

Mnemiopsis leidyi Agassiz, 1860 - ekologija i kratki pregled utjecaja na strane ekosustave

Požeg Krišković, Jana

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:747334>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-12**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Jana Požeg Krišković

***Mnemiopsis leidyi* Agassiz, 1860 – ekologija i kratki pregled
utjecaja na strane ekosustave**

***Mnemiopsis leidyi* Agassiz, 1860 – ecology and a brief
overview of impacts on allochthonous ecosystems**

Završni rad

Zagreb, 2021.

Ovaj rad je izrađen na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod voditeljstvom izv.prof.dr.sc Petra Kružića.

Sadržaj

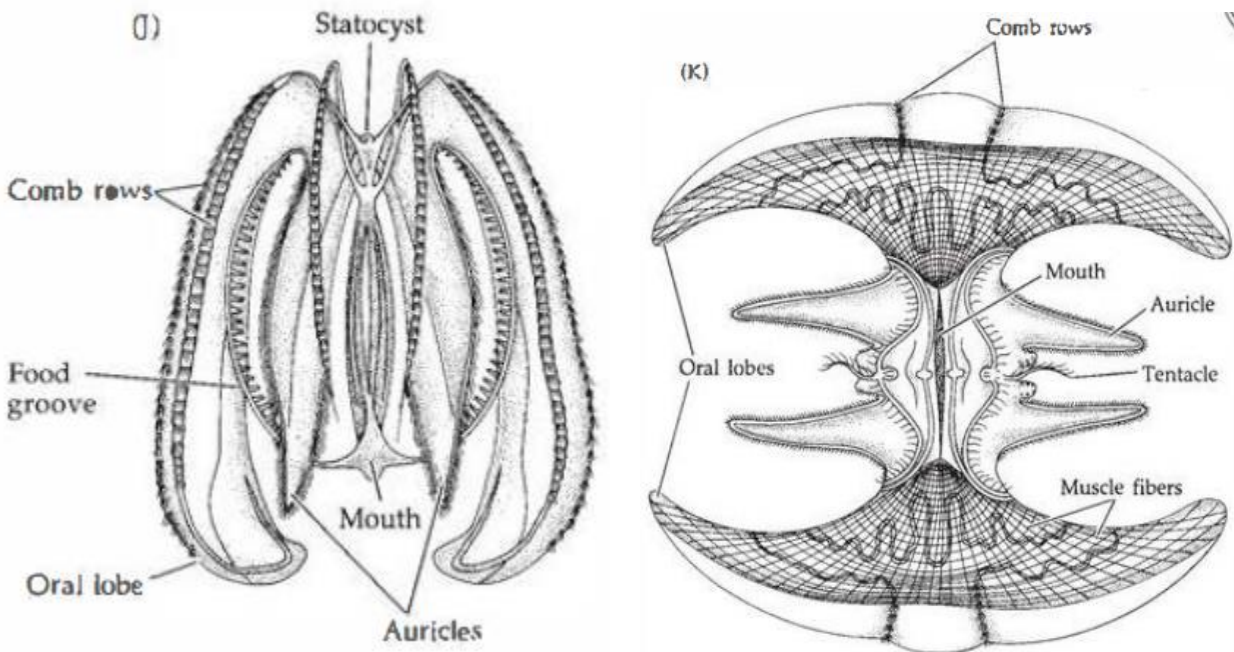
1. Uvod.....	4
2. Klasifikacija, ekologija i općenite značajke.....	5
2.1. Reprodukcijska sposobnost.....	6
2.2. Sposobnost regeneracije.....	6
2.2. Kanibalizam.....	7
3. Invazivnost.....	8
3.1. Uspješnost <i>M. leidy</i> u novim staništima.....	8
4. Počeci širenja <i>M. leidy</i>	9
4.1. Invazija <i>M. leidy</i> u Crnom moru.....	9
4.2. Prelov i uspješnost <i>M. leidy</i> u novim staništima (na primjeru Crnog mora).....	10
5. Mnemiopsis leidy u Jadranu.....	13
5.1. Ekološki uvjeti u Jadranu.....	13
5.2. Utjecaj <i>M. leidy</i> u Jadranu.....	14
5.2.1. Porast temperature mora.....	16
5.2.2. Razvoj mikroba i patogena?.....	17
5.3. Budućnost <i>M. leidy</i> u Jadranu?.....	17
6. Balastne vode.....	18
6.1. Ballast Water Treatment System.....	18
7. Zaključak.....	21
8. Literatura.....	22
9. Sažetak.....	24
10. Summary.....	25
11. Životopis.....	26

1. Uvod

Rebraš *Mnemiopsis leidy*, ili, kako ga još zovu, morski orah, u zadnje vrijeme prima sve više pozornosti znanstvenika. Kao strana vrsta unesen je u Jadransko more još 2005. godine, no prvi put se udomaćuje 2016. Od tada mnogima koji žive ili ljetuju uz zapadnu obalu Istre rebraš nije strana pojava. Krajem ljeta se javljaju ogromne nakupine *M. leidy* u vodenom stupcu. Većina ljudi ih zamijeni za meduze, to jest, obrubnjake, no rebraši ne spadaju u tu skupinu organizama jer nemaju žarnice. I sama sam svjedočila cvjetanjima ovog rebraša te se tako i zainteresirala za ovu temu. Od kuda potječe, kako dolazi do Europe te u konačnici do našeg mora, kakav utjecaj ima na autohrone vrste, ekonomiju i zdravlje ljudi, pobliže ćemo proučiti u ovom radu.

2. Klasifikacija, ekologija i općenite značajke

Mnemiopsis leidy, također znan kao „morski orah”, pripada koljenu *Ctenophora*, odnosno rebraša. Točnije, razred *Tentaculata*, red *Lobata*. Rebraši su providni, želatinozni, većinom planktonski organizmi koji žive u površinskim vodama (Brusca, 2016). *M. leidy* je organizam biradijalne simetrije, lagano spoljšten u ravnini lovki (Brusca, 2016). Os simetrije je aboralno-oralna. Na oralnom dijelu organizma se nalaze usta, a na aboralnom dijelu se nalazi apikalni organ sa statolitom koji regulira aktivnost češljica, odnosno ktenofora (Brusca, 2016). Ovaj rebraš ima 8 redova ktenofora, koje su ustvari srasle cilije (slika 1). Svaka ktena se sastoji od stotine poprilično dugih, djelomice sraslih cilija. Zanimljivo je da su rebraši najveće životinje (do sada znane) koje koriste cilije za pokretanje. *M. leidy*, iako ima sposobnost pokretanja ktenoforama, možemo



Slika 1. Građa *M. leidy*. Lijevo – lateralni pogled na tijelo. Desno – pogled na organizam duž oralno-aboralne osi. Preuzeto iz Brusca

smatrati većinski planktonskim organizmom. Naime, pokretanjem ktenofora organizam može napraviti minimalne pomake u prostoru, u smjeru takvom da usta idu naprijed, i to samo u vertikalnom smjeru, primjerice, dok traži razinu vodenog stupca u kojoj je najbolja dostupnost hrane i bolji ekološki uvjeti. Jačim strujanjima vode se ne može oduprijeti, stoga biva nošena istima.

Također, ktenofore svjetlucaju, što može imati ulogu u privlačenju plijena ili odbijanja predatora (Brusca, 2016). Što se tiče socijalne komunikacije među jedinkama, ta karakteristika nije posebno značajna s obzirom na to da rebraši nemaju razvijene vidne organe. *M. leidy* je predator i hrani se mesozooplanktonom te jajina i larvama riba i ostalih pelagičkih organizama. Svoj plijen lovi pomoću dvije kratke lovke. Također, na površini tijela se nalazi mukozna tvar u kojoj zooplankton ostaje zarobljen, a do ustiju ga rebraš dovede pokretima cilija duž površine tijela (Brusca, 2016). Probava je vanstanična, a većinom se odvija u ždrijelu. Defekacija se odvija na način da se gastrovaskularna šupljina spoji s epidermisom te tako tvori analni otvor. Dakle, anus se pojavljuje samo za vrijeme defekacije (URL1). Izmjena plinova se odvija preko površine tijela i preko stijenki gastrovaskularnog sustava. Rebraši nemaju skelet, no potporu tijelu daje njihov elastičan želatinozni mezenhim. Ono što je zanimljivo jest to da rebraši imaju prava mišićna vlakanca između epidermisa i gastrodermisa, a tako su jednostavni organizmi (URL2). Tijelo im se sastoji od oko 97% vode, dakle, suha masa rebraša je tek oko 3-4% njihove mokre mase. Budući da su većinski sastavljeni od vode, svoju plovnost kontroliraju pomoću pasivne osmoze. Veličina ovih organizama seže i do preko 12 centimetara u duljinu. Imaju mrežni živčani sustav, kao i kod žarnjaka, no malo specijaliziraniji (Brusca, 2016).

2.1. Reprodukcija

Jedan od važnijih uzroka uspjeha *M. leidy* u novim staništima jest njihov način razmnožavanja. Naime, *M. leidy* je hermafrodit, dakle moguća je samooplodnja, što znači da u početku, dok je, primjerice, manje jedinki u nekom novom ekosustavu, jedna jedinka nije morala sresti drugu kako bi došlo do reprodukcije. Također, *Mnemiopsis* stvara jako puno jaja i samim time lako brzo nastanjuje novu nišu. Isto tako, kako organizam raste, raste i proizvodnja jaja (URL1). Oplodnja je kod rebraša vanjska. U rodovima *Mnemiopsis* i *Cydippida* je prepoznata i prijevremena reprodukcija, kao mogući evolucijski odgovor na nestalnu dostupnost hrane ili pritisak predatora (Brusca).

2.2. Sposobnost regeneracije

Pojam regeneracije označava sposobnost dijelova organa koji su se izgubili ili ozljedom uništili. Sposobnost regeneracije imaju mnogi marinski organizmi, pa tako i pripadnici koljena *Ctenophora*. Kod vrste *Mnemiopsis leidy* je uočeno da je česta pojava jedinki koje se ne regeneriraju u potpunosti, već formiraju takozvane "polu-životinje" koje su funkcionalno stabilne (Bading, 2017). Dakle,

imaju sposobnost hranjenja, rasta i razmnožavanja, kao i cjelovita jedinka. Polu-životinje predstavljaju alternativan put obnavljanja životinje koji je energetski povoljniji nego potpuna regeneracija. Plastičnost samooporavka je prilagodba na uvjete nedostatka hranjivih tvari. Životinja tako štedi energiju, s obzirom da je energetski trošak regeneracije izrazito visok (Bading, 2017). To svojstvo pridonosi višem fitnessu populacije u nepovoljnim, štetnim uvjetima. Primjerice, jedinke koje se nalaze u balastnim vodama u tankovima broda preživljavaju nepovoljne uvjete, između ostalog, zahvaljujući plastičnosti načina regeneracije. Provedeno je istraživanje (Bading, 2017) kako razlike u dostupnosti hranjivih tvari utječu na odabir načina regeneracije, ali i na samu uspješnost regeneracije. Rezultati su pokazali da će regeneracija tijela biti potpuna u slučaju dostupnosti hranjivih tvari, a u slučaju nedostatka istih, preferiran odgovor na ozljedu organizma će biti razvijanje polu-životinje. Ako usporedimo vijabilnost rebraša koji se u cijelosti regenerirao, i onog koji je regeneriran u obliku polu-životinje, one će biti jednake. Prepoznato je da se regeneriraju i larve i odrasle jedinke, iz polovice, a čak i iz četvrtine cjelovitog tijela (Bading, 2017)! *Mnemiopsis* ima tijelo podijeljeno u četiri identična kvadranta organizirana oko oralno-aboralne osi (Martindale, 1986). Nakon duljeg vremena, to jest, dolaskom povoljnih uvjeta, polu-životinje mogu regenerirati u cjeloviti organizam. Isto to mogu postići i polu-životinje nanovo razrereane na kvadrante (Bading, 2017).

2.2. Kanibalizam

Pojam kanibalizma jest intraspecijalna pojava gdje jedna jedinka konzumira drugu u svrhu ishrane. Kanibalizam je relativno česta pojava u živom svijetu, pa ju tako nalazimo i u rebraša *Mnemiopsis leidyi*. Provedena su terenska i laboratorijska istraživanja (Javidpour, 2020) nad odraslim jedinkama *M. leidyi* u Zapadnom Baltičkom moru. Tim istraživanjima je utvrđeno da se jedinke *M. leidyi* prebacuju na kanibalizam kada su zalihe plijena premale. Uviđena je i korelacija s masivnim povećanjem populacija u kasno ljeto – na taj način populacija smanjuje zalihe plijena i nadjačava kompeticiju, a tim masovnim razmnožavanjem i samoj sebi stvara zalihe nutrijenata za kritične periode pomanjkanja hrane. Sve spomenuto nam daje još bolji uvid zašto je *Mnemiopsis* tako uspješan organizam kada biva uveden u nova staništa. Tada radi rapidne promjene u ekosustavima te utječe na redistribuciju bioraznolikosti. Važno je razumijeti kako određene prilagodbe omogućuju da organizmima da uspostave populaciju ili čak dominiraju novim staništima (Javidpour, 2020).

3. Invazivnost

Strane vrste su one koje prirodno ne žive u promatranom području, a mogu biti namjerno ili nenamjerno unesene u nove ekološke sustave. U slučaju da naseljavanje takve vrste u novom području negativno utječe na tamošnji ekosustav, zdravlje ljudi i/ili tvori ekonomsku štetu, ta vrsta postaje invazivnom. Rebraš *Mnemiopsis leidy* je autohtona vrsta zapadnog Atlantika, to jest površinskih voda istočne obale Sjeverne i dijela Južne Amerike. Obitava u umjerenim i suptropskim klimama (Purcell, 2001). Prepoznata je kao invazivna vrsta u Europi i zapadnoj Aziji. Najvjerojatnije je u ove dijelove svijeta došla slučajno putem balastnih voda u brodovima. Prvi zapis pojave *M. leidy* datira iz 1982. godine (Pereladov, 1988) u zaljevu Sudak u sjevernom dijelu Crnoga mora. Od tamo se proširila i do Azovskog, Marmarskog i Egejskog mora, a naposljetku i do Mediterana te Jadranskog mora (Purcell, 2001).

3.1. Uspješnost *M. leidy* u novim staništima

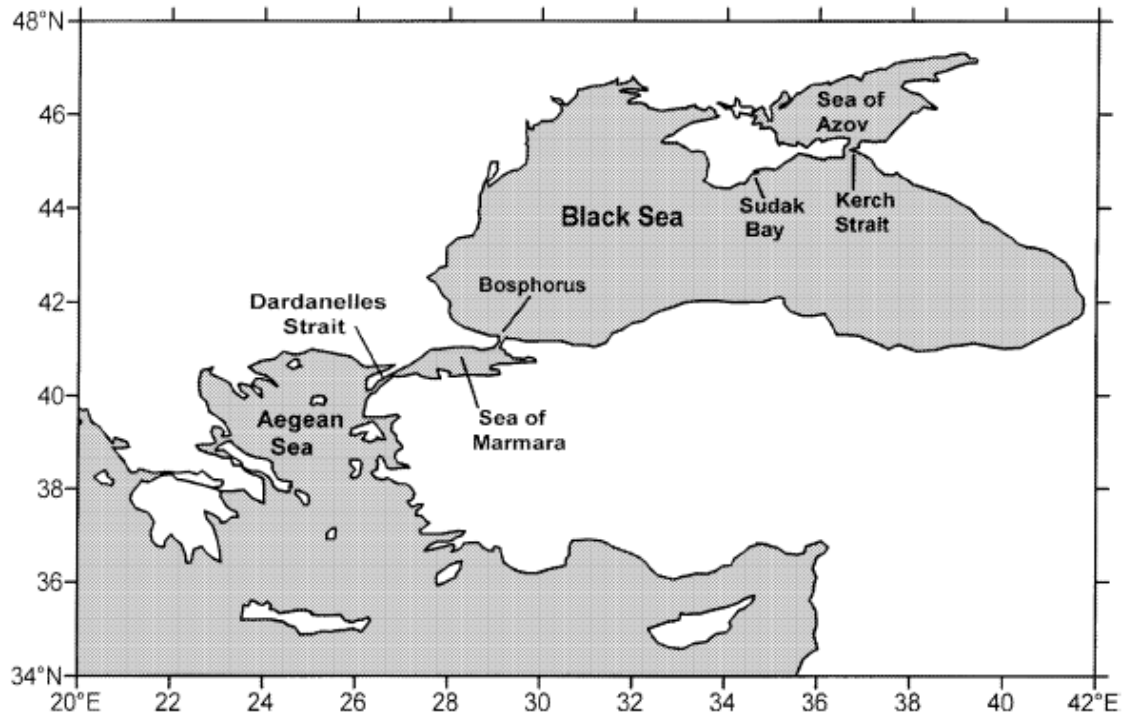
Uspjeh invazivnih marinskih vrsta je uvjetovan nedostatkom prirodnih predatora te oportunističkim načinom života (Javidpour, 2020). *Mnemiopsis leidy* može preživjeti u širokom rasponu ekoloških uvjeta. Podnosi velike temperaturne amplitude (2-32°C), kao i raznolike vrijednosti saliniteta (< 2-38 PSE) što ju čini eurivalentnom vrstom (Purcell, 2001). Zahvaljujući visokoj stopi razmnožavanja, brzom rastu i tipu prehrane, *M. leidy* lako okupira i dominira novonastanjenim područjima. U prirodnim staništima, prirodni predatori bi kontrolirali populaciju rebraša, a k tome, postojala bi i kompeticija za hranu između rebraša i određenih vrsta zooplanktivornih riba. Nedostatak istih u alohtonim područjima omogućava bujanje populacije rebraša. Sve navedene karakteristike *M. leidy* u prijašnjem poglavlju nam ukazuju na prilagodljivost tog organizma i mogućnost preživljavanja u nepovoljnim uvjetima. Posebno se ističu pojava kanibalizma, dva načina regeneracije (ovisno o uvjetima u kojima se životinja nalazi) te ogromni reproduktivni potencijal.

4. Počeci širenja *M. leidy*

Kao što je već spomenuto, najvjerojatniji način prijenosa *M. leidy* u prostore Azije i Europe jest putem balastnih voda u brodovima. Najpoznatiji primjer dominacije ovog rebraša u novom području jest primjer Crnog mora.

4.1. Invazija *M. leidy* u Crnom moru

Crno more je poluzatvoreno, što ga čini izrazito osjetljivim na unesene vrste (slika 2). Do 70-ih godina prošlog stoljeća Crno more je smatrano visokoproduktivnim morem, no nakon 90-ih ono postaje more male bioraznolikosti, degradiranog ekosustava (Shiganova, 1998). Na to su utjecali



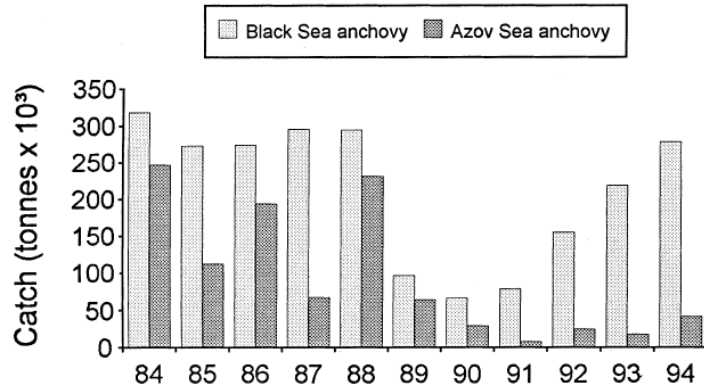
Slika 2. Crno more i okolna mora. Preuzeto iz: Shiganova 1998.

razni čimbenici – klimatske promjene, antropogeni utjecaji, eutrofikacija i zagađenje tvarima donesenim rijekama, prelov te pojava invazivnih vrsta (Shiganova, 1998). Ovaj invazivni rebraš se u Crnom moru pojavio početkom 1980-ih godina gdje je prvi puta uočen u zaljevu Sudak. Glavni faktori prostornog razmještaja *M. leidy* jesu temperatura mora, salinitet i dostupnost hrane (Shiganova, 1998). Kao organizam koji se brzo razmnožava, brzo kolonizira nova područja i

generalizirano se hrani, *M. leidy* je Crno more lako nastanila, budući da je ono bilo idealan okoliš za jednu oportunističku vrstu kao što ovaj rebraš i jest. Prvo je nastanila sjeverni dio Crnog mora, a tome je mogući razlog utjecanje velikih rijeka (Dunav, Dnjepar, Dnjestar, Don) i unos nutrijenata. *Mnemiopsis leidy* je imala veliki utjecaj na tamošnji ekosustav. Analizom važnijih pelagičkih organizama u crnomorskom ekosustavu je uočeno smanjenje brojnosti planktivornih riba, koje su inače ovom rebrašu glavni kompetitori za hranu. Zbog smanjene brojnosti kompetitora, *M. leidy* dobiva priliku zavladati ovim prostorima te dolazi do masivnog povećanja njene biomase. Zbog takvog naglog povećanja brojnosti rebraša, smanjena je brojnost ihtioplanktona i mezozooplanktona. Brojnost ribljih jaja, larvi i zooplanktona je u negativnoj korelaciji s brojnošću rebraša *M. leidy* (Shiganova, 1998). Prije širenja *M. leidy* po Crnome moru, ono je bilo važno područje za uzgoj komercijalnih vrsta ribe – sardine i incuna (Shiganova, 1998). Brojnost istih se uvelike smanjila zbog preturbacije izvorne ravnoteže tog ekosustava. Isto tako, smanjeni su i stokovi komercionalno važnih demerzalnih vrsta riba zbog promjena u bentičkim uvjetima i smanjenja prozirnosti vode zbog eutrofikacije (Shiganova, 1998). Navedeno je dovelo do velikih šteta za ekonomiju koja se mjerila čak u milijardama eura! U jednom istraživanju (Shiganova, 1998) je izneseno da je nakon prelova incuna 1989. godine biomasa zooplanktona povećana, što čini optimalne uvjete za razvoj *M. leidy* – obilje hrane. Nakon toga je uslijedio drastičan pad brojnosti inhtioplanktona i mezozooplanktona te je smanjena bioraznolikost (to se najviše primjetilo u sjevernom dijelu Crnog mora), što nas dovodi do pitanja da li je prelov jedan od bitnijih razloga za uspješnu invaziju *M. leidy* u Crnom moru?

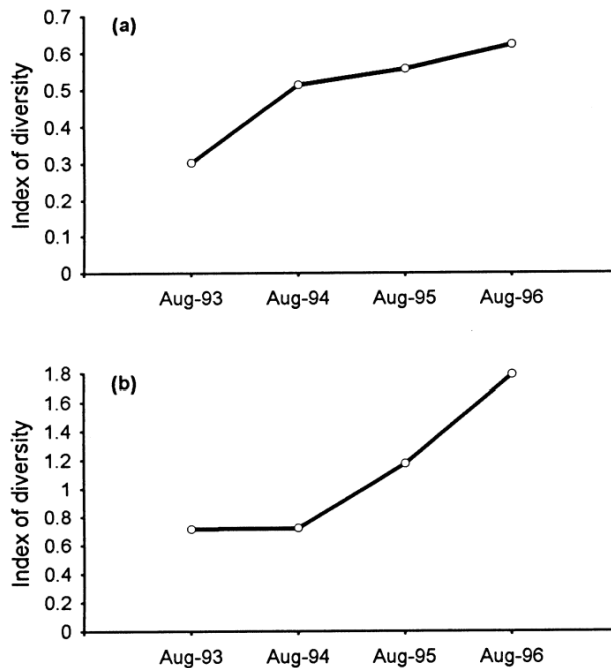
4.2. Prelov i uspješnost *M. leidy* u novim staništima (na primjeru Crnog mora)

Prvi znakovi prelova incuna u Crnome moru su prepoznati u sezoni ribolova s 1987. na 1988. godinu. Naime, u sljedećoj sezoni, godine 1988. na 1989. ulovljene jedinke incuna su bile značajno manje nego u prethodnoj što upućuje neodrživi način gospodarenja ribom (slika 3)(Gucu, 2002). Kako bi ribari nadoknadili nedostatak veličine riba, a zadovoljili količinske potrebe, ulovili su mnogo mladih, malenih jedinki. Posljedično, nagodinu je došlo do kolapsa stokova jer je brojnost spolno zrelih jedinki jednostavno bila premalena da bi proizvela dovoljno mladih i podržala nastanak novih generacija riba (Gucu, 2002). Dakle, zbog manjka prirodnih predatora zooplanktona, brojnost istih buja što ide u korist želatinoznim organizmima – žarnjacima, a kasnije i rebrašima. Jedini način kontroliranja veličine populacije rebraša – postojanje kompeticije za hranu, što su bili incuni – je iščeznuo ljudskim djelovanjem. Kako bi se popravila situacija u Crnom



Slika 3. Ulov inćuna (u tonama) u Crnom i Azovskom moru. Pad ulova je jasno vidljiv 1989. godine. Preuzeto iz: Shiganova 1998.

moru bilo je potrebno smanjiti pritisak na postojeće stokove. Samim time, prihod ribara je uvelike smanjen. Na kraju, može se zaključiti da prelov zaista jest imao veliku ulogu u uspješnosti nastanjivanja *M. leidyi* tako što je njime bila oslobođena ekološka niša (koju su bile zauzimale male ribe poput inćuna) te omogućen razvoj rebraša (Gucu, 2002). Dakle, u namjeri oporavka ekosustava, treba poraditi i na održivosti ribolova.



Slika 4. Promjene u bioraznolikosti (a) mezozooplanktona i (b) ihtioplanktona u sjeveroistočnom Crnom moru. Preuzeto iz: Shiganova 1998.

Brojnost *M. leidy* je doživjela pad tijekom 1996. godine te se tada bilježi porast brojnosti i raznolikosti (slika 4) vrsta ihtioplanktona i zooplanktona (Shiganova, 1998). Ekosustav Crnog mora se obnavlja te da je sada otporniji na utjecaje stranih vrsta. Valja spomenuti da je pitanje *M. leidy* u Crnom moru poboljšano pomoću njenog prirodnog predatora rebraša *Beroe ovata* koji je unesen slučajno 1997. godine, također balastnim vodama (Brusca, 2016). *B. ovata* se hrani gotovo isključivo *Mnemiopsis*-om, stoga je značajno smanjena brojnost istih, a kasnije i *B. ovata* (Brusca, 2016).

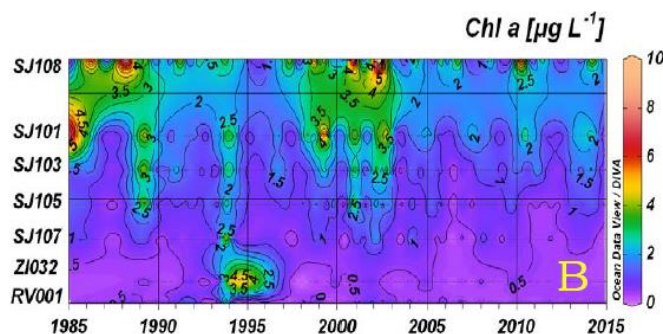
5. *Mnemiopsis leidyi* u Jadranu

Mnemiopsis leidyi je u Jadranu prvi puta zabilježen 2005. godine u Trsatskom zaljevu (Pestorić, 2021), no tada nije uspostavljena populacija. Sljedećih deset godina, sve do ljeta 2016. godine, nije zabilježen u Jadranu. Razlozi zašto *M. leidyi* nije uspostavio populaciju već 2005. godine bi mogli biti sljedeći: tadašnji okolišni uvjeti mu možda nisu odgovarali, pritisak predatora i kompetitora je mogao biti prevelik, premalen broj jedinki donešen da bi uspostava populacije bila moguća, što dovodi i do genetičkog drifta te nedostatak mutualista u novom okolišu (Malej, 2017). S obzirom na prilagodljivost *M. leidyi* na razne uvjete okoliša i na to da su ekološki uvjeti u sjevernom Jadranu 2005. i 2016. godine bili relativno slični, glavnim faktorom neuspješne uspostave populacije se smatra frekvencija unosa novih jedinki u sustav, te samim time broj jedinki unešen jednim događajem ispusta balasta. Frekvencija unosa novih jedinki je bitan faktor u uspostavi populacije na novim područjima, budući da svaka jedinka ne preživi izbacivanje balastnih voda iz tankova. Tu su posebno osjetljive velike jedinke *M. leidyi*, jaja i larve manje od 1 mm (Malej, 2017), u tom slučaju najbolje preživljavaju jedinke manje do srednje veličine. Spominjući balastne vode, treba napomenuti da su one najvjerojatniji način prijenosa *Mnemiopsis leidyi* budući da, u oba slučaja, 2005. i 2016. rebraš nije pronađen u srednjem i južnom Jadranu, već samo u sjevernom. Pronađen je na raznim staništima, kako u obalnim područjima i lagunama, tako i na otvorenom moru. Pojava *M. leidyi* je jedna od najznačajnijih promjena u zajednici želatinoznih zooplanktona u Jadranu te je pridonijela daljnoj diferencijaciji zajednica sjevernog dijela od srednjeg i južnog Jadrana (Pestorić, 2021). To ne znači da se ne bi mogle proširiti i na ostatak Jadrana. Naime, 2016. i 2017. godine tijekom jeseni je *M. leidyi* uočena kod Ploča, ali u manjem broju stoga uspostava populacije nije bila uspješna. Godine 2016. se *M. leidyi* udomaćio u sjevernom Jadranu.

5.1. Ekološki uvjeti u Jadranu

Sjeverni Jadran je najplići (<60 m) i najproduktivniji dio mora. Hidrografski uvjeti su varijabilni zbog geografske pozicije i plitkoće. Tu je jak utjecaj rijeka sa zapadne obale mora, a Po je najveća i teče industrijskom zonom Italije te sa sobom donosi mnogo nutrijenata (umjetna gnojiva...). Cirkulacija mora je generalno ciklonska te donosi oligotrofne vode s juga uz hrvatsku obalu (Malej, 2020). Takvi hidrografski uvjeti prave trofički gradijent u smjeru istok-zapad, s time da je na istoku

produktivnost manja što podupire istraživanje (Malej, 2020) i ukazuje na smanjivanje vrijednosti klorofila a od zapada prema istoku (slika 5).



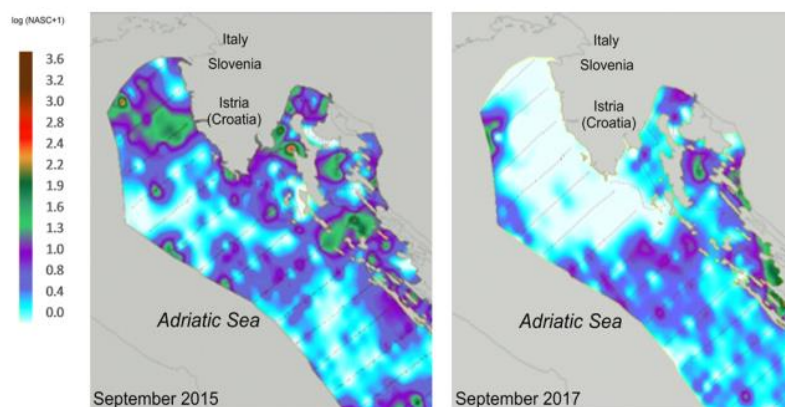
Slika 5. Varijacije biomase klorofila a u Jadranskom moru duž transekta Po – Rovinj. Preuzeto iz: Malej 2020.

Na sjeveru Jadrana su mnoge važne luke poput Rijeke, Pule, Kopra i Trsta – morski promet je postojan, a samim time i unos novih vrsta (organizmi u balastnim vodama, na brodskoj konstrukciji...).

5.2. Utjecaj *M. leidy* u Jadranu

U Jadranu je zabilježeno sedam vrsta rebraša, od kojih su kod samo tri vrste uočena velika širenja populacije. Među njima jest, dakako, i *Mnemiopsis leidy* (Pestorić, 2021). Rebraši privlače sve više interesa od strane znanstvenika budući da je zbog razvoja situacije njihova uloga u ekosustavu Jadrana sve važnija te ima značajan utjecaj na hranidbenu mrežu, što bi moglo dovesti do štetnih i nepoželjnih posljedica (Pestorić, 2021). *M. leidy* se, kao što nam je već poznato, hrani zooplanktonom, jajima i ličinkama riba te zbog toga ima znatan utjecaj na ribljni fond sjevernog Jadrana (URL3). Konkurent je plavoj ribi u borbi za hranu, može poremetiti ravotežu ekosustava, ugroziti morski turizam te smanjiti riblji fond. Provedeno je istraživanje (Paliaga, 2019) u ljetnom dijelu 2017. i 2018. godine duž obale Istre kako bi se donijeli neki zaključci o rasprostranjenosti, brojnosti i biometrijskim karakteristikama *M. leidy*. Prepoznato je da je zaista došlo do promjena u hranidbenom lancu u sjeveroistočnom Jadranu. Prosječna brojnost zooplanktona je bila manja u kolovozu i rujnu 2017. godine u usporedbi sa zadnja dva desetljeća, pogotovo u područjima gdje je brojnost *M. leidy* bila najveća, tamo je zabilježen i pad brojnosti inćuna (slika 6)(Paliaga, 2019). Pojave masivnog širenja populacije *M. leidy*, koje mogu doseći površine nekoliko četvornih

kilometara, su najčešće u razdoblju između srpnja i studenog. Tada gustoće populacije prelaze



Slika 6. Usporedba rasprostranjenosti incuna u rujnu 2015 i 2017 godine. Rezultati za 2017. godinu pokazuju značajno smanjenje brojnosti incuna nakon pojave *M. leidy*. Preuzeto iz: Paliaga 2019.

vrijednosti od 300 jedinki po četvornom metru (Lestorić, 2021)! Zabrnjavajuće je to da masovno povećanje brojnosti, prostor kojeg rebraši u tom periodu okupiraju i trajanje tih događaja prate pozitivan trend (Pestorić, 2021). Jedan od faktora koji tome pridonosi jest upravo taj ogroman reproduktivski potencijal. Kako bi si to pobliže predočili, navedeni su rezultati jednog istraživanja (Malej, 2017). Stopa proizvodnje jaja je promatrana u 10 jedinki unutar 24 sata te je prosječan broj proizvedenih jaja bio 4320, a maksimalan 13,512 (Malej, 2017). Proizvodnja jaja je temperaturno ovisna te je stopa najviša u toplim morima (Malej, 2017), kakvo je Jadransko, a daljnje zagrijavanje tome i te kako ide u korist.



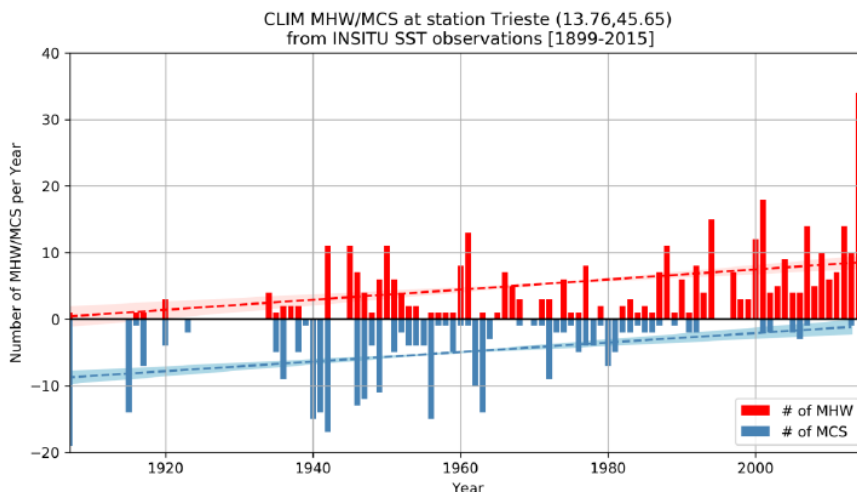
Slika 7. *C. tuberculata* i mnoštvo *M. leidy* u trsatskom zaljevu 2020. godine. Preuzeto iz: Pestorić 2021.



Slika 8. Jedinka *M. leidy*. Slikano u kolovozu 2020. u Zelenoj laguni.

5.2.1. Porast temperature mora

Sjeveroistočni Jadran se zbog svojeg oblika i dubine zagrijava brže od svjetskog prosjeka (Malej, 2020). Prosječan porast temperature površinskog sloja vode iznosi 1.1 ± 0.3 po stoljeću, prema dugotrajnim mjerenjima od 1899. do 2015. godine u trsatskoj luci (Malej, 2020). Zbog klimatskih promjena, to jest, porasta temperature sve je veći broj kratkotrajnih toplinskih udara, a manji je broj hladnijih perioda (slika 9).



Slika 9. Broj kratkotrajnih toplinskih udara po godini u razdoblju 1900. – 2020. Preuzeto iz: Malej, 2020.

U sjevernom Jadranu, najveće razlike u temperaturi mora (u periodima između 1991. i 2001. te 2006. i 2016.) su zabilježene u obalnim područjima Pule, Rovinja i Trsta, upravo u područjima najveće zabilježene brojnosti rebraša. Možda je i to jedan od čimbenika koji je utjecao na uspostavu populacije rebraša baš na sjeveru Jadrana, a ne u ostalim dijelovima. Mezozooplankton i želatinozni plankton su važni indikatori utjecaja klimatskih promjena na marinske ekosustave, stoga podaci o prostorno-vremenskoj varijabilnosti populacija istih mogu biti korišteni kao indikatori o kakvoći vode (Pierson, 2021). U sjevernom Jadranu se želi procijeniti razina eutrofikacije te utjecaji termofilnih invazivnih vrsta na trofičku dinamiku toga područja, a uspješan monitoring bi bio ostvaren usklađenim modelima bez obzira na granice država (sjevernim Jadranom upravljaju tri nadležna tijela – Italije, Slovenije i Hrvatske). Usklađenim modelima, podacima te dugotrajnim istraživanjima bi mogao biti postignut utjecaj na upravljanje obalnim područjima te povećati održivost istih (Pierson, 2021.)

5.2.2. Razvoj mikroba i patogena?

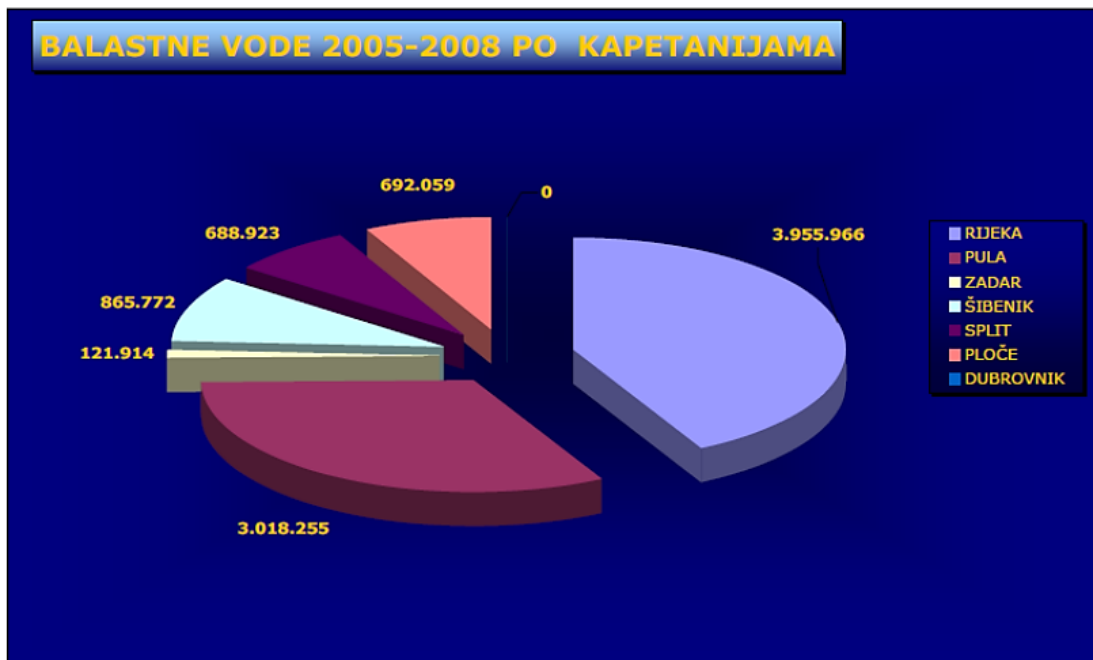
Rebraši mogu poslužiti kao domaćini raznim vrstama mikroorganizmima u raznim stadijima života te u različitim dijelovima tijela imati različitu mikrobiotu (Tinta, 2021). *Mnemiopsis leidy* se zbog jednostavnih životnih zahtjeva i velikog reproduktivnog potencijala lako i brzo širi, što znači više staništa za mikroorganizme, a kada rebraši uginu, predstavljaju ogroman izvor hranjivih tvari za iste. Pogotovo su dobar izvor dušične organske tvari za mikrobe u vodenom stupcu (Pierson, 2021). Naime, rebraši se veoma brzo razgrađuju, stoga je utjecaj na bakterijsku zajednicu i ciklus dušika znatan (Pierson, 2021), a uz sve to moguća je i pojava patogena za ribe što za sobom nosi posljedice za akvakulturu. Na kraju, moguć je razvoj i patogena za ljude te narušavanje zdravlja (Tinta, 2021).

5.3. Budućnost *M. leidy* u Jadranu?

Zbog brojnosti *M. leidy* mehaničko odstranjivanje je nemoguće i besmisleno. Razmatralo se u uvozu prirodnog neprijatelja *Beroe ovata*, no kako ni ta vrsta nije autohtona za Jadran, teško je predvidjeti ponašanje iste. Taj način suzbijanja invazije *M. leidy* baš i nije favorizirana. Ono što preostaje jest kvalitetan monitoring te promatranje utjecaja tog rebraša na jadranske autohtone zajednice, na ekonomiju i na zdravlje ljudi. Bitan korak ka boljoj regulaciji unosa stranih organizama putem balastnih voda jest Konvencija o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i sedimentima (International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water and Sediments - Ballast Water Convention). Republika Hrvatska je sudjelovala u donošenju te konvencije, a usvojena je u sjedištu Međunarodne pomorske organizacije u Londonu 2004. godine. Konvencija stupa na snagu 8.9.2017., to jest postaje pravno obvezujuća za država koje su joj pristupile (URL4). Svrha sporazuma jest spriječiti, umanjiti te na kraju ukloniti prijenos štetnih vodenih organizama i patogena nadzorom i upravljanjem balastnim vodama i sedimentom s brodova. Kako bi smo bolje razumjeli važnost uređaja za tretiranje balasta, poblizje ćemo proučiti neke činjenice o samom balastu te o radu tog uređaja.

6. Balastne vode

Balastne vode označavaju vodu zajedno s tvarima u njoj koja se ukrcava na brod radi postizanja stabilnosti, uzdužnog i poprečnog nagiba, gaza i naprezavanja plovnog objekta. U 1 m³ balasta može se naći 3.000 do 10.000 morskih organizama (URL5) što je itekako ogroman broj



Slika 10. Izmjena balastnih voda (u tonama) po hrvatskim kapetanjama u razdoblju 2005 – 2008. Dvije trećine svih izmjena se dešava u sjevernom Jadranu! Izvor: Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture.

novouvedenih organizama u neko područje, pogotovo ako je to neka zatvorena laguna. Osim organizama, balastnim vodama se prenosi i sediment te razne kemikalije korištene za ispiranje tankova, nafta i katran. Sve navedeno ima negativne ekološke i ekonomske utjecaje te negativan utjecaj na ljudsko zdravlje. Dakle, jasno je zašto su uređaji za tretiranje balastnih voda prijekopotrebni na brodovima.

6.1. Ballast Water Treatment System

Postoje razne vrste uređaja za tretiranje balasta (slika 11), no većina njih djeluje po sličnom principu. Prvi stadij jest filtriranje većih morskih organizama i nečistoća iz morske vode, a zatim slijede postupci uklanjanja štetnih mikroorganizama koje filter nije uspio uhvatiti. To su: kemijska

dezinfekcija, tretiranje UV zrakama, deoksigenacija, tretiranje toplinom i ultrasonično tretiranje (URL6). Kemijska obrada balastnih voda uključuje korištenje biocida koji će uništiti mikroorganizme, no tu vodu je kasnije bitno neutralizirati nekim drugim sredstvima kako biocidi ne bi procurili u okoliš. Obrada balastnih voda UV zrakama funkcionira tako da, kada voda s organizmima prolazi kroz komoru u koju su uklopljene UV lampe, UV zrake oštećuju DNA organizama, što ih čini nesposobnima za razmnožavanje. Nedostatak tretmana UV zrakama jest taj da će djelotvornost biti manja ako je u vodi mnogo suspendiranih čestica. U procesu deoksigenacije se unosi inertan plin (kao, na primjer, dušik) kao bi vezao kisik na sebe te ugušio



Slika 11. Uređaj za obradu balastnih voda koji radi po principu filtriranja i obrade vode pomoću UV zraka. Izvor: link alfalava

organizme. Ono na što treba pripaziti jest da je tank u potpunosti izoliran od zraka. Nedostatak je dulje trajanje ovog postupka (dva do četiri dana) što ga čini nepoželjnim za kraća putovanja. Tretman toplinom se provodi zagrijavanjem vode u tankovima ili prolaskom vode uz motore broda. Nedostaci su, opet, dugotrajnost procesa te činjenica da će vruća voda utjecati na bržu koroziju u tankovima balastnih voda. Ultrasonična obrada koristi ultrazvuk koji uzrokuje visoki tlak te uništava stanične membrane organizama. Ova metoda najbolje djeluje u kombinaciji s drugima (URL6). Pri procjeni koju metodu obrade balastnih voda koristiti treba u obzir uzeti troškove, učinkovitost metode te potencijalnu štetu za okoliš i ljudsko zdravlje. Isto tako zavisi da li je riječ

o novom ili starom brodu. Novi brodovi se uglavnom već grade s ugrađenim BWT (*Ballast Water Treatment*) sustavom, dok je na starijim brodovima potrebna prerada i ugrađivanje istih (URL5). To može biti vrlo skupo, kako sam čin ugradbe, tako i daljnje održavanje, jer svaki član brodske posade ima svoj zadatak. Potrebni su članovi posade koji će nadzirati BWT sustav, što smanjuje broj dostupnog osoblja za ostale operacije na brodu, ili se treba zaposliti nove (URL5). Također, neke metode obrade balastnih voda mogu usporiti prijevoz tereta i/ili povećati potrošnju goriva. Sve su to dodatni troškovi koji mogu biti povod pojedincima da pokušaju zaobići zakon. Zbog toga su bitne kontrole provođenja mjera obrade balastnih voda. Svaki brod je (prema Konvenciji) dužan imati BWT sustav i evidencijsku knjigu balastnih voda kako bi se moglo u svakom trenutku provjeriti gdje i kada se uzelo balast, te gdje i kada je ispušten (URL4). Imala sam priliku razgovarati s jednim pomorcem i poslušati njegovo mišljenje o BWT sustavu. Kao mane navodi učestale probleme s uređajem, smatra to još jednom brigom na brodu, uređaj zahtjeva puno održavanja i servisiranja. Uređaj je veoma skup te je ugradnja bila dosta komplicirana i dugotrajna, a iskrcaj je dosta usporen. Tu je riječ o naftnom tankeru, no isto tako treba imati na umu da je riječ o starijem brodu na koji je uređaj ugrađen naknadno. S novim brodovima i napretkom tehnologije polako će se rješavati problemi rada uređaja – postajat će samostalniji i kvalitetniji, a ugrađivani će biti već prilikom izgradnje broda.

7. Zaključak

Mnemiopsis leidyi je svakako zanimljiv organizam kojeg se kao novog stanovnika Jadrana ne bi trebalo zanemariti. Specifičan način života, prehrane i razmnožavanja – sve to ide u prilog ovom rebrašu da postane invazivna vrsta i uspješno naseli novo područje. Svijet je već svjedočio razornom utjecaju ovog rebraša na autohtoni ekosustav Crnog mora stoga s razlogom njegova pojava u Jadranu potiče zabrinutost. S obzirom na brojnost i način reprodukcije, mehaničko uklanjanje iz Jadrana je besmisleno. Uvođenje prirodnih neprijatelja koji su isto tako strane vrste za Jadran se ne favorizira, jer se ne može predvidjeti utjecaj tih vrsta i rizik je prevelik. Ono što za sada pomaže i što je zakonski uvedeno, jest upravljanje balastnim vodama. Propisano je da svaki brod mora imati uređaj za pročišćavanje balasta. Ponovo se postavlja pitanje drže li se svi pomorci tog zakona, budući da ugradnja istih poskupljuje transport. No, svakom problemu se može naći rješenje s napretkom tehnologije, tako da se kreće u dobrom smjeru i ti uređaji postaju sve jednostavniji za rukovanje i održavanje. Još nije znana budućnost Jadrana, no ono što se može napraviti, jest raditi monitoring *M. leidyi* te pojačati kontrolu morskih vozila i obavljanja njihovih dužnosti vezanih uz kontrolu balasta.

8. Literatura

- Bading, K.T., Kaehlert, S., Chi, X. *et al.* (2017) Food availability drives plastic self-repair response in a basal metazoan- case study on the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz 1865. *Sci Rep* 7.
- Brusca, R. C., Moore, W., Shuster, S. M. (2016) Invertebrates, 3rd edition, Sinauer Associates, Inc. chapter 8, phylum *Ctenophora*, 327-344.
- Gucu, A. C. (2002) Can Overfishing be Responsible for the Successful Establishment of *Mnemiopsis leidyi* in the Black Sea? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54, 439–451.
- Javidpour, J., Molinero, J.C., Ramírez-Romero, E. *et al.* (2020) Cannibalism makes invasive comb jelly, *Mnemiopsis leidyi*, resilient to unfavourable conditions. *Commun Biol* 3, 212.
- Malej, A., Ličer, M., Kogovšek, T. & Lučić, D. (2020) Sea warming and zooplankton in the northern Adriatic. VIRTUAL CONFERENCE OCEAN GOVERNANCE: Action Insights and Foreshadowing Challenges.
- Malej, A., Tirelli, V., Lučić, D., Paliaga, P., Vodopivec, M., Goruppi, A., Ancona, S., Benzi, M., Bettoso, N. & Camatti, E. (2017) *Mnemiopsis leidyi* in the northern Adriatic: here to stay?. *Journal of sea research*, 124 (6), 10-16.
- Martindale, M. Q. (1986) The ontogeny and maintenance of adult symmetry properties in the ctenophore, *Mnemiopsis mccradyi*. *Developmental Biology*, 118(2), 556-576.
- Paliaga, P., Budiša, A., Ticina, V., Juretic, T., Lucic, D. (2019) Distribution, diet and ecological effect of invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the north-eastern Adriatic sea. CIESM congress 2019.
- Pestorić, B., Lučić, D., Bojanić, N., Vodopivec, M., Kogovšek, T., Violić, I., Paliaga, P. and Malej, A. (2021) ‘Scyphomedusae and Ctenophora of the Eastern Adriatic: Historical Overview and New Data’, *Diversity*, 13(5) Diversity, 186.
- Pierson, J., Camatti, E., Hood, R., Kogovšeč, T., Lučić, D., Tirelli, V., Malej, A. (2021) ‘Mesozooplankton and Gelationous Zooplankton in the Face of Environmental Stressors’, *Coastal*

Ecosystems in Transition: A Comparative Analysis of the Northern Adriatic and Chesapeake Bay, *Geophysical Monograph*, 256(1), 105-120.

Purcell, J.E., Shiganova, T.A., Decker, M.B. *et al.* (2001) The ctenophore *Mnemiopsis* in native and exotic habitats: U.S. estuaries versus the Black Sea basin. *Hydrobiologia* 451, 145–176.

Shiganova, T. A. (1998) Invasion of the Black Sea by the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and recent changes in pelagic community structure. *Fisheries Oceanography* 7(3/4), 305-310.

Internet izvori:

1. Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Mnemiopsis>, pristupljeno 11.08.2021.
2. YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=jBoyKKyqvR4&ab_channel=TheHoneypotAntArmy, pristupljeno 20.08.2021.
3. Centar za inazivne vrste, <http://civ.iptpo.hr/rebras-morski-orah/>, pristupljeno 11.08.2021.
4. International Maritime Organization, [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx), pristupljeno 29.08.2021.
5. Pomorski fakultet u Splitu, http://www.pfst.unist.hr/uploads/ZMMO_predavanje_7.pdf, pristupljeno 28.08.2021.
6. FilterSafe, <https://filtersafe.net/blog-marine/what-is-ballast-water-treatment/>, pristupljeno 28.08.2021.

9. Sažetak

Mnemiopsis leidyi je rebraš autohton za obalne vode zapadnog Atlantika. Povećanom učestalošću morskog prometa, dolazi do uvođenja stranih vrsta u razne ekosustave diljem svijeta. Jedan od tih primjera je upravo ovaj rebraš koji je u Europu stigao 80-ih godina prošlog stoljeća, a do Jadranskog mora 2005. godine. Već je poznato kakve negativne učinke *M. leidyi* može imati na ekosustave u koje je unešena, zbog ekološke katastrofe koju je izazvala u Crnom moru. U Jadranu je najzastupljeniji na sjeveru gdje se intenzivno namnoži tijekom ljetnih mjeseci. Napretkom tehnologije, proizvode se sve bolji uređaji za obradu balastnih voda (koji su najveći prijenosnici stranih organizama). Ipak, tu i ostali čimbenici (kao klimatske promjene i zagrijavanje mora) koje pozitivno utječu na opstanak *M. leidyi* u Jadranu. Monitoring i redovne kontrole BWT sustava u brodovima su nužni kako na Jadranu ne bi došlo do ekološkog i ekonomskog kolapsa poput onog u Crnom moru.

10. Summary

Mnemiopsis leidyi is a ctenophore native to the coastal waters of the western Atlantic. Due to increased maritime traffic, non-indigenous species may easily be introduced around the globe. This very ctenophore, which was introduced to Europe in '80s, is a prime example of this. The first appearance of *M. leidyi* in the Adriatic sea was documented in 2005. It is well known what kind of impact *M. leidyi* can have when introduced to a new ecosystem, due to the ecosystem degradation it has caused in the Black sea. In the Adriatic, population density is the highest in the north where it blooms in summer. For now, Ballast Water Treatment System is the best way to fight the spread of this invasive species and its negative impact on the ecosystems of the Adriatic. Monitoring and regular inspections of the BWTS are essential so as to prevent an ecological and economic collapse like the one that happened in the Black sea.

11. Životopis

Obrazovanje

2006. – 2014. Osnovna škola Vrbani, Zagreb
2014. – 2018. X. gimnazija Ivana Supeka, Zagreb
2018. – 2021. Preddiplomski sveučilišni studij Znanosti o okolišu, Prirodoslovno-matematički fakultet

Stipendije

2018. – 2021. STEM stipendija Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske

Projekti

- organizator na SiSB-u 2019.
- voditelj radionice u sklopu događaja Otvoreni dan kemije (Dan i noć na PMF-u)