

Masovni pomori plemenite periske (*Pinna nobilis* Linnaeus, 1758) u Sredozemnom moru

Petrokov, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:217:290858>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-19**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Masovni pomori plemenite periske (*Pinna nobilis* Linnaeus,
1758) u Sredozemnom moru

Mass mortality events of the noble pen shell (*Pinna nobilis*
Linnaeus, 1758) in the Mediteranean Sea

SEMINARSKI RAD

Luka Petrokov

Preddiplomski studij biologije

Undergraduate Study of Biology

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli

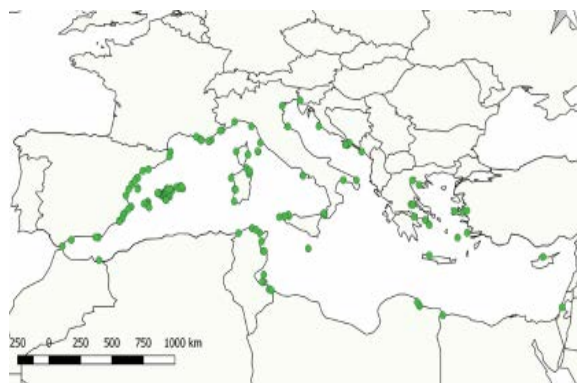
Zagreb, 2020.

1. UVOD.....	1
2. OSNOVNI BIOLOŠKI PODACI O PLEMENITIJ PERISKI.....	2
3. ANTROPOGENI I OKOLIŠNI STRESORI.....	4
4. PATOGENI DO SADA ZABILJEŽENI U MASOVNIM POMORIMA PERISKE....	6
4.1. <i>Haplosporidium pinnae</i>	6
4.2. <i>Mycobacterium</i> sp.....	6
4.3. <i>Vibrio mediterannei</i>	7
5. RAŠIRENOST MASOVNIH UGIBANJA PERISKE U SREDOZEMNOM MORU...8	8
5.1. Obala Španjolske.....	8
5.2. Tirensko more.....	9
5.3. Jonsko more.....	10
5.4. Egejsko more.....	10
6. STANJE U JADRANSKOME MORU.....	12
7. POSTUPCI U CILJU OČUVANJA VRSTE.....	13
8. ZAKLJUČCI.....	14
9. LITERATURA.....	15
10. SAŽETAK.....	17
11. SUMMARY.....	17

1. UVOD

U živome je svijetu proteklih desetljeća zabilježen rastući broj masovnih pomora (MP, na engleskom *mass mortality event, MME*). Dio biologa ovo razdoblje naziva i šestim-holocenskim masovnim izumiranjem. Uzrok rastu toga broja traži se u ljudskim aktivnostima, čije su posljedice vidljive u aspektu zagađenja i klimatskih promjena. MP je definiran kao demografska katastrofa u kojoj u relativno kratkom periodu dolazi do znatnog smanjenja brojnosti neke vrste. Takav događaj može vrstu dovesti pred izumiranje, a izgledne su i promjene u ekosustavu. MP mogu rezultirati uklanjanjem više od 90% populacije neke vrste, ostavljajući za sobom i do 700 milijuna tona mrtve biomase (Fey i sur. 2014). Ono što masovne pomore razlikuje od onih lokalnih su šire područje koje se nalazi pod ugrozom, postotak ukupnih populacija zahvaćenih pomorom te mogućnost da se pomor proširi na veće područje.

Jedna od najugroženijih skupina organizama zahvaćena ovim događajima zasigurno su morski beskralješnjaci (Fey i sur. 2014). Kroz povijest, školjkaši su već bivali pogođeni masovnim pomorima, bilo to u uzgajalištima (kao u slučaju pacifičke kamenice, *Crassostrea gigas* Thunberg, 1793) ili na nekom ograničenom lokalitetu (pomor *Crassostrea virginica* Gmelin, 1791 u zaljevu Delaware), no još nije zabilježeno nijedno koje se proširilo toliko brzo i zahvatilo ovoliki broj jedinki/populacija kao što se to događa kod školjkaša *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758. U periodu od svega četiri godine, masovni pomori plemenite periske primijećeni su u gotovo svim dijelovima Sredozemnog mora. Cilj ovog seminara je dati pregled dosad prikupljenih znanja o ovoj dramatičnoj pojavi, koja vrstu dovodi na rub izumiranja.



Slika 1. Distribucija zdravih populacija *Pinna nobilis* prije zabilježenih masovnih pomora (preuzeto iz Marrocco i sur. 2019)

2. OSNOVNI BIOLOŠKI PODACI O PLEMENITOJ PERISKI

Plemenita periska morski je školjkaš, endem Sredozemnog mora (slika 1.). Većina jedinki dosegne visinu između 15 i 35 centimetara (Vázquez-Luis i sur. 2017), a najveća zabilježena visina bila je 120 centimetara, te je plemenita periska najveći školjkaš u Sredozemnom moru. Ljuštura je trokutastog oblika, a svojim anteriornim dijelom djelomično je ukopana u supstrat, pričvršćujući se u njemu bisusnim nitima.

Vrsta obitava u obalnom i priobalnom pojasu na dubinama od 0,5 do 60 metara. Ima važnu ekološku ulogu jer filtrira morsku vodu i zadržava velike količine raspadnute organske tvari, čime doprinosi povećanju prozirnosti morske vode (Öndes i sur. 2018), a algama, spužvama i drugim beskralješnjacima pruža podlogu za kolonizaciju u područjima mekog morskog dna. Najčešće stanište koje nastanjuje plemenita periska livade su morske cvjetnice *Posidonia oceanica*, no može je se naći i u livadama drugih cvjetnica, *Zoostera marina* i *Cymodocea nodosa* (slika 2.; Öndes i sur. 2018). Periske nastanjuju još mnogo različitih podloga, među kojima i pijesak koji je siromašan vegetacijom, stvarajući tako svojom školjkom jedinu čvrstu podlogu na tome području. Nije vjerojatno da će obitavati na muljevitim sedimentima (Kersting i sur.2019)

Plemenita periska dugoživuća je vrsta čiji životni vijek može premašiti 50 godina (Prado i sur. 2019). Opisana je kao sukcesivni i asinkronizirani hermafrodit. Taj pojam označava da se muške i ženske gamete u okoliš otpuštaju serijski u istom periodu mriještenja. Razvoj spolova nije sinkroniziran, odnosno jedan spol će uvijek biti uznapredovao u odnosu na drugi (Kersting i sur. 2019). To ima za posljedicu da su mlađe jedinke većinom mužjaci, a one starije ženke. Idealni uvjeti za reprodukciju su kada je okolna voda toplija od 20 °C, što se postiže u mjesecima između svibnja i kolovoza. Što su jedinke bliže smještene, veća je mogućnost da se jajašca oplode, odnosno periske koje se nalaze u bližoj okolini imaju najveće izgleda da budu roditelji iduće generacije. Ličinke žive kao plankton, a ličinačka faza može potrajati i do mjesec dana (Kersting i sur. 2019). Nakon određenog vremena postaju preteške pa padaju na dno. Kao juvenilna jedinka, plemenita periska veoma je izložena predaciji. Posljedično, populacije periski čine većinom starije jedinke. Za održavanje postojećih populacija plemenite periske važno je preživljavanje starijih jedinki, te je takva spora dinamika populacija i spora stopa rasta čine osjetljivom na negativne uvjete okoliša kojima je sve više izložena u novije doba.

Pinna nobilis je zbog dugotrajnog iskorištavanja u komercijalne svrhe, kao i one kulinarske, zaštićena po Zakonu o zaštiti prirode, te se nalazi u Prilogu 1. Pravilnika o strogo zaštićenim vrstama. Također, nalazi se pod strogom zaštitom prema Direktivi o staništima EU, a zakonom je zaštićena i prema protokolima Barcelonske konvencije. Vrsta se nalazi i na IUCN-ovoj „Crvenoj listi“ kritično ugroženih vrsta (*International Union for Conservation of Nature*).



Slika 2. Zdrava populacija plemenite periske u svom prirodnom okruženju
(Dugi otok, 2016. godine, snimila T. Bakran-Petricioli)

3. ANTROPOGENI I OKOLIŠNI STRESORI

Prije nego li su pogođene novim masovnim pomorima, u populacijama plemenite periske u više su navrata zabilježeni veliki padovi u brojnosti jedinki. Smatra se da je primarni uzrok takvim opadanjima čovjek i njegove aktivnosti u obalnom području, dok su okolišni faktori imali u njima tek sekundarnu ulogu (Basso i sur. 2015).

Iskorištavanje plemenitih periski radi bisusnih niti seže duboko u ljudsku povijest. Grci, Babilonci i Rimljani od njih su izrađivali tzv. „morsku svilu“, skupocjenu tkaninu nalik na svilu. Imati ju u vlasništvu bio je simbol važnosti u tadašnjem društvu, a neki vjeruju da je ta fina tkanina temelj za grčki mit o Jasonovoj potrazi za zlatnim runom. Iako je zakonom zaštićena, na nekim dijelovima mediteranske obale (Grčka, Cipar) njeno meso poslužuje se kao kulinarska delicija, može poslužiti kao mamac za ribu, a njena se ljuštura iskorištava i kao ukras (Kersting i sur. 2019).

Čovjek svojim indirektnim djelovanjem također ima veliku ulogu u uništavanju populacija plemenite periske. Sidrenje i kočarenje su ljudske aktivnosti kojima se čini velika šteta u naseljima periske, što dovodi do smanjenja gustoće jedinki na određenim područjima (Deudero i sur. 2015). Komercijalne ljudske aktivnosti, poput nasipavanja plaža i gradnja novih marina također dovode do smanjenog broja populacija ovog školjkaša.

Hydrodinamika mora može biti bitan faktor u preživljavanju jedinki u plićacima. Valovi utječu na zalihe hrane, no oni snažniji mogu iščupati jedinku iz podloge i time dovesti do njene smrti (Kersting i sur. 2019). Livade morske cvjetnice *Posidonia oceanica* mogu u plićem moru djelovati kao sklonište jedinkama, te tako umanjiti snažan utjecaj valova (Deudero i sur. 2015).

Fragmentacija i degradacija primarnih staništa plemenite periske, livada posidonije, izravno djeluju na opadanje brojnosti populacija ovog školjkaša. Površina livada morskih cvjetnica smanjuje se zagrijavanjem mora, a njihova spora stopa rasta ne ide u prilog obnavljanju staništa. Eksperimentalno nije dokazano da sadašnji stupanj acidifikacije mora ima negativan učinak na plemenitu perisku (Basso i sur. 2015)

Globalne promjene djeluju pogodno na širenje raznih invazivnih makroalgi, kao npr. vrsta roda *Caulerpa* i *Lophocladia lallemandii* (Montagne) F.Schmitz, 1893. *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J.Agardh, 1873 i *Caulerpa taxifolia* (M.Vahl) C.Agardh, 1817 agresivno se šire na livade morskih cvjetnica čime reduciraju staništa plemenite periske. *L. lallemandii*

inducira stanje fiziološkog stresa i oksidativnih oštećenja na jedinkama periski (Basso i sur. 2015), čime postaju dodatno osjetljive na ostale negativne uvjete okoliša.

Obična hobotnica (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) smatrana je glavnim predatorom nad *Pinnom nobilis*. Ne napadaju samo juvenilne jedinke, već i odrasle, na način da vrebaju njihovo otvaranje ljuštura, potom se hraneći mekim tkivom. Ostali važni predatori su puž *Hexaplex trunculus* Linnaeus, 1758 te orada (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758), koja je velika prijetnja juvenilnim periskama (Basso i sur. 2015)

4. PATOGENI DO SADA ZABILJEŽENI U MASOVNIM POMORIMA PERISKE

4.1. *Haplosporidium pinnae*

Analizirajući jedinke na samrti uzete sa španjolskog područja, Vázquez-Luís i sur. (2017) pronašli su haplosporidijskog patogena za kojega je pretpostavljeno da je primarni uzročnik masovnih pomora u španjolskom priobalju. Detaljnije molekularne analize proveli su Catanese i sur. (2018). Isti patogen nije pronađen kod vrste *Pinna rudis*, vrste zajedničkog roda *Pinna* koja nastanjuje ista područja kao plemenita periska. Zaključeno je kako se radi o vrsnospecifičnoj vrsti, nazvanoj *Haplosporidium pinnae* sp. nov. (Catanese i sur. 2018). Vrsta uzrokuje infekciju u epitelnim stanicama cjevčica probavne žlijezde, čime neposredno ometa efikasnu apsorpciju hrane. Posljedično to dovodi do izgladnjenosti periske, a potom i smrtnog ishoda. Takva varijanta infekcije iznimka je kod haplosporidija, čija se proliferacija stanica u većini slučajeva događa u hemalnim prostorima i vezivnom tkivu domaćina (Catanese i sur. 2018). Jedinke na samrti pokazuju nespecifične znakove infekcije kao što su redukcija plašta, dugotrajno zatvaranje ljuštura, spora reakcija zatvaranja ljuštura nakon dodira (slika 3), slaba snaga zatvaranja te otvaranje ljuštura nedugo nakon zatvaranja (Lopez-Sanmartín i sur. 2019). Porijeklo patogena još nije istraženo, ali pretpostavlja se da je mogao biti simbiot koji je simbiotski način života zamijenio parazitskim ili se radi o novom patogenu na ovom području (González-Wangüemert i sur. 2017). Spore *Haplosporidium pinnae* vjerojatno se šire regionalnim površinskim strujama (Cabanellas-Reboredo i sur. 2019).

4.2. *Mycobacterium* sp.

Histopatološka i molekularna ispitivanja Carella i sur. (2019) otkrila su novog uzročnika masovnih pomora plemenitih periski u Tirenskom moru, *Mycobacterium* sp. *Mycobacterium* je rod aktinobakterija koji uključuje više od 150 vrsta, a razvijaju široku lepezu bolesti kod životinja i ljudi (Lattos i sur. 2020). Bolesne jedinke pokazivale su anomalije u obliku povučeniosti plašta, poteškoće u zatvaranju ljuštura i vodom ispunjenih cista. Infekcija se na mikroskopskoj razini vidi u obliku upalnih lezija, nodularnih nakupina u imunim stanicama domaćina. Ona je primarno vidljiva u području vezivnog tkiva koje okružuje gonade i probavnu žlijezdu, a hemolimfom se dodatno može proširiti na područja plašta i škrge (Lattos i sur. 2020).



Slika 3. Prikazana je karakteristično otvorena ljuštura bolesne jedinke nakon podražaja dodirom (preuzeto s <https://www.rtl.hr/vijesti-hr/novosti/hrvatska/3614921/endem-jadrana-uginula-i-posljednja-periska-u-parku-prirode-telascica/>)

4.3. *Vibrio mediterranei*

Vibrio mediterranei Pujalte and Garay 1986 patogen je široke rasprostranjenosti, a njegovi različiti sojevi zabilježeni su kod velikog broja domaćina (koralji, ribe, plankton, školjkaši i dr.). Prado i sur. (2020) pronašli su povećani broj zaraza ovom bakterijom kod jedinki *P. nobilis* koje su držane u akvarijskim uvjetima. *V. mediterranei* oportunistički je patogen koji u povoljnim uvjetima i pri prisutnom fiziološkom stresu jedinke lakše zaražava plemenitu perisku. Infekcije jedinki dolazile su do vrhunca ljeti kada je temperatura vode iznosila 25 °C (Prado i sur. 2020).

5. RAŠIRENOST MASOVNIH UGIBANJA PERISKE U SREDOZEMNOM MORU

U razdoblju od svega 18 mjeseci, masovni pomori zabilježeni 2016. i početkom 2017. godine na obalama zapadnog Sredozemnog mora (obale Španjolske, Francuske, Italije i Tunisa) proširili su se na obale istočnog Sredozemlja. Tijekom 2018. uočeni su pomori diljem Grčke, Turske, Cipra i Malte, a 2019. masovni pomori počeli su se događati i u Jadranskom moru, na obalama Albanije i Hrvatske (Kersting i sur. 2019, slika 4).

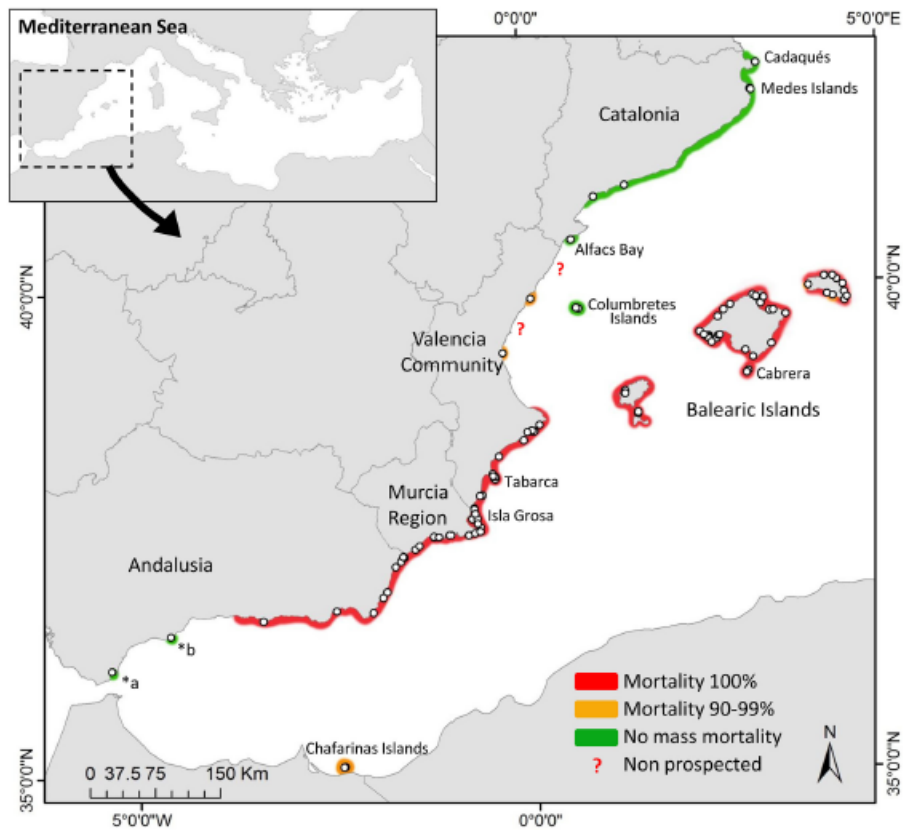


Slika 4. Raširenost masovnih pomora u Sredozemnom moru u lipnju 2019. godine (preuzeto iz Kersting i sur. 2019)

5.1. Obala Španjolske

Početkom jeseni 2016. gotovo istovremeno je na nekoliko područja (udaljenosti od više stotina kilometara) zabilježen masovni pomor u populacijama plemenitih periski koji je dosegao 90%. Radilo se o obalama Andaluzije, Murcije, Alicantea i Balearskog otočja (Formentera i Ibiza). Nedugo zatim, pomori su otkriveni i na ostalim otocima Baleara; Mallorci, Menorci i Cabreri (Vázquez-Luis i sur. 2017, slika 5). Stopostotni pomori zabilježeni su na istim lokalitetima nekoliko mjeseci kasnije, a uzročnik ovih pomora bio je *Haplosporidium pinnae*. Na obalama Katalonije sve do 2019. nisu zabilježeni pomori, kada su prvi puta Carella i sur. (2020) pronašli inficirane jedinke. Radilo se o mikobakteriozi, dok su haplosporidiji i bakterije roda *Vibro* bili manje prisutni. Zaljev Fangar i laguna Mar Menor (u

svakom je zabilježeno oko 100 jedinki plemenite periske) jedina su dva lokaliteta na području Španjolske gdje nisu zabilježene infekcije. U zaljevu Alfacs populacija jedinki u blizini okolnog mora zahvaćena je pomorima, dok je ostatak zaljeva ostao netaknut bolešću (Prado i sur. 2020).



Slika 5. Prvi val širenja masovnih pomora koji je zahvatio područje južne i jugoistočne obale Španjolske (preuzeto iz Vázquez-Luis i sur. 2017)

5.2. Tirensko more

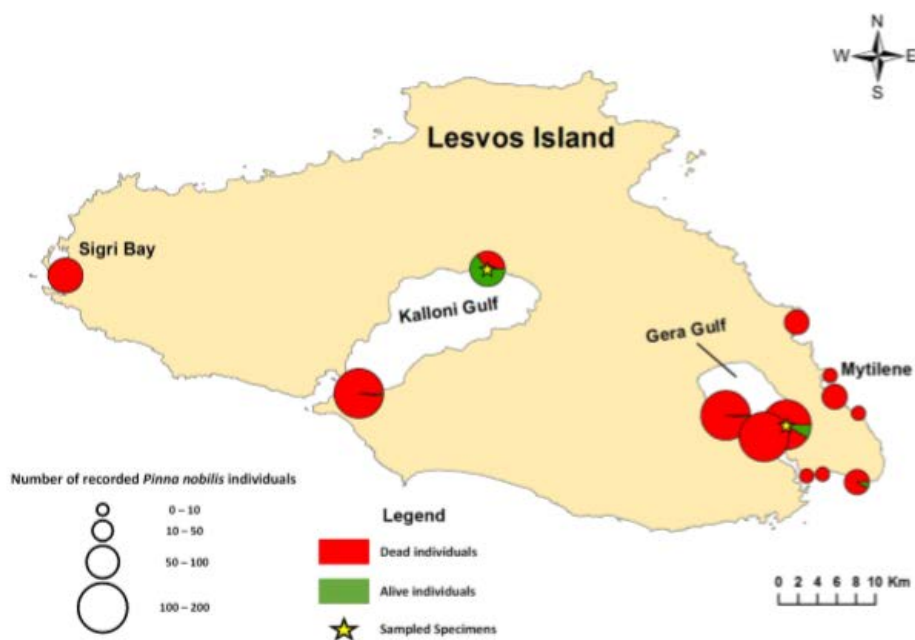
Na obalama Italije ronjoci su već 2016. primijetili prve pomore *P. nobilis* u Tirenskom moru. Početkom 2017. masovni pomori zabilježeni su u regijama Kampanje i Sicilije, a Carella i sur. (2019) objavili su da se radi o prvim zabilješnim slučajevima mikobakterioze plemenitih periski. Istraživanje Carella i sur. (2020) pokazalo je nove zaraze s *Haplosporidium pinnae* i *Mycobacterium* sp. na području Kampanje, Pulje, Sardinije i Toskane. Pronađena je i vrsta *Vibrio alginolyticus* (Miyamoto et al. 1961) Sakazaki, 1968 u jedinci prikupljenoj u Toskani. Također, patogeni koji pripadaju u rod *Perkinsus* pronađeni su u dva od tri uzorka prikupljena na Sardiniji.

5.3. Jonsko more

U Tarantskom su zaljevu posljednjih desetak godina populacije plemenite periske bile pod strogom zaštitom, što je dovelo do njihovog obnavljanja. U rano ljeto 2018. pronađeno je oko 3000 uginulih jedinki, a histološka ispitivanja pokazala su različite razvojne stadije *Haplosporidium pinnae* u dijelovima probavne žlijezde i plašta (Tiscar i sur. 2019).

5.4. Egejsko more

U zaljevima Kalloni i Gera na otoku Lezbosu (slika 6) obitavale su do 2018. dvije najveće populacije plemenitih periski u Egejskome moru (populacija u zaljevu Gera brojila je više od 215 tisuća jedinki). Katsanevakis i sur. (2019) istražili su 2018. masovne pomore u zaljevima otoka Lezbos. Kod populacija u zaljevu Gera i južnom području zaljeva Kalloni zabilježen je gotovo stopostotni pomor jedinki, dok na unutrašnjoj strani zaljeva Kalloni nije pronađen povećani broj uginulih jedinki. Ispitivanja su ukazala na *Haplosporidium pinnae* kao uzročnika pomora, a stanice različitih razvojnih stadija ovog parazita u velikom su broju pronađene u epitelu probavne žlijezde, dok su u manjoj količini nađene i u vezivnom tkivu probavne žlijezde i vezivnom tkivu mišića.



Slika 6. Prikaz zabilježenih masovnih pomora (prikazanih u kružnim dijagramima crvenom bojom) na karti otoka Lezbosa (preuzeto iz Katsanevakis i sur. 2019)

Zbog pritoka okolnih rijeka u zaljev Thermaikos, u njemu se nalazi bujan svijet školjkaša. qPCR rezultati Lattos i sur. (2020) pokazali su povećanu razinu patogena (*Mycobacterium* sp. i *H. pinnae*) u jedinkama plemenite periske. Iznenadujuće, jedinke su bile zdrave i nisu pokazivale nikakve znakove bolesti, a većih zabilježenih pomora periski u zaljevu Thermaikos nije bilo.

6. STANJE U JADRANSKOME MORU

Vjerovalo se kako će geomorfološki položaj i drugačije ekološke karakteristike Jadranskog mora doprinijeti zaklanjanju od doticaja s masovnim pomorima u Sredozemnom moru (Čižmek i sur. 2020). Obale Jadranskog mora do svibnja 2019. bile su bez zapaženih masovnih pomora plemenitih periski. Tada su Čižmek i sur. (2020) zabilježili prve pomore na samom jugu hrvatske obale, na Elafitskim otocima. U tri uvale na otocima Koločep i Šipan zabilježena je smrtnost od 36 do 74%. Prema rezultatima obavljenih terenskih pregleda, masovni pomori zabilježeni su nakon toga na otocima (na području od Elafitskih otoka do Silbe i Premude), ali i duž obale, od Dubrovnika do Zadra. Histološke i molekularne metode pokazale su prisutnost *Haplosporidium pinnae* u svim ispitivanim uzorcima. U nekim je uzorcima pronađena dodatna infekcija bakterijama *Mycobacterium* sp. i Gramm-negativnim bacilima (Čižmek i sur. 2020). Masovni pomori sa stopostotnom smrtnošću zahvatili su do listopada 2019. južnu stranu poluotoka Pelješca, Lastovsko otočje, Viški arhipelag, Park Prirode Telašćica (Dugi otok). Tada su još sve populacije na sjeveru Jadrana bile žive i naizgled zdrave (nisu pokazivale nikakve znakove bolesti).

Infekcijama pogoduju povišena temperatura mora, te je za pretpostaviti ulazak patogena u Jadran toplom morskom strujom koja ulazi s područja Jonskog mora, gdje su prethodno već zabilježeni masovni pomori. Razvedenost hrvatske obale i snižene zimske temperature mora (ispod 13 °C) usporile su širenje bolesti. Prognoze su da će do kraja ljeta 2020. bolest plemenitih periski biti proširena morskim strujama do krajnjeg sjevera Jadranskog mora (Čižmek i sur. 2020). Zaista, u lipnju 2020. Bakran-Petricioli i sur. zabilježili su masovni pomor periski koji se upravo događao u Nacionalnom Parku Brijuni (Bakran-Petricioli, neobjavljeni podaci).

7. POSTUPCI U CILJU OČUVANJA VRSTE

Planovi i programi osmišljeni u svrhu očuvanja vrste plemenite periske već su u tijeku. Pošto *in situ* liječenje ovih organizama nije moguće (zbog moguće veće štete koju bi to nanijelo kvaliteti morske vode i drugim organizmima), spriječiti širenje bolesti nije moguće. Aktivnosti koje se poduzimaju preventivne su prirode, a baziraju se na *ex situ* uzgoju periski te praćenju zdravih i bolesnih populacija plemenitih periski.

Praćenje stanja okoliša (*monitoring*) posebno je važno tijekom ljetnih mjeseci kada je prisutna najveća stopa zaraze zdravih jedinki. Građani se mogu uključiti u aktivnost mapiranja, odnosno bilježenja mjesta na kojima se nalaze zdrave populacije plemenitih periski u velikoj gustoći (više od 20 jedinki na 100 m²).

Populacije *P. nobilis* u lagunama i zaljevima (zaljevi Kalloni, Fangar, Thermaikos i dr.) koje nisu zahvaćene infekcijama važne su za razumijevanje uvjeta u kojima su jedinke manje podložne zarazi patogenima. Oni zasad nisu utvrđeni, no pretpostavlja se da visok ili nizak salinitet te relativno niska temperatura djeluju kao „prepreka“ patogenima (Cabanellas-Reboredo i sur. 2019). Područja s takvim ekološkim uvjetima bila bi pogodna za prirodnu repopulaciju i promicanje preživljavanja juvenilnih jedinki

Potrebno je daljnje istraživanje biološkog ciklusa plemenite periske. Jedinke koje su pronađene žive u inficiranim populacijama razvile su određenu otpornost prema patogenima. One mogu biti ključne u selektivnom razmnožavanju, odnosno razvoju jedinki otpornih na bolesti.

Ex situ uzgoj jedinki u akvarijima metoda je kojom se povećavaju izgledi za prezervaciju ove vrste. Takve mjere poduzete su u Španjolskoj, a na našem području u akvarijima u Dubrovniku i Puli. Time je omogućeno bolje istraživanje reproduktivnog ciklusa plemenite periske. Tijekom 2020. pokrenuta je inicijativa za prikupljanje mlađi kolektorima (Bakran-Petricioli, usmeno priopćenje) te su već na više mjesta u Jadranu postavljeni kolektori. U inicijativi sudjeluje niz znanstvenika sa hrvatskih instituta i sveučilišta.

Jedinke koje se premještaju sa svojeg prirodnog staništa u kontrolirane uvjete ne smiju biti inficirane patogenima. Za detekciju patogena u jedinkama korisna metoda je qPCR. To je visokospecifična metoda koja može detektirati do nekoliko molekula ciljane DNA. Kontrolom periski smanjuje se ugroza ostalih jedinki prisutnih u akvarijima (Lopez-Sanmartín i sur. 2019). Temperature u kojima se periske nalaze u akvarijima trebaju biti u rasponu od 15 °C do 18 °C, kako bi se izbjegla infekcija bakterijom *Vibrio mediterranei* (Prado i sur. 2020).

8. ZAKLJUČCI

Masovni pomori plemenite periske u relativno su kratko vrijeme zahvatili cijelo područje Sredozemlja te drastično umanjili brojnost ove vrste, a različiti patogeni na udaljenim mjestima ukazuju na kompleksnost ovih pomora. Potrebno je provesti iscrpno istraživanje o primarnom, zajedničkom uzroku koji je jedinkama plemenite periske umanjio otpor za patogene.

Jedinki koje će preživjeti pomore i biti otporne na infekcije neće biti mnogo. One će biti raštrkane i udaljene jedna od druge, što umanjuje izgleda za uspješnu vanjsku oplodnju. Takve jedinke potrebno je pronaći i omogućiti im reprodukciju. Ukoliko se takve jedinke uspješno reproduciraju, one i dalje imaju slabe izgleda za preživljavanje zbog njihove ranjivosti.

Carella i sur. (2020) dokazali su prisutnost više uzročnika zaraze u pojedinim jedinkama. Zajednička infekcija različitih patogena može dovesti do scenarija da učinci dvaju patogena budu potisnuti, jedan bude pojačan, a drugi potisnut, ili da učinak obaju patogena bude povećan njihovom zajedničkom infekcijom u istoj jedinki.

Ex situ uzgoj plemenitih periski zasad izgleda kao opcija koja ovoj vrsti daje najviše izgleda za opstanak. Ukoliko broj jedinki u prirodnom okolišu bude premalen za uspješnu reprodukciju, slabe su mogućnosti prirodnog obnavljanja populacija. S pažljivim i kontroliranim uzgojem periski u akvariju stvaraju se preduvjeti za njihovu buduću reintegraciju u prirodna staništa kada uvjeti to budu dopuštali.

Izumiranja vrsta sastavni su dio života na Zemlji, a objašnjena su kroz mehanizam prirodne selekcije. Moguće izumiranje plemenite periske ne bi se smjelo gledati kao jedno u nizu izumiranja vrsta, već pokazatelj promjena kojima su zahvaćena morska staništa. Stanje populacija plemenitih periski, koje mnogi znanstvenici smatraju indikatorima zdravlja mora, naznaka je mogućih ekoloških promjena koje će zahvatiti život u moru zbog djelovanja ljudi i klimatskih promjena.

9. LITERATURA

- Basso L, Vázquez-Luis M, García-March JR, Deudero S, Alvarez E, Vicente N, Duarte CM, Hendriks IE 2015. The pen shell, *Pinna nobilis*: A review of population status and recommended research priorities in the Mediterranean Sea. *Advances in marine biology*, **71**:109-160.
- Cabanellas-Reboredo M, Vázquez-Luis M, Mourre B, Álvarez E, Deudero S, Amores Á, Addis P, Ballesteros E, Barrajón A, Coppa S, García-March JR 2019. Tracking a mass mortality outbreak of pen shell *Pinna nobilis* populations: A collaborative effort of scientists and citizens. *Scientific reports*, **9**:13355, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49808-4>
- Carella F, Aceto S, Pollaro F, Miccio A, Iaria C, Carrasco N, Prado P, De Vico G. 2019. A mycobacterial disease is associated with the silent mass mortality of the pen shell *Pinna nobilis* along the Tyrrhenian coastline of Italy. *Scientific reports*, **9**:2725, <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37217-y>
- Carella F, Antuofermo E, Farina S, Salati F, Mandas D, Prado P, Panarese R, Marino F, Fiocchi E, Pretto T and De Vico G 2020. In the Wake of the Ongoing Mass Mortality Events: Co-occurrence of *Mycobacterium*, *Haplosporidium* and Other Pathogens in *Pinna nobilis* Collected in Italy and Spain (Mediterranean Sea). *Frontiers in Marine Science*, **7**:48, doi: 10.3389/fmars.2020.00048
- Catanese G, Grau A, Valencia JM, Garcia-March JR, Vázquez-Luis M, Alvarez E, Deudero S, Darriba S, Carballal MJ, Villalba A, 2018. *Haplosporidium pinnae* sp. nov., a haplosporidan parasite associated with mass mortalities of the fan mussel, *Pinna nobilis*, in the Western Mediterranean Sea. *Journal of invertebrate pathology*, **157**:9-24.
- Čižmek H, Čolić B, Gračan R, Grau A, Catanese G. 2020. An emergency situation for pen shells in the Mediterranean: the Adriatic Sea, one of the last *Pinna nobilis* shelters, is now affected by a mass mortality event. *Journal of Invertebrate Pathology*, **173**:107388, <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107388>
- Deudero S, Vázquez-Luis M, Alvarez E. 2015. Human stressors are driving coastal benthic long-lived sessile fan mussel *Pinna nobilis* population structure more than environmental stressors. *PloS one*, **10**(7), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134530>
- Fey, S.B., Siepielski, A.M., Nusslé, S., Cervantes-Yoshida, K., Hwan, J.L., Huber, E.R., Fey, M.J., Catenazzi, A. and Carlson, S.M., 2015. Recent shifts in the occurrence, cause, and magnitude of animal mass mortality events. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **112**(4): 1083-1088.
- González-Wangüemert M, Basso L, Balau A, Costa J, Renault L, Serrão EA, Duarte CM, Hendriks IE, 2019. Gene pool and connectivity patterns of *Pinna nobilis* in the Balearic Islands (Spain, Western Mediterranean Sea): Implications for its conservation through restocking. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **29**(2):175-188.
- Katsanevakis S, Tsirintanis K, Tsaparis D, Doukas D, Sini M, Athanassopoulou F, Kolygas MN, Tontis D, Koutsoubas D, Bakopoulos V. 2019. The cryptogenic parasite *Haplosporidium pinnae* invades the Aegean Sea and causes the collapse of *Pinna nobilis* populations. *Aquatic Invasions* **14**(2):150-164.
- Kersting D, Benabdi M, Čižmek H, Grau A, Jimenez C, Katsanevakis S, Öztürk B, Tuncer S, Tunesi L, Vázquez-Luis M, Vicente N, Otero Villanueva M 2019. *Pinna nobilis*. The IUCN

Red List of Threatened Species.

<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20193.RLTS.T160075998A160081499.en>

- Lattos A, Giantsis IA, Karagiannis D, Michaelidis B. 2020. First detection of the invasive Haplosporidian and Mycobacteria parasites hosting the endangered bivalve *Pinna nobilis* in Thermaikos Gulf, North Greece. *Marine Environmental Research*. **155**:104889, <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104889>
- López-Sanmartín M, Catanese G, Grau A, Valencia JM, García-March JR, Navas JI 2019. Real-Time PCR based test for the early diagnosis of *Haplosporidium pinnae* affecting fan mussel *Pinna nobilis*. *PLoS one*, **14**(2), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212028>
- Marrocco V, Zangaro F, Sicuro A, Pinna M 2019. A scaling down mapping of *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) through the combination of scientific literature, NATURA 2000, grey literature and citizen science data. *Nature Conservation* **33**:21, <https://doi.org/10.3897/natureconservation.33.30397>
- Öndes F, Kaiser MJ, Güçlüsoy H. 2020. Human impacts on the endangered fan mussel, *Pinna nobilis*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **30**(1):31-41.
- Prado P, Carrasco N, Catanese G, Grau A, Cabanes P, Carella F, García-March JR, Tena J, Roque A, Bertomeu E, Gras N 2020. Presence of *Vibrio mediterranei* associated to major mortality in stabled individuals of *Pinna nobilis* L. *Aquaculture*, **519**: 734899 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734899>
- Tiscar PG, Rubino F, Fanelli G, Paoletti B, Della Salda L 2019. Mass mortality of the fan mussel *Pinna nobilis* in Apulia (Ionian Sea) caused by *Haplosporidium pinnae*. *Rapport Commission International pour l'exploration scientifique de la Mer Méditerranée* **42**:30.
- Vázquez-Luis M, Álvarez E, Barrajon A, García-March JR, Grau A, Hendriks IE, Jiménez S, Kersting D, Moreno D, Pérez M, Ruiz JM. 2017. SOS *Pinna nobilis*: a mass mortality event in western Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science* **4**:220, <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00220>

<https://www.rtl.hr/vijesti-hr/novosti/hrvatska/3614921/endem-jadrana-uginula-i-posljednja-periska-u-parku-prirode-telascica/>

10. SAŽETAK

Plemenita periska stekla je status ugrožene vrste antropogenim učincima, a zakonom je zaštićena od 1992. godine. Dodatnoj ugrozi pridonijeli su patogeni *Haplosporidium pinnae* i *Mycobacterium* sp., zasad poznati uzročnici masovnih pomora koji su zahvatili područje čitavog Sredozemnog mora. Masovni pomori zabilježeni su od 2019. i u Jadranskom moru. Određene mjere kojima se nastoji prevenirati izumiranje vrste već su na snazi.

Cilj ovog rada bio je prikazati kratki pregled širenja masovnih pomora Sredozemnim morem i opisati njihove zasad otkrivene uzročnike. Također, navedene su i radnje koje se poduzimaju u svrhu očuvanja vrste ovog školjkaša.

Učinak globalnog zatopljenja, odnosno zagrijavanje mora, djeluje posve suprotno na organizme domaćina i njihove patogene. Dok kod domaćina vodi k slabijem odgovoru imunog sustava, više temperature optimalne su za patogene te mu osnažuju virulenciju. Plemenite periske smatraju se indikatorom zdravlja mora, te bi njihovo moguće izumiranje moralo djelovati na ljude kao upozorenje za organizme drugih vrsta.

11. SUMMARY

The noble pen shell reached the status of an endangered species due to human impacts and it is legally protected since 1992. Parasites *Haplosporidium pinnae* and *Mycobacterium* sp., so far known agents of mass mortality outbreaks that took hold on fan mussel's populations throughout the Mediterranean. Massive mortality events have also been recorded in the Adriatic Sea since 2019. Certain measures for preventing the extinction of *Pinna nobilis* are already taking place.

The main aim of this paper was to present a short overview on the expansion of mass mortality events in the Mediterranean and describe its causative agents. Activities for the preservation of the species are also presented.

The effect of global warming, i.e. the raising of sea temperatures has an opposite impact on the host and its parasites. In the case of the host, it leads to a weakened immune system, while the parasite's virulence strengthens. The noble pen shell is considered as an indicator of the ocean's health, and its possible extinction must be a warning sign for other species.