

ZAŠTITA UZGAJALIŠTA KAMENICA OD ANTROPOGENOG UTJECAJA U MALOSTONSKOM ZALJEVU

prof. emeritus Damir Viličić, dipl. ing. biol.

1. UVOD

Nacionalna blaga u Hrvatskoj kao što su more, rijeke, jezera, šume, dinarski krš i nizine, zajedno s kulturnim vrijednostima osnovica su razvoja turizma kojim pokazujemo posjetiteljima specifičnosti Hrvatske. U usporedbi s mnogim zemljama možemo se ponositi da imamo očuvan okoliš u kojem možemo proizvesti hranu vrhunske kvalitete. Malostonski zaljev u Dubrovačko-neretvanskoj županiji je zanimljiv ekološki sustav jer se u njemu uspješno provodi privredna aktivnost koja daje snažan doprinos ekskluzivnom turizmu. Znanstvena, svestrana evaluacija ovog vrijednog prostora (Roglić i Meštrov, 1981.) poslužila je za proglašenje zaštite Malostonskog zaljeva u kategoriji posebnog rezervata u moru. Uzgajališta kamenice u Malostonskom zaljevu najveće su blago koje je tradicionalno poznato još iz doba Rimskog Carstva.

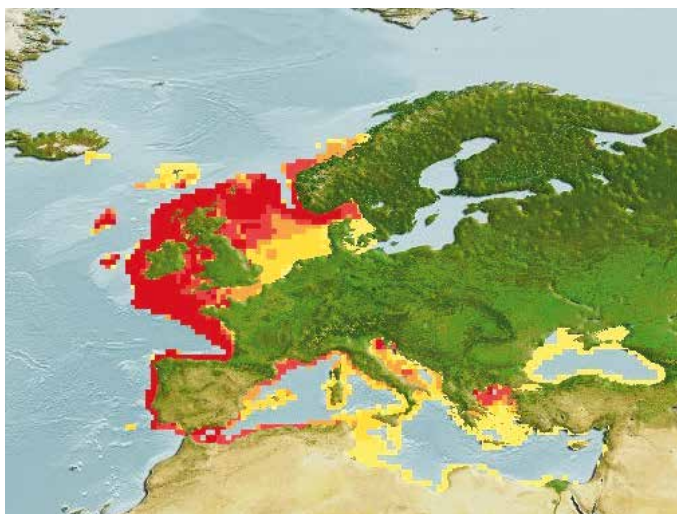
2. EKONOMSKA VRIJEDNOST KAMENICE U MALOSTONSKOM ZALJEVU

Područje Malostonskog zaljeva može poslužiti kao primjer gdje je privredna aktivnost usklađena s procesima u okolišu (slika 1). Europska kamenica *Ostrea edulis* je prirodno

rasprostranjena od Norveške do Maroka, uz obale Atlantskog oceana i Sredozemnog mora, uključujući i Crno more (slika 2, Kaschner et al., 2007.). Naknadno je rasprostranjena u Sjevernu Ameriku. U Malostonskom zaljevu je vrijedno stanište europske kamenice koja je tamo potencijalno različita genetička linija ove vrste (Horvath et al., 2013.). U prošlosti, ova je vrsta imala značajnu ekonomsku važnost uz europske obale. Malostonska kamenica je uvijek bila cijenjena, pa je godine 1936. dobila prvu nagradu – zlatnu medalju na međunarodnoj izložbi u Londonu (slika 3). U Malostonskom zaljevu, u proteklih 40 godina njena proizvodnja iznosi oko 150 t godišnje. Nagli se pad proizvodnje u Europi događa krajem 19. i početkom 20. stoljeća, vjerojatno zbog prevelike eksploatacije (dredanja), uništavanja staništa i pojave bolesti. Danas u zapadnoj Europi proizvodnja i dalje pada (slika 4) zbog mortaliteta koji uzrokuju paraziti, doneseni iz Sjeverne Amerike (Lallias et al., 2010.). Populacije uz istočnu obalu Jadrana ostale su pošteđene tih oboljenja jer je dosad izostao uvoz mlađi iz zapadne Europe, a i zbog oceanografskih svojstava istočnog dijela Jadrana. Kamenica je u Malostonskom zaljevu ostala zdrava, vrijedna prirodna baština i naš vrijedan gospodarski potencijal.



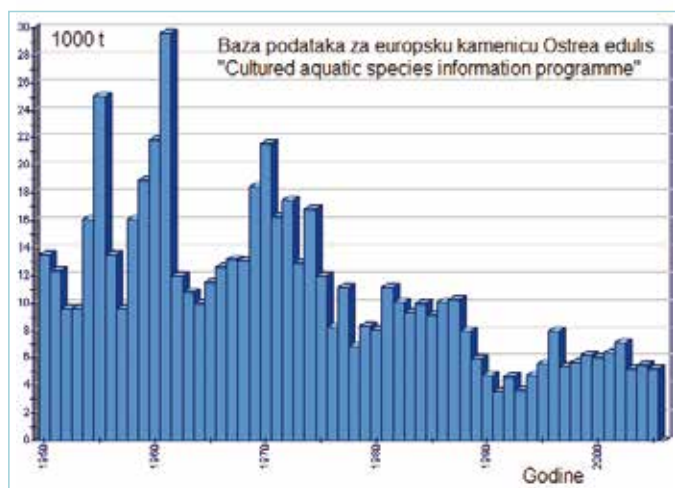
Slika 1: Uvala Bistrina s uzgajalištima školjkaša (snimio: J. Bolotin)



Slika 2: Prirodna raspostranjenost europske kamenice *Ostrea edulis*. Boje označavaju relativnu vjerojatnost pronalaska u prirodnom okolišu (svijetlo žuta boja označava 1%, a tamno crvena 100%) (Kaschner et al. 2007.)



Slika 3: Zlatna medalja za malostonsku kamenicu na međunarodnoj izložbi u Londonu 1936. godine



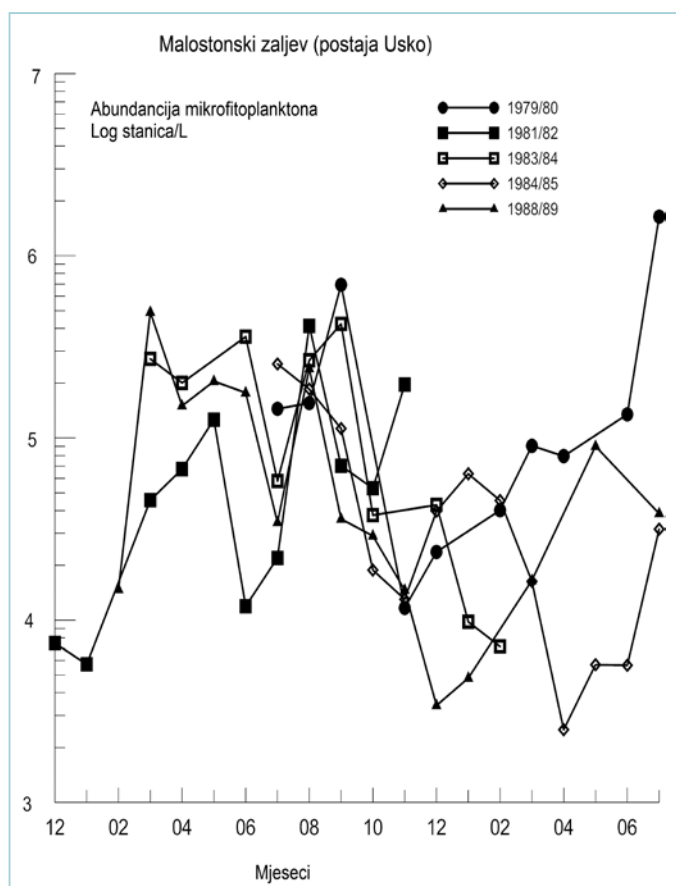
Slika 4: Proizvodnja europske kamenice u Europi u posljednjih 6 dekada (Fisheries and Aquaculture Department of FAO, 2016)

3. EKOLOŠKA SVOJSTVA MALOSTONSKOG ZALJEVA

Malostonski zaljev je prirodno bogat kamenicom i drugim organizmima kojima se hrane filtrirajući plankton i druge suspendirane čestice (slika 5). Odrasle kamenice obogaćuju more ličinkama u doba mriješćenja. Ličinke se prihvaćaju na prirodnu podlogu i na potopljene grane crnike odakle ih presađuju u kolektore. Malostonska kamenica je zdrava hrana i vrhunski proizvod za ponudu ekskluzivnom turizmu Dalmacije i šire. Takva hrana uzgaja se u moru vrhunske kvalitete; u prirodno eutroficiranom moru. Na osnovu grubih pokazatelja (tablica 1), svojstva mora pokazuju stabilan okoliš koji krasi velika prozirnost mora, nedostatak cvjetanja fitoplanktona i prozračenost vodenog stupca. Biomasa fitoplanktona je u godišnjem rasponu od 0,1 do 6,73 μg klorofila *a* po litri (Ninčević Gladan et al. 2010.). Abundancija mikrofitoplanktona rijetko prelazi 10^6 stanica po litri (slika 6). Ličinke kamenica se hrane mikroorganizmima sa stanicama veličine 2–3 μm (Walne, 1965.; Davies i Guillard, 1958.; Masson, 1977.) te česticama detritusa s pričvršćenim bakterijama (Klaveness, 1990.; Langdon i Newell, 1990.). Odrasle jedinke filtriraju i veće mikroorganizme (heterotrofne protiste i mali zooplankton) (Kršinić et al. 2016.).



Slika 5: Obraštaj u Malostonskom zaljevu na potopljenim granama (snimio: D. Viličić)



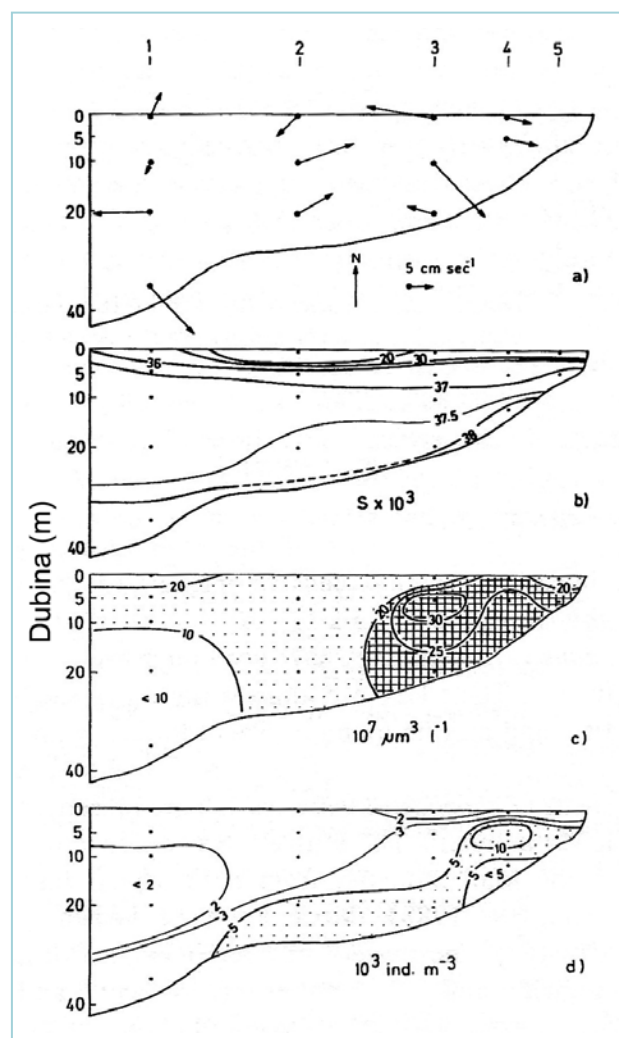
Slika 6: Sezonske varijacije abundancije mikrofitoplanktona u unutrašnjem dijelu Malostonskog zaljeva (na postaji Usko) u razdoblju od 1979. do 1989. godine (Viličić, 2014.)

Tablica 1: Osnovna hidrografska i ekološka svojstva Malostonskog zaljeva (na postaji Usko) (Marasović i Pucher-Petković, 1981.; Viličić et al., 1998.; Ninčević Gladan et al., 2015.). Modalna vrijednost je izračunata iz n podataka obrađenih u radu Viličić et al. (1998.)

Parametar	n	Min	Max	Avg	Mod
MIKROFITO abundancija (stanica L ⁻¹)	61	4.4 x 10 ³	2.1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁵	6 x 10 ⁴
Biomasa (μg L ⁻¹ klorofila a)	83	0.1	6.73	0.4	-
Primarna produkcija (mg C m ⁻³ dan ⁻¹)	10	15.64	57.14	24	-
Indeks diverziteta (H' po Shannonu)	39	0.10	4.2	2.61	2.52
Temperatura (°C)	159	12.30	22.7	18.58	13.6
Salinitet (psu)	159	21.97	38.65	37.49	37.63
Prozirnost (Secchi, m)	74	3	12	7	9
Kisik (zasićenje, %)	84	86	132	109	119
PO ₄ (μmol L ⁻¹)	83	0.01	0.33	1.29	0.10
SiO ₄ (μmol L ⁻¹)	83	0.21	6.24	2.3	2.1
NO ₃ (μmol L ⁻¹)	83	0.17	9.73	1.8	1.6

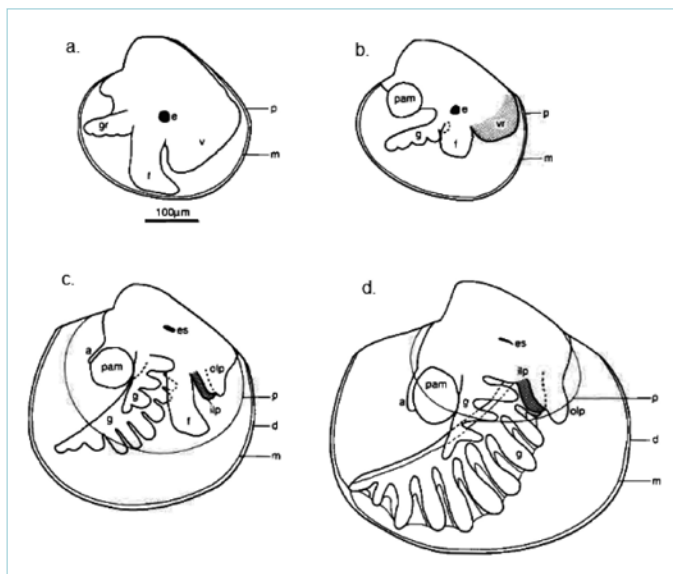
4. RAZVOJNI CIKLUS KAMENICE

U Jadranu se kamenice mrijeste od jeseni do kraja proljeća. Brojne ličinke pronalaze se u planktonu u unutrašnjem dijelu Malostonskog zaljeva (slika 7).



Slika 7: Raspodjela hidrografskih svojstava mora, nanofitoplanktona i ličinki školjakaša u Malostonskom zaljevu, na postajama od Trpnja (postaja 1) do unutrašnjeg dijela zaljeva (Postaja 5), u svibnju 1980. godine (Viličić et al., 1994.)

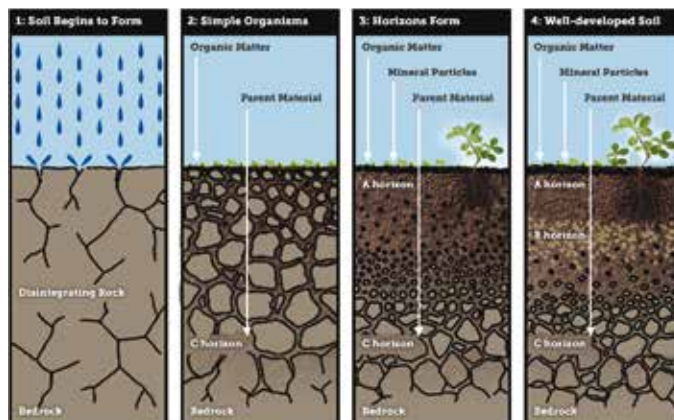
Nakon što ličinke kamenice narastu do 300 μm, započinje najosjetljivija faza u životnom ciklusu kamenice tijekom koje ona pronalazi podlogu za prihvata i naseljavanje, a tijekom ovog procesa dolazi i do metamorfoze ličinke u odraslu kamenicu (slika 8). Mlada kamenica luči materiju sličnu cementu kojom se prihvaća na podlogu, a organizam prolazi kroz niz anatomskih i fizioloških promjena. Ova faza uobičajeno je popraćena velikim ugibanjima u mrjestilištima. Prihvaćanje ličinke na podlogu traje 4-5 dana (Glamuzina, 2006.) i za to vrijeme jedinka razvija stopalo za prihvaćanje za podlogu i hrani se značajno manjim intenzitetom. Početak prehrane jedinki olakšan je jer unutrašnji dio zaljeva obiluje nanoplanktonom kojim se mlade kamenice hrane.



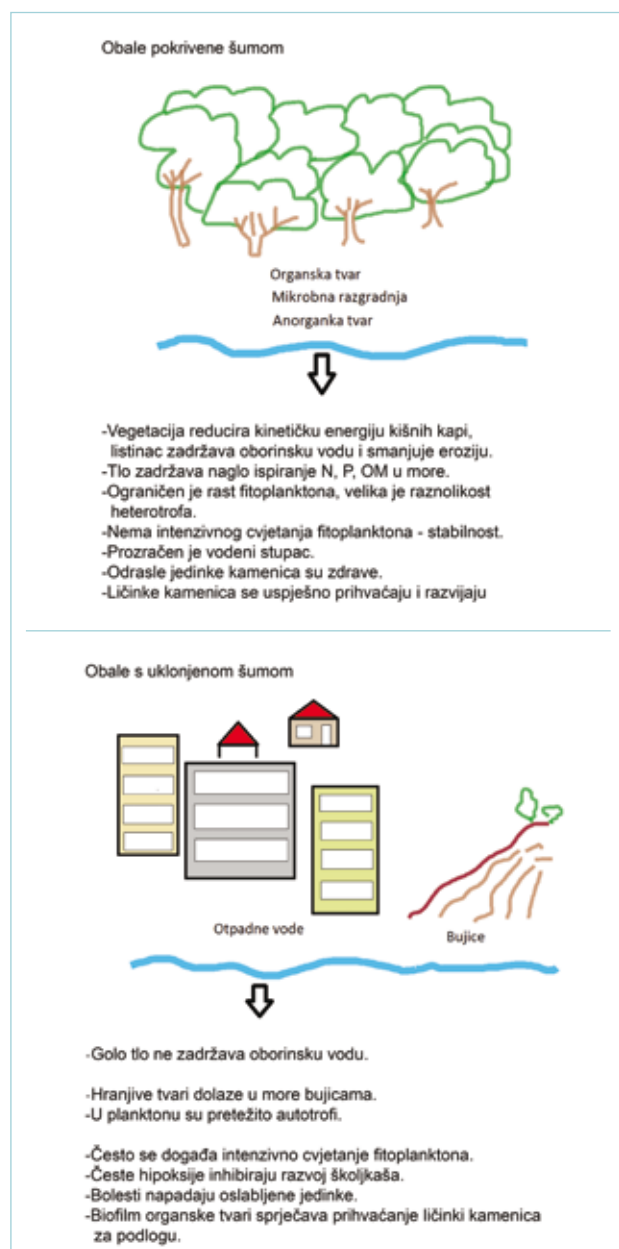
Slika 8: Metamorfoza ličinki kamenice koje lebde u planktonu do stadija veliger (a. – d.). Najvažniji anatomske detalji: d - ljušturica ličinke, e - očna pjega, f - stopalo, g - škрге, m - rub plašta (Baker i Mann, 1994.)

5. ZAŠTITA MALOSTONSKOG ZALJEVA I PROIZVODNJE KAMENICA

U unutrašnjem dijelu Malostonskog zaljeva uzgajališta su sve brojnija, jer je proizvodnja profitabilna. Rasprave o zaštiti prirodne baštine svode se uglavnom na Ekološku mrežu RH; mrežu Natura 2000 – dijelove kopna i mora u kojima se štite značajne vrste i staništa od interesa za Europsku uniju. U Malostonskom zaljevu je bitna zaštita staništa o kojemu ovisi razvojni ciklus kamenica. Za zaštitu školjkarstva u Malostonskom zaljevu nije važno poznavati procese samo u moru, nego i u priobalju. Ekološka stabilnost je uvjet za uspješan razvoj kamenica, a veća je ako područje sliva pokriva šuma (Staehr et al., 2010.). Uz obale Malostonskog zaljeva razvijena je gusta šuma hrasta crnike i makija (Rauš, 1981.). Šumsko tlo nastaje tisućama godina, što ovisi i o topografiji terena, sastavu stijena, klimatskim čimbenicima i djelovanju organizama. Biljni ostatci talože se na površini tla (listinac). Mikrobnom razgradnjom u kojoj sudjeluju mikroorganizmi (bakterije, protisti, gljive) i mikrofauna, dolazi do taloženja sve debljeg sloja humusa (humifikacija) (slika 9). Listinac i krošnje šumskog drveća fizički smanjuju kinetičku energiju kapljica kiše i sprječavaju eroziju tla. Iz šumskog zemljišta se anorganski dušik i fosfor te otopljen organska tvar polako procjeđuju u more (slika 10). Promjena strukture tla i njegove namjene mijenjaju hidrološke i biogeokemijske procese u tlu i u okolnom moru (Neil et al., 2006.; Perakis, 2002.). Kvantifikacija čimbenika potrebnih za izradu modela je složena i izazovna problematika znanosti i uključuje poznavanje svojstava čitavog slivnog područja, antropogenih utjecaja i klimatskih čimbenika. Šumovito priobalje ne dopušta nagli dotok hranjivih tvari u more pa zbog toga ne dolazi do intenzivnih cvjetanja fitoplanktona.

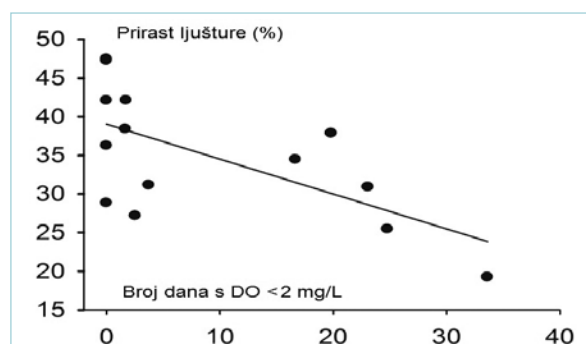


Slika 9: Trošenje stijena, stvaranje i strukturiranje tla (<https://learn.weatherstem.com/modules/learn/lessons/85/06.html>)

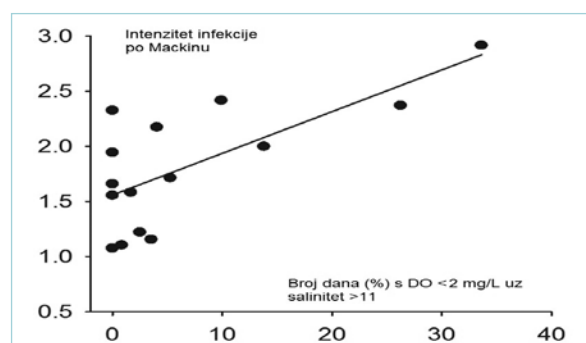


Slika 10: Utjecaj vegetacijskog pokrova na prijenos hranjivih tvari iz tla u more

Uspostavlja se ekološka stabilnost i prozračan vodeni stupac. Mala količina organske tvari olakšava prihvaćanje ličinki kamenica na čistu kamenu podlogu. S druge strane, veća urbanizacija i krčenje šumske vegetacije ubrzava dotok hranjivih tvari (anorganske i organske). Prevladavajući mikroorganizmi su autotrofi koji često izazivaju cvjetanje. Autohtona otopljen organska tvar koju luči fitoplankton stvara biofilm na potopljenim površinama i otežava prihvaćanje ličinki kamenica za podlogu i njihov razvoj. Mikrobna razgradnja propale primarne biomase nakon cvjetanja izaziva hipoksiju i anoksiju. Najnovija istraživanja pokazuju da manjak kisika štetnije djeluje na razvoj ličinki kamenica, nego biofilmovi organske tvari (Campbell et al., 2011.). Narušavanje postojećih uravnoteženih procesa i izazivanje hipoksičnih stanja mogla bi olakšati stratifikacija vodenog stupca u vrijeme kada su u unutrašnjem dijelu Malostonskog zaljeva aktivne vrulje (slika 7). Estuarska stratifikacija i morfološka zatvorenost zaljeva smanjuje vertikalno miješanje pa organizmi ispod halokline mogu biti izloženi nedostatku kisika (hipoksiji). Morski organizmi trebaju različite koncentracije kisika za svoj razvoj, a važno je i vrijeme izloženosti organizama takvim uvjetima. Zato ne postoji jedinstvena definicija hipoksije; jer svaka vrsta reagira na različit način na koncentraciju otopljenog kisika (Committee on Environment and Natural Resources, 2010.), a pogotovo su velike razlike između odraslih jedinki i njihovih ličinki. Ličinački stadiji su uvijek osjetljiviji nego odrasli, pa je za zaštitu vrste značajno preživljavanje ličinačkih stadija. Hipoksija najviše doprinosi smanjenju kvalitete obalnih mora u zadnjim dekadama i stanje se pogoršava zbog sve većeg donosa hranjivih tvari erozijom. Paralelno s povećanjem eutrofikacije nestaju morske cvjetnice, a sve su češća cvjetanja štetnih alga (Committee on Environment and Natural Resources, 2010.). Globalno zatopljenje i površinsko zagrijavanje može u budućnosti povećati stratifikaciju i pogoršati stanje prozračenosti vodenog stupca, jer topivost kisika opada s povećanjem temperature, a promjene oborinskog režima mogu utjecati na dotok hranjivih tvari s kopna i produkciju u moru (Diaz i Breitburg, 2009.). Antropogeni utjecaj svakako ugrožava opstanak populacija kamenice (prirodnih i u uzgoju). Nedostatak kisika (hipoksija) u moru inhibira rast ljuštura kamenica (Breitburg et al., 2015.) (slika 11). Hipoksija slabi populaciju i povećava rizik od infekcije školjkaša parazitima (Breitburg et al., 2015) (slika 12). Oboljenje uzrokuju parazitski protisti: *Bonamia* parazitira u krvnim stanicama školjkaša (hemocitama), *Marteilia* napada probavni sustav školjkaša (Culloty i Mulcahy, 2007.), a *Perkinsus* slabi jedinke koje ne mogu filtrirati suspendirane hranjive čestice i plankton (Breitburg et al., 2015.).



Slika 11: Nedostatak kisika (hipoksija) u moru inhibira rast ljuštura kamenica (Breitburg et al., 2015.)



Slika 12: Hipoksija povećava rizik od infekcije školjkaša parazitima (Breitburg et al., 2015.)

Istraživanja antropogenog utjecaja i klimatskih promjena na razvoj školjkaša u marikulturi su u fokusu suvremenih istraživanja. Značajan je projekt Europske komisije HORIZON 2020. (Program 2016. – 2017.) gdje je važna tema "Sigurnost hrane, održiva poljoprivreda i šumarstvo, istraživanje bioekonomije u moru i u kopnenim vodama". Brojne su konferencije o "plavoj ekonomiji", što bi trebalo biti atraktivno i za naše stručnjake koji se bave marikulturom.

Svaki zahvat u prostoru koji reducira površinu pokrivenu šumom povećava antropogeni utjecaj u moru koji može degradirati ekološka svojstva mora potrebna za održavanje kvalitetnog školjkarstva u Malostonskom zaljevu.

6. ZAKLJUČAK

Za razvoj i zaštitu uzgajališta europske kamenice (*Ostrea edulis*) – tradicionalne profitabilne gospodarske grane specifične za Malostonski zaljev u Dubrovačkoj županiji, važno je održati prirodnu eutrofikaciju (čistoću i stabilnost) ekološkog sustava te preživljavanje ličinki – najosjetljivije faze u razvojnem ciklusu kamenice. Bitnu ulogu u održavanju ekološke stabilnosti u zaljevu ima autohtona šuma i šikara uz padine zaljeva koja stvara tlo i sprječava eroziju. Sječa vegetacije može pokrenuti eroziju i naglo obogaćivanje mora hranjivim tvarima, što potiče cvjetanje fitoplanktona. Cvjetanje obogaćuje more autohtonom otopljenom organskom tvari. Mikrobna razgradnja organske tvari izaziva hipoksična stanja koja povećavaju mortalitet ličinki, smanjuju prirast jedinki, povećavaju rizik oboljenja i ugrožavaju opstanak prirodnih populacija i uzgajanih jedinki. ■

LITERATURA

- Baker, S. M.; Mann, R. (1994.): Description of metamorphic phases in the oyster *Crassostrea virginica* and effects of hypoxia on metamorphosis. *Marine ecology progress series*, 104, 91-99.
- Breitbart, D. L.; Hondorp, D.; Audemard, C.; Carnegie, R. B.; Burrell, R. B.; Trice, M. et al. (2015.): Landscape-level variation in disease susceptibility related to shallow-water hypoxia. *PLoS ONE*, 10, e0116223.
- Campbell, A. H.; Meritt, D. W.; Franklin, R. B.; Boone, E. L.; Nicely, C. T.; Brown, B. L. (2011.): Effects of age and composition of field-produced biofilms on oyster larval setting. *Biofouling*, 27, 255-265.
- Committee on Environment and Natural Resources (2010.): Scientific assessment of hypoxia in U.S. coastal waters. *Report of Interagency working group on harmful algal blooms, hypoxia, and human health of the Joint subcommittee on ocean science and technology*. Washington, DC.
- Culloty, S. C.; Mulcahy, M.F. (2007.): *Bonamia ostreae* in the native oyster *Ostrea edulis*. A Review. *Marine environment and health series* 29, 1-36.
- Davies, H.; Guillard, R.R. (1958.): Relative value of ten generations of microorganisms as foods for oyster and clam larvae. *Fishery bulletin of the United States fish and wildlife service*, 58, 293 - 304.
- Diaz, R. J.; Breitbart, D.L. (2009.): The hypoxic environment. U: Richards, J. G.; Farrell, A. P.; Brauner, C. J. (urednici) *Fish physiology Vol.27*. Academic Press, Amsterdam, 1-23.
- Fisheries and Aquaculture Department of FAO (2016.): Report on *Ostrea edulis*, *Cultured aquatic species information programme*, FAO, Paris.
- Glamuzina, B. (2006.): Proizvodnja mlađi malostonske kamenice. *Izveštaj VIP projekta Ministarstva poljoprivrede i šumarstva*, IOR, Split, 1-27.
- Horváth, A.; Kuzman, A.; Bubalo, A.; Bartulović, V.; Patakiné Várkonyi, E.; Urbányi, B.; Glamuzina, B. (2013.): Karyological study reveals a putatively distinctive population of the european flat oyster (*Ostrea edulis*) in Mali Ston Bay, Croatia. *Acta adriatica*, 54, 111 - 116.
- Kaschner, L.; Ready, J.; Agbayani, E.; Eastwood, P.; Rees, T.; Reyes, L.; Rius, J.; Froese, R. (2007.): *AquaMaps: standardized range maps of marine species*. Pronađeno 30.10.2016 na: http://www.obis.org.au/cgi-bin/cs_map.pl
- Klaveness, D. (1990.): Size structure and potential food value of the plankton community to *Ostrea edulis* L in a traditional Norwegian "Østerspoll". *Aquaculture*, 86, 231 - 247.
- Kršinić, F.; Čalić, M.; Carić, M. (2016.): The population structure of planktonic protists and small metazoans in Mali Ston Bay (Adriatic Sea) - implications for determination of trophic state and shellfish culturing potential. *Acta adriatica*, 57, 17 - 38.
- Lallias, D.; Boudry, P.; Lapègue, S.; King, J. W.; Beaumont, A. R. (2010.): Strategies for the retention of high genetic variability in european flat oyster (*Ostrea edulis*) restoration programmes. *Conservation genetics*, 1, 1899.-1910.
- Langdon, C. J.; Newell, R. I. E. (1990.): Utilization of detritus and bacteria as food sources by two bivalve suspension - feeders, the oyster *Crassostrea virginica* and the mussel *Geukensia demissa*. *Marine ecology progress series*, 58, 299 - 310.
- Marasović, I.; Pucher-Petković, T. (1981.): Promjene produkcijskih prilika u Malostonskom zaljevu nakon 17-godišnjeg perioda. U: Roglić, J.; Meštrov, M. (urednici) *Zbornik radova savjetovanja „Malostonski zaljev, prirodna podloga i društveno valoriziranje“*, HAZU, Zagreb, 89-107.
- Masson, M. (1977.): Observations sur la nutrition des larves de *Mytilus galloprovincialis* avec des aliments inertes. *Marine Biology*, 40, 157 - 164.
- Neill, C.; Elsenbeer, H.; Krusche, A.V.; Lehmann, J.; Markewitz, D.; Figueiredo, R. de O. (2006.): Hydrological and biogeochemical processes in a changing Amazon: results from small watershed studies and the large-scale biosphere-atmosphere experiment. *Hydrological processes*, 20, 2467-2476.
- Ninčević Gladan, Ž.; Marasović, I.; Grbec, B.; Skejić, S.; Bužančić, M.; Kušpilić, G.; Matijević, S.; Matić, F. (2010.): Inter-decadal variability in phytoplankton community in the middle Adriatic (Kaštela Bay) in relation to the North Atlantic Oscillation. *Estuaries and coasts*, 33, 376-383.
- Perakis, S. S. (2002.): Nutrient limitation, hydrology and watershed nitrogen loss. *Hydrological processes*, 16, 3507-3511.
- Rauš, Đ. (1981.): Vegetacijske značajke uže okolice Malostonskog zaljeva. U: Roglić, J., Meštrov, M. (urednici) *Zbornik radova savjetovanja „Malostonski zaljev, prirodna podloga i društveno valoriziranje“*, HAZU, Zagreb, 27-39.
- Roglić, J.; Meštrov, M. (ur.) (1981.): *Savjetovanje Malostonski zaljev, prirodna podloga i društveno valoriziranje*. JAZU, Zagreb.
- Staehr, P. A.; Sand-Jensen, K.; Raun, A. L.; Nilsson, B.; Kidmose, J. (2010.): Drivers of metabolism and net heterotrophy in contrasting lakes. *Limnology and oceanography*, 55, 817-830.
- Viličić, D. (2014.): *Ecology and composition of phytoplankton in the Adriatic Sea*. Koeltz Scientific Books, Koenigstein, Germany.
- Viličić, D.; Jasprica, N.; Carić, M.; Burić, Z. (1998.): Taxonomic composition and seasonal distribution of microphytoplankton in Mali Ston Bay (eastern Adriatic). *Acta botanica croatica*, 57, 29-48.
- Viličić, D.; Mušin, D.; Jasprica, N. (1994.): Interrelations between hydrographic conditions, nanoplankton and bivalve larvae in the Mali Ston Bay (southern Adriatic). *Acta Adriatica*, 34, 55 - 64.
- Walne, P. R. (1965.): Observations of the influence of food supply and temperature on the feeding and growth of larvae of *Ostrea edulis* L. *Fishery Investigation London*, Ser. 2, 24, 1 - 45.