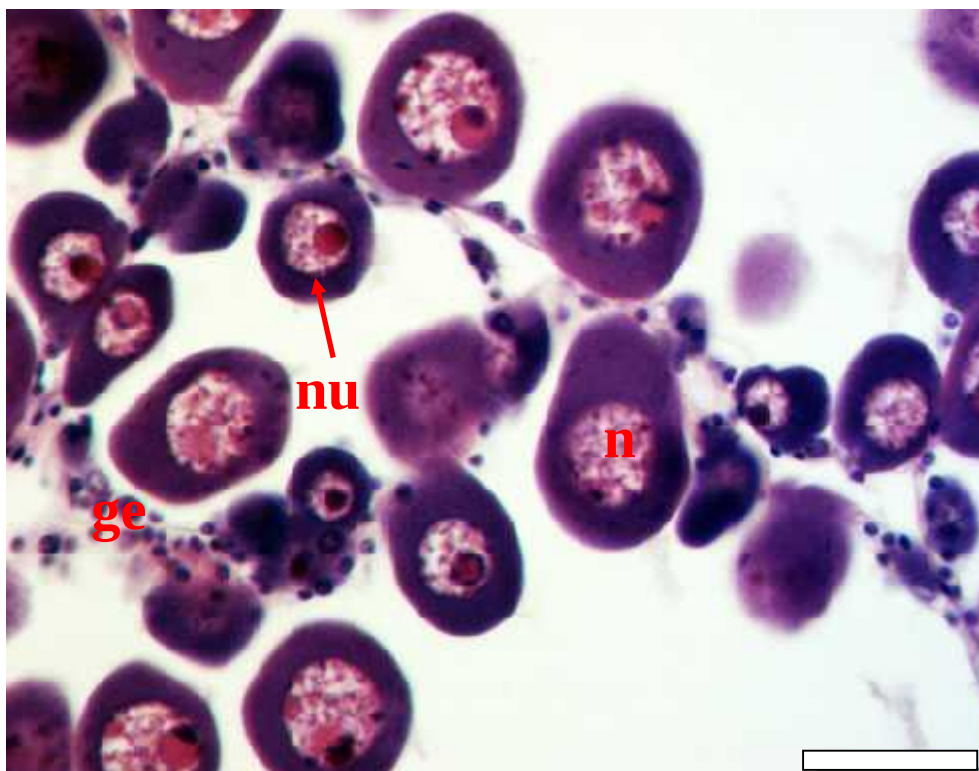
Slika 14. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1**- rana gametogeneza; rujan. Objašnjenje oznaka: žf-ženski folikul, o-oocyte. Stupić je 50 µm.



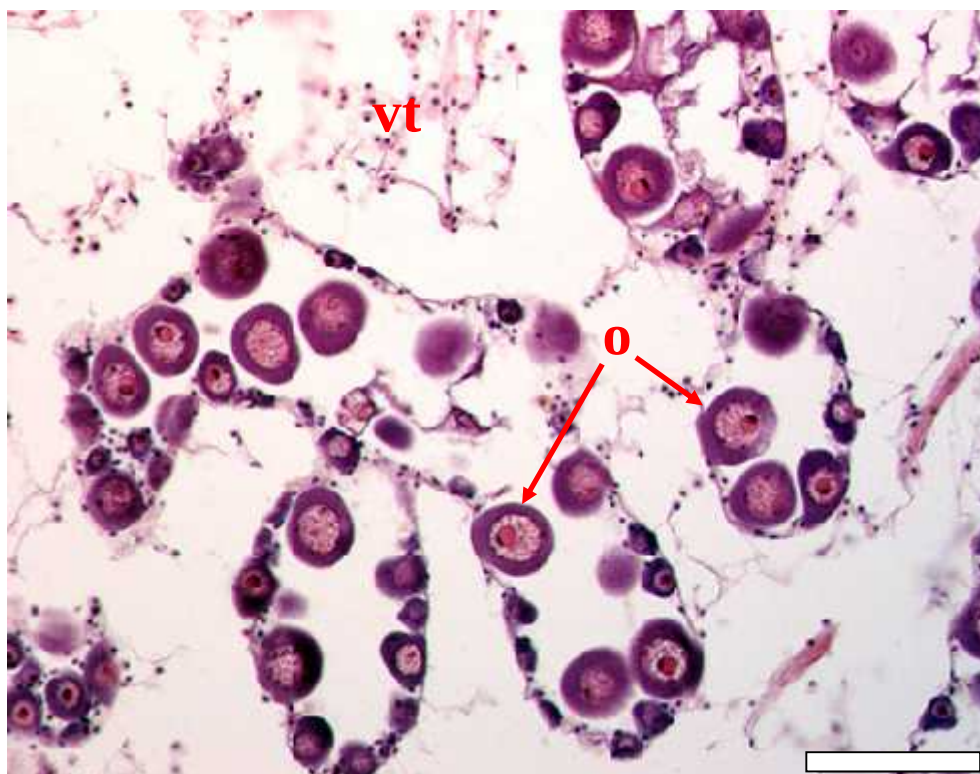
Slika 15. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1** - kasna gametogeneza; svibanj. Objašnjenje oznaka: žf-ženski folikul, o-oocyte. Stupić je 50 µm.



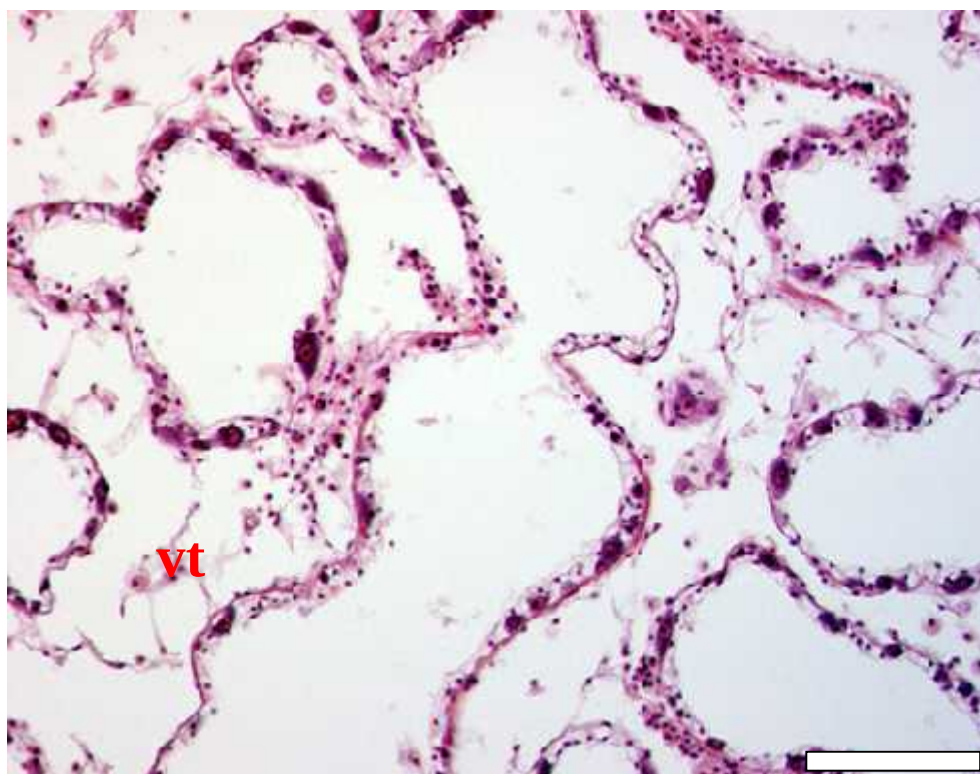
Slika 16. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 2-** stadij pred mriještenje; lipanj. Objašnjenje oznaka: o-oocyte. Stupić je 100 μm .



Slika 17. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 2-** pred mriještenje; lipanj. Objašnjenje oznaka: ge-zametni epitel; n-jezgra; nu-jezgrica. Stupić je 50 μm .

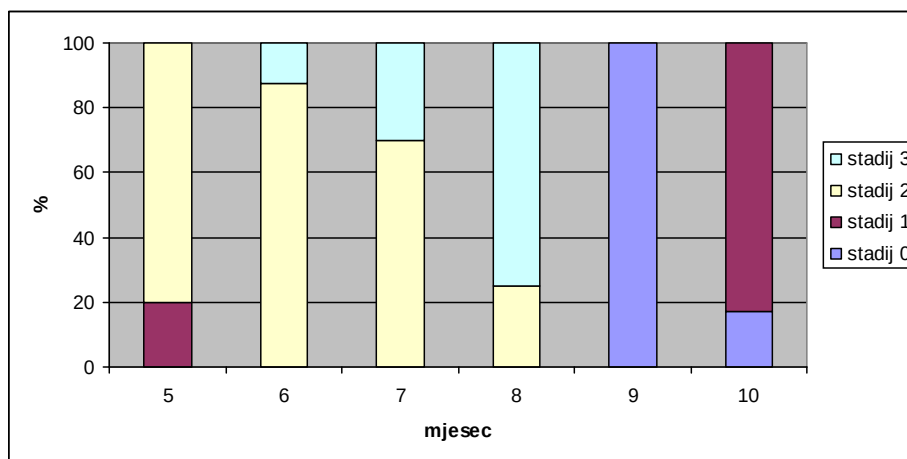


Slika 18. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 3**- stadij nakon mriještenja; srpanj. Objašnjenje oznaka: o-oocyte; vt-vezivno tkivo. Stupić je 50 μm .

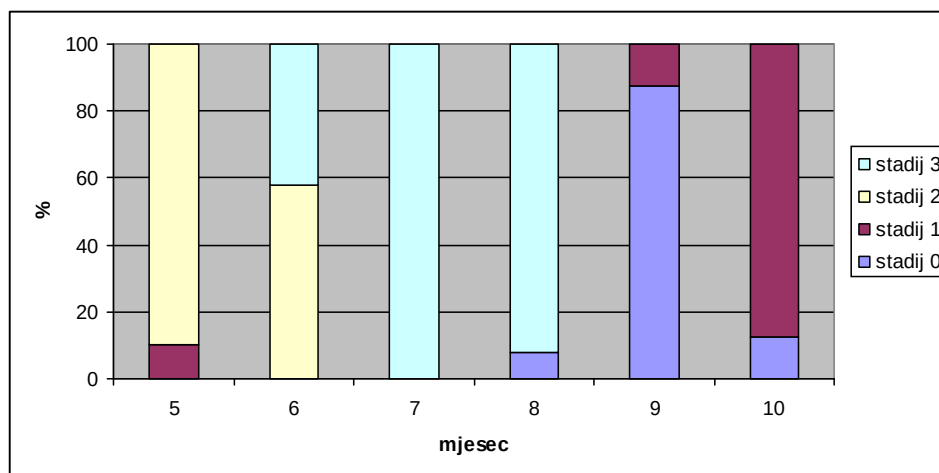


Slika 19. Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 0**- stadij mirovanja; rujan. Objašnjenje oznaka: vt-vezivno tkivo. Stupić je 50 μm .

Na Slikama 20 i 21. prikazane su relativne frekvencije gonadnih stadija školjkaša prema spolovima i prema mjesecima.



Slika 20. Relativna frekvencija gonadnih stadija mužjaka školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima.



Slika 21. Relativna frekvencija gonadnih stadija ženki školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima

3.2.2. INDEKS SPOLNE ZRELOSTI

U Tablici 3 prikazane su prosječne vrijednosti indeksa spolne zrelosti školjkaša po mjesecima. Kao što je vidljivo iz tablice, najviša prosječna vrijednost indeksa spolne zrelosti od 2,9 utvrđena je u kolovozu kada je većina jedinki školjkaša bila u stadiju nakon mriještenja, a najmanja prosječna vrijednost od 0,05 u rujnu kada su jedinke bile u stadiju mirovanja.

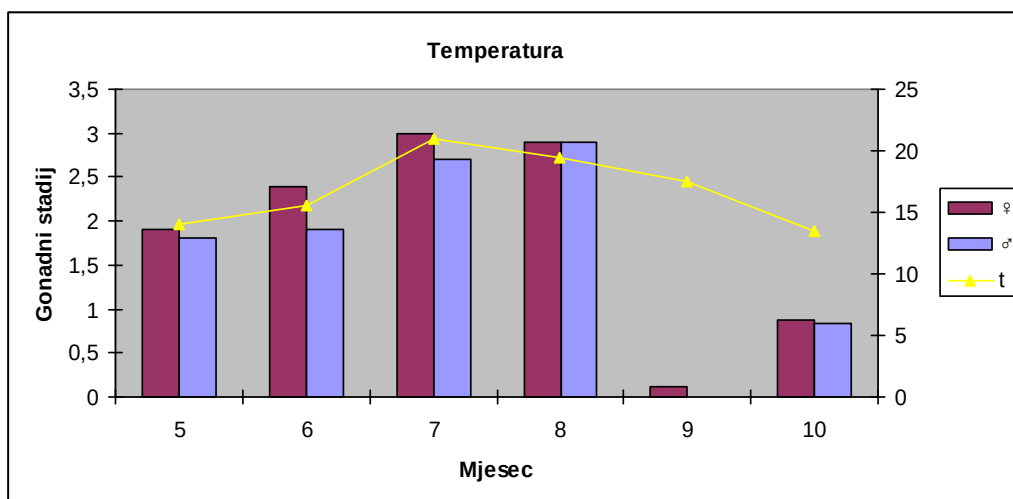
Tablica 3. Srednje vrijednosti indeksa spolne zrelosti školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Broj jedinki	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Svibanj	10	1,85	0,24
Lipanj	10	2,20	0,48
Srpanj	10	2,85	0,34
Kolovoz	10	2,90	0,21
Rujan	10	0,05	0,16
Listopad	10	0,85	0,34

Grafički prikaz indeksa spolne zrelosti posebno za ženke i posebno za mužjake te povezanost s vrijednostima temperature vode prikazan je na Slici 22.

Najviša vrijednost indeksa spolne zrelosti mužjaci su imali u kolovozu i ona je iznosila 2,88, a najniža u rujnu 0, kad su svi mužjaci bili u stadiju mirovanja.

Ženke su najvišu vrijednost indeksa spolne zrelosti imale u srpnju i ta vrijednost je iznosila 3. Naime, upravo u srpnju i kolovozu su ženke bile u stadiju poslije mriještenja. Najniža vrijednost indeksa spolne zrelosti od 0,13 zabilježena je u rujnu, kad je najveći dio jedinki bio u stadiju mirovanja.



Slika 22. Usporedba indeksa spolne zrelosti mužjaka i ženki školjkaša *D. polymorpha* te povezanost s vrijednostima temperature vode

3.2.3. GONADNI VOLUMEN

Usporedba srednjih vrijednosti duljine utrobne vreće, volumena utrobne vreće, gonadnog volumena, volumena probavne žlijezde i volumena ostalih tkiva utrobne vreće za mužjake i ženke po mjesecima prikazane su u Tablicama od 4 do 8.

Najveća prosječna duljina utrobne vreće za oba spola utvrđena je u rujnu, a najniža u svibnju (Tablica 4). Pojedinačno, najveća duljina utrobne vreće izmjerena je kod ženke uzorkovane u srpnju i ta je vrijednost iznosila 10,3 mm, dok je najniža vrijednost izmjerena u svibnju i iznosila je 5,7 mm. Kod mužjaka uzorkovanog u srpnju utvrđena je najveća duljina utrobne vreće i iznosila je 9,9 mm, dok je najnižu vrijednost imao mužjak uzorkovan u listopadu i ta je vrijednost iznosila 6,1 mm.

Najviša prosječna vrijednost volumena utrobne vreće izmjerena je kod ženki u lipnju, a kod mužjaka u srpnju dok su najniže prosječne vrijednosti kod ženki utvrđene u svibnju, odnosno listopadu kod mužjaka (Tablica 5). Najviša pojedinačna vrijednost volumena utrobne vreće kod mužjaka izmjerena je u svibnju i iznosila je 177,1 mm³, a kod ženki u lipnju i ta je vrijednost iznosila 184,3 mm³. Najniža vrijednost volumena utrobne vreće, 68,5 mm³ izmjerena je kod mužjaka uzorkovanog u listopadu, dok je najniža vrijednost kod ženki zabilježena kod jedinke uzorkovane u svibnju i iznosila je 78,99 mm³.

Prosječna vrijednost gonadnog volumena za oba spola najveća je u mjesecu lipnju kad su jedinke bile u stadiju pred mriještenje (Tablica 6). U istom su mjesecu izmjerene i

najviše pojedinačne vrijednosti gonadnog volumena. Za ženku je ta vrijednost iznosila 94,5 mm³, a za mužjaka 90,1 mm³. Najniže prosječne vrijednosti gonadnog volumena kod oba spola izmjerene su u rujnu (Tablica 6). Pojedinačno, najniža izmjerena vrijednost gonadnog volumena kod mužjaka iznosila je 8,3 mm³ u listopadu, a kod ženke 6,9 mm³ u srpnju.

Tablica 4. Usporedba duljine utrobne vreće mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	8,0	1,6	4	7,2	1,0	0,564
6	3	8,5	0,5	5	8,9	0,8	0,368
7	4	8,8	0,8	5	8,8	1,1	0,461
8	4	8,8	1,2	5	8,6	0,4	0,389
9	6	9,3	0,4	4	8,5	0,6	0,054
10	5	8,4	1,4	3	8,9	0,9	0,764

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Tablica 5. Usporedba volumena utrobne vreće mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	116,8	45,2	4	103,8	25,6	0,773
6	3	110,6	37,2	5	140,0	27,0	0,297
7	4	137,2	26,8	5	111,8	31,1	0,221
8	4	121,5	17,8	5	134,1	20,2	0,327
9	6	117,7	16,9	4	116,9	25,6	0,831
10	5	110,3	28,9	3	108,0	51,9	0,881

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Iz Tablice 7 vidljivo je da je najviša prosječna vrijednost volumena probavne žlijezde kod ženki zabilježena u kolovozu, odnosno u rujnu kod mužjaka. Najviša pojedinačna vrijednost ovog volumena izmjerena je kod mužjaka uzorkovanog u listopadu i iznosila je 36,6 mm³. Kod ženke je najviša vrijednost volumena probavne žlijezde izmjerena u istom mjesecu i iznosila je 45,6 mm³. Najniža vrijednost volumena probavne

žlijezde kod mužjaka izmjerena je u lipnju i iznosila je $9,7 \text{ mm}^3$, a kod ženke u srpnju i ta vrijednost je iznosila $7,9 \text{ mm}^3$.

Najviša prosječna vrijednost volumena ostalih tkiva kod mužjaka je izmjerena u rujnu a kod ženki u kolovozu, dok su najniže prosječne vrijednosti kod ženki izmjerene u svibnju, odnosno lipnju kod mužjaka (Tablica 8). Najviša pojedinačna vrijednost volumena ostalih tkiva od $101,6 \text{ mm}^3$ izmjerena je kod mužjaka uzorkovanog u listopadu, odnosno kod ženke uzorkovane u rujnu i iznosila je $84,1 \text{ mm}^3$. Najniža vrijednost za oba spola izmjerena je u svibnju. Za mužjaka ta je vrijednost iznosila $28,2 \text{ mm}^3$, a za ženku $27,7 \text{ mm}^3$.

Primijenjeni neparametrijski Wilcoxonov test sume rangova je pokazao da razlike između mužjaka i ženki u svim mjerenim vrijednostima nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$) (Tablice 4 do 8).

Tablica 6. Usporedba gonadnog volumena mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	37,6	19,7	4	43,7	9,4	0,248
6	3	57,3	30,0	5	82,0	14,5	0,180
7	4	54,8	14,4	5	37,0	19,8	0,142
8	4	39,9	10,7	5	29,2	10,4	0,142
9	6	20,3	1,4	4	21,4	7,5	1,000
10	5	22,4	16,4	3	28,3	32,4	0,655

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Tablica 7. Usporedba volumena probavne žlijezde mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	22,4	8,4	4	20,2	4,11	0,248
6	3	12,9	3,2	5	16,2	6,6	0,456
7	4	22,2	10,0	5	20,1	10	0,624
8	4	25,9	5,6	5	31,7	4,3	0,142
9	6	30,3	7,3	4	28,8	9,1	0,831
10	5	23,5	4,8	3	28,5	15,1	0,881

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Tablica 8. Usporedba volumena ostalih tkiva mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	56,8	22,8	4	40,0	14,4	0,083
6	3	40,3	4,4	5	41,8	12,9	0,180
7	4	60,1	13,1	5	54,7	9,2	0,624
8	4	55,9	20,5	5	73,1	7,6	0,142
9	6	67,0	11,2	4	66,7	11,8	0,670
10	5	64,4	23,3	3	51,2	6,4	0,456

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

3.2.4. GONADNI INDEKS

Gonadni indeks, indeks probavne žlijezde te indeks ostalih tkiva utrobne vreće izračunati su kao postotni udjeli njihovih volumena u ukupnom volumenu utrobne vreće (Tablice 9 do 11).

Najviša srednja vrijednost gonadnog indeksa kod oba spola zabilježena je u mjesecu lipnju, kada su gonade zrele i nalaze se u stadiju pred mriještenje (Tablica 9). U istom su mjesecu, za oba spola, utvrđene i najviše pojedinačne vrijednosti gonadnog indeksa. Za mužjaka je ta vrijednost iznosila 59,4, a za ženku 66,3. Najniža vrijednost gonadnog indeksa, 8,25, zabilježena je kod mužjaka uzorkovanog u rujnu koji se nalazio u stadiju mirovanja gonada, dok je najniža vrijednost od 11,1 utvrđena kod ženke skupljene u srpnju koja se nalazila u stadiju poslije mriještenja.

Tablica 9. Usporedba vrijednosti gonadnog indeksa mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	32,5	11,1	4	42,6	5,2	0,248
6	3	49,7	10,0	5	58,9	7,0	0,180
7	4	40,0	8,3	5	30,7	12,6	0,462
8	4	34,0	13,0	5	21,3	5,4	0,086
9	6	17,6	3,1	4	17,9	2,6	0,831
10	5	20,0	13,0	3	24,6	13,5	0,655

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Najviše prosječne vrijednosti indeksa probavne žlijezde za oba su spola zabilježene u mjesecu rujnu, dok su najniže prosječne vrijednosti ovog indeksa, također za oba spola, utvrđene u lipnju (Tablica 10). Najviša pojedinačna vrijednost indeksa probavne žlijezde utvrđena je kod mužjaka uzorkovanog u rujnu i iznosila je 31,3, odnosno kod ženke uzorkovane u listopadu i iznosila je 27,3. Najniža vrijednost od 10,3 zabilježena je u srpnju kod mužjaka, a kod ženke u lipnju i ta vrijednost je iznosila 10,0.

Slično kao i indeks probavne žlijezde i prosječna vrijednost indeksa ostalih tkiva najniža je u lipnju, upravo u vrijeme kad je gonadni indeks najviši, a najviša u rujnu odnosno listopadu (Tablica 11). Najniže pojedinačne vrijednost indeksa ostalih tkiva

također su zabilježene u lipnju, za mušjaka je ta vrijednost iznosila 29,9, a za ženku 24,0. Padom vrijednosti gonadnog indeksa povećava se indeks ostalih tkiva, pa je najviša vrijednost indeksa ostalih tkiva utrobne vreće od 67,74 zabilježena kod ženke uzorkovane u rujnu, odnosno kod mušjaka uzorkovanog u listopadu i iznosila je 68,7.

Primijenjena statistička analiza pokazala je da, osim u svibnju za indeks ostalih tkiva utrobne vreće, razlike između mušjaka i ženki po mjesecima nisu statistički značajne ($p > 0,05$) (Tablice 9 do 11).

Tablica 10. Usporedba vrijednosti indeksa probavne žlijezde mušjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mušjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	19,3	5,4	4	19,6	1,5	0,773
6	3	11,9	1,1	5	11,3	2,6	0,655
7	4	15,6	4,3	5	17,1	4,7	0,624
8	4	21,0	1,8	5	23,7	1,5	0,050
9	6	25,5	3,8	4	24,4	4,9	0,831
10	5	21,8	3,5	3	24,1	4,6	0,180

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

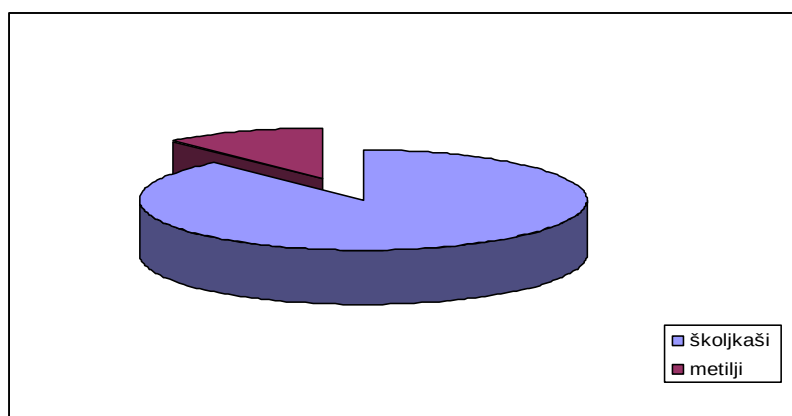
Tablica 11. Usporedba vrijednosti indeksa ostalih tkiva utrobne vreće mušjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mušjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	48,2	5,9	4	37,8	6,5	0,043
6	3	38,4	9,2	5	28,3	4,4	0,101
7	4	44,5	9,2	5	51,7	16,4	0,462
8	4	43,4	11,0	5	54,6	5,3	0,142
9	6	56,9	2,9	4	57,7	7,0	0,522
10	5	58,2	11,7	3	51,3	15,7	0,297

* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

3.3. METILJI

Od ukupno 60 školjkaša 8 jedinki (13,3%) je bilo zaraženo metiljima (Slika 23). Jedinke koje su bile inficirane metiljima imale su znatno manji gonadni volumen i volumen probavne žlijezde.



Slika 23. Zastupljenost metilja u istraživanoj populaciji vrste *D. polymorpha*

4. RASPRAVA

4.1. ODNOS SPOLOVA

Za vrstu *Dreissena polymorpha* karakterističan je omjer spolova 1:1 (Stanczykowska, 1977; Nicholas i Kollar, 1991). U hidroakumulaciji Dubrava na rijeci Dravi Lajtner (2005) je pronašla 46,3% ženki, 51% mužjaka i 2,5% dvospolaca. Od ukupno 60 školjkaša koje sam histološki obradila u svom diplomskom radu utvrdila sam da je omjer spolova 1:1, a dvospolce nisam pronašla. U jezeru Trasimeno u središnjoj Italiji Lancioni i Gaino (2006) utvrdili su da je omjer mužjaka i ženki bio 1:1.16, a dvospolce također nisu pronašli.

Lajtner (2005) navodi da je u razdoblju nakon mriještenja manje ženki u odnosu na mužjake. Primijetila sam da je takva situacija i u hidroakumulaciji Čakovec. Juhel i sur. (2003) navode sezonski različit omjer spolova. Navedeni autori smatraju da su mužjaci znatno osjetljiviji na promjenu temperature i nedostatak hrane, a s druge strane u vrijeme intenzivne gametogeneze i mriještenja dolazi do pojačane smrtnosti ženki kod kojih je „reproduktivni napor“ veći nego kod mužjaka što dovodi do izjednačavanja omjera spolova.

4.2. OBILJEŽJA GONADA

Vrsta *D. polymorpha* ima godišnji reproduktivni ciklus (Antheunisse, 1963; Walz, 1978; Borchering, 1991; Neumann i sur., 1993), što znači da se gametogeneza odvija tijekom zime i ranog proljeća, a do mriještenje dolazi u kasno proljeće i početkom ljeta. Za klasifikaciju razvojnih stadija gonada u ovom sam radu koristila klasifikaciju koju su napravili Gist i sur. (1997).

U mjesecu svibnju je mali broj jedinki u hidroakumulaciji Čakovec bio u stadiju gametogeneze, a najviše jedinki je bilo u stadiju pred mriještenje. Razlog što još uvijek nije došlo do mriještenja bile su loše vremenske prilike i niska temperatura vode. Naime, poznato je da su glavni čimbenici koji utječu na mriještenje školjkaša temperatura vode i dovoljna količina hrane (Walz, 1978; Sprung, 1987; Borchering, 1991; Haag i Garton, 1992). Osim toga, kako pokazuju neka novija istraživanja i neki unutarnji čimbenici kontroliraju sazrijevanje i mriještenje školjkaša, a radi se o hormonu serotoninu koji je pronađen u gonadama i ganglijima školjkaša. Tarnik (2008), koja je u istom periodu provela istraživanja ličinki školjkaša u planktonu akumulacije HE Čakovec, u svom radu navodi da je u svibnju

pronašla mali broj ličinki upravo zbog nepovoljnih vremenskih prilika koje su onemogućile zagrijavanje jezera i značajniji razvoj fitoplanktona. Upravo zbog toga i sazrijevanje odraslih školjkaša bilo je usporenije što dokazuju rezultati mog rada. Prve izmriještene jedinke pronašla sam u lipnju kada je temperatura vode bila oko 15,5°C. Početkom srpnja su se vremenske prilike poboljšale s osjetno višom temperaturom (do 23°C) što je omogućilo i značajniji razvitak ličinki školjkaša (Tarnik, 2008). U srpnju i kolovozu gotovo sve odrasle jedinke koje sam analizirala bile su u stadiju nakon mriještenja. Tarnik (2008) navodi da je najveći broj ličinki školjkaša u hidroakumulaciji Čakovec prisutan u srpnju i to 6.855 jed./10L vode, dok su u kolovozu brojčane vrijednosti bile nešto niže. Navedeni rezultati poklapaju se s rezultatima mog rada. U rujnu su jedinke koje sam promatrala bile u stadiju mirovanja, pa je zabilježena i najmanja vrijednost indeksa spolne zrelosti. Kao što navodi i Tarnik (2008) i rezultati mog istraživanja pokazuju da je većina jedinki svoj reproduktivni ciklus završila u srpnju i kolovozu. U hidroakumulaciji Dubrava na rijeci Dravi Lajtner (2005) navodi da je najveći broj jedinki u stadiju mirovanja bio prisutan u mjesecu listopadu. Većina jedinki u listopadu u mom istraživanju je bila u stadiju gametogeneze, a samo mali broj jedinki bio je u stadiju mirovanja. U listopadu Tarnik (2008) nije pronašla niti jednu ličinku u akumulaciji HE Čakovec.

Vrsta *D. polymorpha* ima sinkroniziran reproduktivni ciklus. Međutim treba naglasiti da gotovo nikada nisam uočila da sve jedinke imaju isti stadij razvoja u pojedinom mjesecu. No preklapanje različitih stadija navode i drugi autori (Borcherding, 1991, 1992; Haag i Garton, 1992; Bacchetta i sur., 2001; Juhel i sur., 2003; Mantecca i sur., 2003, Lajtner, 2005).

Osim kvalitativnih istraživanja, reproduktivni ciklus vrste *D. polymorpha* pratila sam i kvantitativno primjenom posebnog računalnog programa (LUCIA G 4.81), jer je gonade školjkaša nemoguće makroskopski izolirati i vagati (Walz, 1978; Borcherding, 1990, 1991). Izmjerila sam 10 snimaka histoloških presjeka po životinji, dakle ukupno 600 snimaka. Na taj način dobila sam podatke o gonadnom volumenu, volumenu probavne žlijezde i volumenu ostalih tkiva utrobne vreće (bibusna žlijezda, vezivno tkivo, gangliji).

Najniže vrijednosti gonadnog volumena i gonadnog indeksa su u vrijeme nakon mriještenja i vrijeme mirovanja, a najveće vrijednosti u vrijeme kad su gamete zrele, u stadiju pred mriještenje. Slične rezultate dobila je i Lajtner (2005) istražujući reproduktivni ciklus vrste *D. polymorpha* u hidroakumulaciji Dubrava i Borcherding (1991) u jezeru Fühlinger See.

Najviše prosječne vrijednosti volumena probavne žlijezde, kao i volumena ostalih tkiva zabilježene su kod mužjaka u rujnu, a kod ženki u kolovozu, dakle u stadijima poslije mriještenja i u stadiju mirovanja.

Vrijednosti indeksa probavne žlijezde i indeksa ostalih tkiva najniže su u lipnju, upravo u vrijeme kad je vrijednost gonadnog indeksa najviša. Do istih rezultata došla je i Lajtner (2005).

Razlike između najviših i najnižih prosječnih vrijednosti gonadnih volumena su 1: 2,8 za mužjake i oko 1:4 za ženke, za volumen probavne žlijezde 1:2,3 za mužjake i 1:1,5 za ženke. Za volumen ostalih tkiva razlika iznosi 1:1,7 za mužjake i 1:1,8 za ženke. Lajtner (2005) navodi slične razlike i u svom istraživanju reproduktivnog ciklusa raznolike trokutnjače u akumulaciji Dubrava na rijeci Dravi. Tako je u toj akumulaciji omjer bio 1:3 za gonade, za probavnu žlijezdu 1:1,8 i za volumen ostalih tkiva utrobne vreće 1:1,4. Borcharding (1992) navodi da su godišnje razlike između najviših i najnižih srednjih vrijednosti gonadnog volumena znatno više (1:10) od razlika volumena probavne žlijezde (1:3) i volumena ostalih tkiva utrobne vreće (1:2).

Primijenjeni neparametrijski Wilcoxonov test sume rangova je pokazao da mjesečne razlike između mužjaka i ženki u svim mjerenim vrijednostima nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$) što dokazuje da je reproduktivni ciklus vrste *Dreissena polymorpha* sinkroniziran. Jedino je razlika u vrijednosti indeksa ostalih tkiva utrobne vreće u mjesecu svibnju bila statistička značajna ($p = 0,043$) no i ta je vrijednost blizu gornje granice i ne može se značajnije povezati s reproduktivnim ciklusom.

4.3. METILJI

Od ukupno 60 analiziranih školjakaš njih 8 bilo je zaraženo metiljima (13,3%). Sličan rezultat (13,8%) dobila je i Lajtner (2005) analizirajući reproduktivni ciklus vrste *D. polymorpha* u rijeci Dravi. Do sada je opisano sedam rodova metilja koji parazitiraju u vrsti *D. polymorpha* (Molloy i sur., 1997). Promatrajući histološke preparate pod mikroskopom te primjenjujući računalnu analizu slike zaključila sam da je volumen gonada bio znatno manji kod inficiranih školjakaš u odnosu na zdrave. Kod pojedinih jedinki cijela utrobna vreća bila je inficirana sporocistama metilja. Jaka infekcija metiljima može dovesti do pojave hermafroditizma. Za razliku od Lajtner (2005) koja u svom radu navodi da je pronašla 2,5% dvospolaca na dvije postaje na rijeci Dravi, ja u svom istraživanju nisam pronašla dvospolce.

5. ZAKLJUČCI

1. U ovom radu ukupno je histološki obrađeno 60 jedinki od čega 30 mužjaka i 30 ženki, dakle omjer spolova bio je 1:1.

2. U svibnju je većina jedinki bila u stadiju pred mriještenje, a mali broj jedinki bio je još uvijek u stadiju gametogeneze. Prve izmriještene jedinke pronađene su u srpnju. Većina jedinki svoj reproduktivni ciklus završila je u kolovozu, a u rujnu su bile u stadiju mirovanja. U listopadu je počeo novi proces gametogeneze i većina jedinki bila je upravo u tom stadiju (gonadni stadij 1).

3. Najviše srednje vrijednosti indeksa spolne zrelosti i kod mužjaka i ženki zabilježene su u kolovozu kad su jedinke bile u stadiju nakon mriještenja, dok su najniže srednje vrijednosti zabilježene u rujnu kada su školjkaši bili u stadiju mirovanja.

4. Najviše srednje vrijednosti gonadnog volumena utvrđene su u srpnju kada su jedinke bile u stadiju pred mriještenje (gonadni stadij 2). Nakon mriještenja dolazi do pada gonadnog volumena, a najniže srednje vrijednosti zabilježene su kod jedinki u stadiju mirovanja (gonadni stadij 0).

5. Najviše srednje vrijednosti gonadnog indeksa utvrđene su u lipnju i kod mužjaka i ženki budući da su u to vrijeme bili u stadiju pred mriještenje, dok su u navedenom mjesecu zabilježene najniže srednje vrijednosti indeksa probavne žlijezde i indeksa ostalih tkiva.

6. Od 60 školjakaša, koliko ih je ukupno analizirano 8 jedinki je bilo zaraženo metiljima (13,3 %).

7. Primijenjeni Wilcoxonov test sume rangova pokazao je da razlike između mužjaka i ženki u svim mjerenim vrijednostima nisu bile statistički značajne.

6. CITIRANA LITERATURA

- ACKERMAN JD, SIM B, NICHOLS SJ, CLAUDI R (1994) A review of the early life history of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): comparisons with marine bivalves. Can J Zool 72: 1169-1179
- ANTHEUNISSE LJ (1963) Neurosecretory phenomena in zebra mussel *Dreissena polymorpha* Pallas. Arch Néerl Zool 15: 237-314
- BACCHETTA R, MANTECCA P, VAILATI G (2001) Reproductive behaviour of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* in Italy: A comparison between two populations. Arch Hydrobiol 151: 247-262
- BASTVIKEN DTE, CARACO NF, COLE JJ (1998) Experimental measurements of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) impacts on phytoplankton community composition. Freshwat Biol 39: 375-386
- BORCHERDING J (1990) Die Reproduktionsleistungen der Wandermuschel *Dreissena polymorpha*. Doktorska disertacija, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Universität zu Köln, 168 str
- BORCHERDING J (1991) The annual reproductive cycle of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* Pallas in lakes. Oecologia 87: 208-218
- BORCHERDING J (1992) Morphometric changes in relation to annual reproductive cycle in *Dreissena polymorpha* - a prerequisite for biomonitoring studies with zebra mussels. U: NEUMANN D, JENNER HA (eds.): The Zebra Mussel *Dreissena polymorpha*: Ecology, Biological Monitoring and First Applications in the Water Quality Management. Limnologie Aktuell, vol 4, Gustav Fischer, Stuttgart str 87-99
- BRADBURY PC (1994) Parasitic protozoa of molluscs and crustacea. U: KREIER JP (ed): Parasitic Protozoa (vol 8, 2nd ed). Academic Press, San Diego, str 139-263
- CARLTON JT (1993) Dispersal mechanisms for the zebra mussel. U: NALEPA TF, SCHLOESSER DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str 677-697
- CLEVEN E, FRENZEL P (1992) Population dynamics and production of *Dreissena polymorpha* in the River Seerhein, the outlet of Lake Constance. U: NEUMANN D, JENNER HA (eds.): The Zebra Mussel *Dreissena polymorpha*, Gustav Fischer Verlag, New York str. 45-47

- CLAUDI R, MACKIE GL (1993) Practical manual for zebra mussel monitoring and control. Lewis Publishers, Boca Raton, 227 str
- CONN DB, CONN DA (1995) Experimental infection of zebra mussels *Dreissena polymorpha* (Mollusca: Bivalvia) by metacercariae of *Echinoparyphium* sp. (Platyhelminthes: Trematoda). J Parasitol 81: 304-305
- ERBEN R, LAJTNER J, LUCIĆ A, MAGUIRE I, KLOBUČAR GIV (2000) Attachment of the zebra mussel on the artificial substrates in the reservoir Dubrava (River Drava, Croatia). Limnological reports, 33rd Conference, Osijek, Hrvatska. Internat Assoc Danube Res 33: 225-231
- ERBEN R, LAJTNER J, LUCIĆ A, MAGUIRE I, HUDINA S, IVANČIĆ Z, BUHIN J, TARNIK T. (2007): Sagledavanje rješavanja problema naseljavanja školjkaša *Dreissena polymorpha* na čvrste podloge i pronalaženje metoda za njihovo uklanjanje iz sustava PP HE Sjever. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 123 str
- FAHNENSTIEL GL, BRIDGEMAN TB, LANG GA, MCCORMICK MJ, NALEPA TF (1995a) Phytoplankton productivity in Saginaw Bay, Lake Huron: Effects of Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) colonization. J. Great Lakes Res. 21: 465-475.
- FAHNENSTIEL GL, LANG GA, NALEPA TF, JOHNGEN TH (1995b) Effects of Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) colonization on water quality parameters in Saginaw Bay, Lake Huron. J Great Lakes Res 21: 435-448
- FRENCH JRP, BUR MT (1993) Predation of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) by freshwater drum in western Lake Erie. U: NALEPA TF, SCHLOESSER DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str 453-464
- GIAMBERINI L, AUFFRET M, PIHAN J-C (1996) Haemocytes of the freshwater mussel, *Dreissena polymorpha* Pallas: cytology, citochemistry and X-ray microanalysis. J Moll Stud 62: 367-379
- GIST DH, MILLER MC, BRENCE WA (1997) Annual reproductive cycle of the zebra mussel in the Ohio River: A comparison with Lake Erie. Arch Hydrobiol 138: 365-379
- GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE (2005) *Dreissena polymorpha*, postavljeno 1. 9. 2005. <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=50&fr=1&sts=⟨> pristupljeno 25. 5. 2010.

- HAAG WR, GARTON DW (1992) Synchronous spawning in a recently established population of mussel, *Dreissena polymorpha*, in western Lake Erie, USA. *Hydrobiologia* 234: 103-110
- HAAG WR, BERG DJ, GARTON DW, FARRIS JL (1993) Reduced survival and fitness in native bivalves in response to fouling by the introduced zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in western Lake Erie. *Can J Fish Aquat Sci* 50: 13-19
- HINCKS SS, MACKIE GL (1997) Effects of pH, calcium, alkalinity, hardness, and chlorophyll on the survival, growth, and reproductive success of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Ontario lakes. *Can J Fish Aquat Sci* 54: 2049-57
- HINZ,W, SCHEIL HG (1972) Zur Filtrationsleistung von *Dreissena*, *Sphaerium* und *Pisidium* (Eulamellibranchiata). *Oecologia* 11: 45-54
- JONES CG, LAWTON JH, SHACHAK M (1994) Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373-386
- JUHEL G, CULLOTY SC, O'RIORDAN RM, O'CONNOR JO, DE FAOITE L, MCNAMARA R (2003) A histological study of the gametogenic cycle of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) in Lough Derg, Ireland. *J Moll Stud* 69: 365-373
- KARATAYEV AY, MIKHEEV VP, AFANASEV SA, KIRPICHENCO MY, PROTASOV AA, SHEVTSOVA LV, KHARCHENKO TG (1994) Practical significance, use, and outgrowth prevention of hydrotechnological constructions. U: STAROBOGATOV JI (ed): *Freshwater Zebra Mussel Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia, Dreissenidae). Systematics, Ecology, Practical Meaning. Nauka, Moskva, str 206-221
- KARATAYEV AY, BURLAKOVA LE, PADILLA DK (1997) The effects of *Dreissena polymorpha* (Pallas) invasion on aquatic communities in eastern Europe. *J Shellfish Res* 16: 187-203
- KARATAYEV AY, BURLAKOVA LE, PADILLA DK (1998) Physical factors that limit the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* (Pall.). *J Shell Res* 17: 1219-1235
- KRANJČEV R (1993) Hrastovi i školjke iz jezera. *Hrvatske šume* 22: 15
- KRANJČEV R (1996) Trokutnjača - školjka koja upozorava i prijeti. *Koprivničke novine* 11

- LAJTNER J (2005) Reproductivni ciklus školjkaša *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) u rijeci Dravi. Doktorska disertacija. Prirodoslovno matematički fakultet. Sveučilište u Zagrebu, 134 str.
- LAJTNER J, KLOBUČAR GIV (1996) *Dreissena polymorpha* Pallas - najljepši i najproblematičniji školjkaš voda na kopnu. III. Paleozoologija i zoogeografija vrste. Priroda 86 (823): 25-26
- LAJTNER J, MARUŠIĆ Z, KLOBUČAR GIV, MAGUIRE I, ERBEN R (2004) Comparative shell morphology of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* in the Drava river (Croatia). Biologia 59: 595-600
- LAJTNER J, KLOBUČAR GIV, MAGUIRE I, LUCIĆ A, ŠTAMBUK A, ERBEN R (2005) They came from the Danube River – History and present status of *Dreissena polymorpha* and *Orconectes limosus* in Croatia. Abstract volume. International Workshop Biological Invasions in Inland Waters. Firenca, str 46
- LAJTNER J, LUCIĆ A, MARUŠIĆ M, ERBEN (2008) The effects of the trematode *Bucephalus polymorphus* on the reproductive cycle of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* in the Drava River. Acta parasitol 53: 85-92
- LANCIONI T, GAINO E (2006) The invasive zebra mussel *Dreissena polymorpha* in Lake Trasimeno (Central Italy): Distribution and reproduction. Ital J Zool 73: 335-346
- LEACH JH (1993) Impacts of the Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on water quality and fish spawning reefs in western Lake Erie. U: NALEPA TF, SCHLOESSER DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str 381-397
- LEWANDOWSKI K, EJSMONT-KARABIN J (1983) Ecology of planktonic larvae of *Dreissena polymorpha* (Pall.) in lakes with different degrees of heating. Pol Arch Hydrobiol 30: 89-101.
- LIMBURG KE, AHREND K (1994) Zebra mussel veligers observed in larval fish guts. *Dreissena*, Zebra Mussel Information Clearinghouse Newsl, Brockport, 5: 4
- MACISAAC HJ, SPRULES WG, LEACH JH (1991) Ingestion of small-bodied zooplankton by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): Can cannibalism on larvae influence population dynamics? Can J Fish Aquat Sci 48: 2051-2060
- MACISAAC HJ, SPRULES WG, JOHANNSON OE, LEACH JH (1992) Filtering impacts of larval and sessile zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in western Lake Erie. Oecologia 92: 30-39

- MACISAAC HJ, LONNIE CJ, LEACH JH (1995) Suppression of microzooplankton by zebra mussels: Importance of mussel size. *Freshwater Biol* 34: 379-387
- MACKIE GL (1991) Biology of the exotic zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in relation to native bivalves and its potential impact in Lake St. Clair. *Hydrobiologia* 219: 251-268
- MANTECCA P, VAILATI G, GARIBALDI L, BACCHETTA R (2003) Depth effects on zebra mussel reproduction. *Malacologia* 45: 109-120
- MARTYNIAK A, JERZYK MS, ADAMEK Z (1987) The food of bream (*Abramis brama*) in the Pierzchaly Reservoir (Poland). *Folia Zool* 36: 273-280
- MATONIČKIN I, PAVLETIĆ Z, HABDIJA I, STILINOVIĆ B (1975) Prilog valorizaciji voda ekosistema rijeke Save. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 96 str
- MATTHEWS MA, MCMAHON RF (1999) Effects of temperature and temperature acclimation on survival of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and Asian clams (*Corbicula fluminea*) under extreme hypoxia. *J Moll Stud* 65: 317-325
- MAY B, MARSDEN JE (1992) Genetic identification and implications of another invasive species of dreissenid mussel in the Great Lakes. *Can J Fish Aquat Sci* 49:1501-1506
- MCMAHON RF (1991) Mollusca: Bivalvia. U: THORP JH, COVICH AP (eds): Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press, San Diego, str 315-399
- MELLINA E, RASMUSSEN JB, MILLS EL (1995) Impact of mussel (*Dreissena polymorpha*) on phosphorus cycling and chlorophyll in lakes. *Can J Fish Aquat Sci* 52: 2553-2573
- MIŠETIĆ S, MRAKOVČIĆ M, HABEKOVIĆ D, POPOVIĆ J, TURK M, TOMAŠKOVIĆ N, FAŠAIĆ, G (1991) Fizikalno-kemijske, biološke i ihtiološke značajke nadzemnih voda hidroenergetskog sustava HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava u godini 1990. Institut za ribnjačarstvo, Zagreb, 98 str
- MOLLOY DP, KARATAYEV AY, BURLAKOVA LE, KURANDINA DP, LARUELLE F (1997) Natural enemies of zebra mussels: predators, parasites, and ecological competitors. *Rev Fish Sci.* 5: 27-97
- MORTON BS (1969a) Studies on the biology of *Dreissena polymorpha* Pall. I. General anatomy and morphology. *Proc Malacol Soc London* 38: 301-321

- MORTON BS (1969b) Studies on the biology of *Dreissena polymorpha*. II. Correlation of rhythms of feeding, digestion and excretion. Proc Malacol Soc London 38: 401-414
- MORTON BS (1969c) Studies on the biology of *Dreissena polymorpha* Pall. IV. Habits, habitats, distribution, and control. Water Treat Examin 18:233-240
- MORTON BS (1993) The anatomy of *Dreissena polymorpha* and the evolution and success of the heteromyarian form in the Dreissenoida. U: Nalepa TF, Schloesser DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str. 185-216
- MRAKOVČIĆ M, KEROVEC M, MIŠETIĆ S, PLENKOVIĆ-MORAJ A, MIHALJEVIĆ Z, MUSTAFIĆ P, TERNJEJ I, ZANELLA D, ČALETA M, RADIĆ I (2003) Fizikalno-kemijske, biološke i ihtiološke značajke nadzemnih voda hidroenergetskog sustava HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava u godini 2002. Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb, Institut za ribnjačarstvo, Zagreb, 116 str
- NEUMANN D, BORCHERDING J, JANTZ B (1993) Growth and seasonal reproduction of *Dreissena polymorpha* in the Rhine River and adjacent waters. U: Nalepa TF, Schloesser DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str. 95-110
- NICHOLS SJ, KOLLAR B (1991) Reproductive cycle of zebra mussel *Dreissena polymorpha* in western Lake Erie at Monroe, Michigan, Abstracts of the second International Zebra mussel Conference, Rochester
- NICHOLS KH, HOPKINS GJ (1993) Recent changes in Lake Erie (north shore) phytoplankton: Cumulative impacts of phosphorus loading reductions and the Zebra mussel introduction. J Great Lakes Res 19: 637-647
- NUTALL CP (1990) Review of the Caenozoic heterodont bivalve superfamily Dreissenacea. Paleontology 33: 707-737
- PATHY DA (1994) The life history and demography of zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, populations in Lake St. Clair, Lake Erie, and Lake Ontario (Michigan, Ohio, Pennsylvania, New York). M Sc Thesis. University of Guelph (Canada)
- ROMEIS B (1968) Mikroskopische technik. 16 Aufl Oldenbourg, München, 695 str
- SPRUNG M (1987) Ecological requirements of developing *Dreissena polymorpha* eggs. Arch Hydrobiol 1: 69-86
- SPRUNG M (1991) Cost of reproduction: A study on the metabolic requirements of the gonads and fecundity of the bivalve *Dreissena polymorpha*. Malacologia 33: 63-70

- STANCZYKOWSKA A (1977) Ecology of *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia) in lakes. Pol Arch Hydrobiol 24: 461-530
- ŠVOB M (1974) Histološke i histokemijske metode. Svjetlost, Sarajevo, 362 str
- TARNIK T (2008) Sezonska dinamika ličinki školjkaša *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) u hidroakumulacijama rijeke Drave. Magistarski rad. Prirodoslovno matematički fakultet. Sveučilište u Zagrebu, 95 str
- VAN DER VELDE G, PAFFEN BGP, VAN DER BRINK FWB, BIJ DE VAATE A, JENNER HA (1994) Decline of zebra mussel populations in the Rhine: Competition between two mass invaders (*Dreissena polymorpha* and *Corophium curvispinum*). Naturwissenschaften 81: 32-34
- WALZ N (1978) The energy balance of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* Pallas in laboratory experiments and in the Lake Constance. II. Reproduction. Arch Hydrobiol/Suppl. 55: 106-119
- WIKTOR J (1963) Research on the ecology of *Dreissena polymorpha* (Pall.) in the Szczecin Lagoon (Zalew Szczecinski). Ekol Pol 11: 275-280
- YONGE CM, CAMPBELL JI (1968) On the heteromyarian condition in the Bivalvia with special reference to *Dreissena polymorpha* and certain Mytilacea. Transactions of the Royal Society of Edinburgh 68: 21-43