

Masovna smrtnost plemenite periske (*Pinna nobilis*)

Režan, Paula

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:350603>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Diplomski studij Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Paula Režan

Masovna smrtnost plemenite periske (*Pinna nobilis*)

Diplomski rad

Zadar, 2023.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Diplomski studij Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Masovna smrtnost plemenite periske (*Pinna nobilis*)

Diplomski rad

Student/ica:

Paula Režan

Mentor/ica:

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Šarić

Komentor/ica:

Izv. prof. dr. sc. Ivan Župan

Zadar, 2023.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Paula Režan**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Masovna smrtnost plemenite periske (Pinna nobilis)** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 4. rujna 2023.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. Cilj i svrha rada	4
3. RAZRADA	5
3.1. Generalni opis plemenite periske	5
3.1.1. Rast i starost	7
3.1.2. Mikrostruktura ljušture	8
3.1.3. Bisusni sistem	8
3.1.4. Spolna zrelost	9
3.1.5. Aktivnost	9
3.1.6. Hidrodinamika	10
3.2. Ugroženost i prijetnje	10
3.2.1. Prijetnje i očuvanje prije 2016.	11
3.2.1.1. Klimatske promjene	11
3.2.1.2. Invazivne vrste	12
3.2.1.3. Promjene hranidbene mreže	12
3.2.1.4. Ekspolatacija	13
3.2.1.5. Gubitak staništa i zagađivači	13
3.3. Masovna smrtnost	13
3.3.1.1. Stanje u Španjolskoj	15
3.3.1.1.1. Alboransko more	16
3.3.1.2. Stanje u Francuskoj	16
3.3.1.3. Stanje u Italiji	17
3.3.1.4. Stanje u Grčkoj	18
3.3.1.4.1. Egejsko more	18
3.3.1.4.2. Jonsko more	19
3.3.1.5. Stanje u Turskoj	19
3.3.1.5.1. Mramorno more	20
3.3.1.5.2. Levantsko more	20
3.3.1.6. Stanje u Tunisu	21
3.3.1.7. Stanje u Hrvatskoj	21
3.4. Uzročnici masovne smrtnosti	26
3.4.1. Prenosjenje uzročnika	27

3.4.2.	Širenje uzročnika sporama	27
3.4.3.	Istovremena prisutnost različitih uzročnika	28
3.4.3.1.	Mikobakterije	28
3.4.3.1.1.	<i>Rhodococcus erythropolis</i>	29
3.4.3.2.	Haplosporidni paraziti	29
3.4.3.3.	Vibrio vrste	30
3.4.3.4.	Mehanizam otpornosti na patogene	30
3.5.	Novačenje	31
3.6.	Hibridizacija	32
3.7.	Kolektori ličinaka	32
2.7.1.	Postavljanje kolektora na Jadranu	32
3.8.	Može li se spasiti <i>Pinna nobilis</i> ?	35
3.8.1.	Akcijski planovi	37
3.8.1.1.	Akcijski planovi na Jadranu	38
	PinnAdriaNet	38
	Jeste li je vidjeli?	38
	Projekt "Očuvanje plemenite periske u Jadranskom moru"	39
	Aquarium Pula	39
4.	ZAKLJUČAK	40
5.	LITERATURA	41

Masovna smrtnost plemenite periske (*Pinna nobilis*)

SAŽETAK

Plemenita periska (*Pinna nobilis*, L, 1758.) je endemska vrsta i najveći školjkaš u Sredozemnom moru, koji može narasti i do 120 cm duljine (Vazquez i sur., 2017.). Od 1992. godine direktivom koju je donijelo Europsko vijeće, smještena je na listu ugroženih i zaštićenih vrsta. Filtracijom i zadržavanjem organske tvari doprinosi bistrini morske vode i ima važnu ekološku ulogu (Basso i sur., 2015.). *P. nobilis* rasprostranjena je na dubinama od 0,5 m do 60 m u područjima gdje su zastupljene morske cvjetnice te na pjeskovitim dnima (Marrocco i sur., 2019.). U Jadranskom moru zabilježeno je preko 600 područja na kojima su se mogle pronaći plemenite periske, a do proljeća 2021. godine sva mjesta zahvatila je masovna smrtnost (Katsanevakis i sur., 2021.). Istraživanja su pokazala da su parazit iz roda *Haplosporidium* i bakterije iz roda *Mycobacterium* uključeni u patogenezu masovne smrtnosti (Šarić i sur., 2020.). Smatra se da su morske struje pridonijele bržem širenju patogena. Populacija periske nastavlja opadati, s obzirom na prisutnost *Haplosporidium pinnae* i drugih patogena u okolišu (Katsanevakis i sur., 2021.).

Ključne riječi: plemenita periska, masovna smrtnost, patogen, virusi, bakterije, Sredozemlje, Sredozemno more, Hrvatska

Mass mortality of noble pen shell (*Pinna nobilis*)

ABSTRACT

The noble pen shell (*Pinna nobilis*, L, 1758.) is an endemic species and the largest bivalve in the Mediterranean Sea, which can grow up to 120 cm in length (Vazquez M. et al., 2017.). Since 1992, according to the Directive adopted by the European Council, it has been placed on the list of endangered and protected species. By filtering and retaining organic matter, it contributes to the clarity of sea water and has an important ecological role (Basso et al., 2015.). *P. nobilis* is distributed at depths from 0.5 m to 60 m in areas where marine flowering plants are present and on sandy bottoms (Marrocco et al., 2019.). In the Adriatic Sea, over 600 areas were recorded where noble pen shells could be found, and by the spring of 2021, all places were affected by mass mortality (Katsanevakis et al., 2021.). Research has shown that a parasite from the genus *Haplosporidium* and bacteria from the genus *Mycobacterium* are involved in the pathogenesis of mass mortality (Šarić et al., 2020.). Sea currents are thought to have contributed to the faster spread of the pathogen. The pen shell population continues to decline, due to the presence of *Haplosporidium pinnae* and other pathogens in the environment (Katsanevakis et al., 2021.).

Key words: noble pen shell, mass mortality, pathogen, viruses, bacteria, Mediterranean, Mediterranean sea, Croatia

1. UVOD

Porodica Pinnidae (Leach 1819.) su morski školjkaši koji se hrane filtracijom, trokutastog su oblika i krhkih ljuštura s izraženim i usidrenim vrhom koji se bisusnim nitima drži za supstrat (Vazquez-Luis i sur., 2021.). Ova porodica je imala tri roda, ali filogenetske studije su je podijelile na dva (*Pinna* i *Atrina*, sa *Streptopinna* unutar roda *Pinna*) s približno 50 vrsta opisanih diljem svijeta (Vazquez-Luis i sur., 2021.). Tijelo trokutastog oblika je rezultat prilagodbe na vezivanje bisusnim nitima za supstrat (Ankon, 2017.). Na području Sredozemnog mora nalazimo dvije vrste *Pinna*, a to su *Pinna nobilis* Linnaeus 1758 i *Pinna rudis* Linnaeus 1758 (Vazquez-Luis i sur., 2021.) (Tablica 1). Plemenita periska *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758.) je endem Sredozemnog mora, školjkaš koji može narasti i do 120 cm (Zavodnik i sur., 1991 prema Basso i sur., 2015.). Veliki stražnji produžetak plašta i ljušture koji su nastali vjerojatno radi staništa na mekanim supstratima utjecali su na enormnu veličinu (Ankon, 2017.). Pojavljuje se na staništima s mekim dnom i u morskim obalnim zonama na dubinama između 0,5 m i 60 m, uglavnom se nalazi na livadama morskih cvjetnica *Posidonia oceanica* ili *Cymodocea nodosa*, a isto tako može biti i na pjeskovitom dnu (Marrocco i sur., 2019.).

Životni vijek *P. nobilis* je do sad procijenjen na 20 godina (Scarpa i sur., 2021.), Richardson i sur. (2004.) procijenili su ga na 9-12 godina, a Galinou-Mitsoudi i sur. (2006.) na više od 20 godina. Pronađene su i dvije jedinke starosti 45 godina na otoku Port- Cros u Francuskoj (Scarpa i sur., 2021.). *Pinna nobilis* koja nastanjuje livade morskih cvjetnica kao hranu koristi njihove ostatke sitnih čestica (Basso i sur., 2015.). Iako se *P. nobilis* hrani filtracijom, čini se da ponajprije unosi fitoplankton, detritus, peludna zrnca te mikro i mezozooplanktone. Međutim ovo može ovisiti o regiji u kojoj se nalazi (Basso i sur., 2015.). Ekologija hranjenja plemenite periske istražena je korištenjem stabilnih izotopa, analizom sadržaja želudca i sastava masnih kiselina. Analiza masnih kiselina provedena na probavnoj žlijezdi i tkivima abduktornog mišića pokazala je da su male periske povezane sa hranidbenim lancem detritusa, karakterizirane zasićenim i razgranatim masnim kiselinama, dok je prehrana srednjih i velikih jedinki imala veći udio polinezasićenih masnih kiselina. Ovo označava da se male jedinke hrane unutar granica bentoskog sloja s visokim koncentracijama detritusa. Zanimljivo, *P. nobilis* zadržava visok udio progutane organske tvari iz detritusa i to bi mogao biti glavni izvor organske tvari za vrstu (Basso i sur., 2015.).

Hraneći se filtracijom doprinosi čistoći vode uklanjanjem većeg dijela organske tvari iz detritusa, fitoplanktona i planktonskih bakterija. Plemenita periska područjima sa mekim dnom osigurava čvrsti supstrat, kompleksnost staništa povećava osiguravanjem površina za druge bentičke vrste poput spužvi, školjkaša i algi i zato se naziva ključnom vrstom koja formira staništa (Scarpa i sur., 2020.). Postoji i znanstveni dokaz da je dobar pokazatelj promjena morskog ekosustava te pokazatelj antropogenog utjecaja (Marrocco i sur., 2019.). Domaćin je rakovima *Pontonia pinnophylax* i *Nepinnotheres pinnotheres* (Scarpa i sur., 2021.). Također, *P. nobilis* ima ulogu u trofičkoj mreži, kao plijen za druge vrste kao što je *Octopus vulgaris* (Scarpa i sur., 2021.). Simultani je hermafrodit, a sazrijevanje se ne događa istovremeno što onemogućuje samooplodnju (Scarpa i sur., 2021.). U pojedinim regijama Sredozemlja, plemenita periska služila je kao tradicionalno jelo (Basso i sur, 2015.). Ugrožena je mnogim antropogenim utjecajima poput degradacije staništa, sidrenja brodova, zagađenja te obalne izgradnje (Basso i sur, 2015.). Eksploatacija plemenite periske datira još od vremena Egipćana i Rimljana koji su koristili bisusne niti za proizvodnju "morske svile" s kojom bi proizvodili visoko vrijedni tekstil i luksuznu odjeću (Scarpa i sur., 2021.). Nadalje, ljuštore ovog školjkaša su se sakupljale u svrhu izrade nakita, vrijednih kopči i noževa (Scarpa i sur., 2021.).

Pinna nobilis zaštićena je Aneksom II Barcelonske konvencije (SPA/BD Protokol 1995.), Aneksom IV EU stanišna direktiva (Europsko vijeće direktive 92/43/EEC). U Hrvatskoj je zaštićena Zakonom o zaštiti prirode i na listi je strogo zaštićenih vrsta (Čizmek i sur., 2020.). *Pinna rudis* je vrsta slična *Pinni nobilis* i dijeli staništa sa njom na mnogim mjestima koja su pogođena masovnom smrtnosti, međutim na *Pinnu rudis* ova pojava nije imala utjecaja (Catanese i sur., 2018.).

U jesen 2016. godine, događaj masovne smrtnosti je detektiran duž stotine kilometara na jugoistočnoj obali Španjolske i Balearskih otoka (zapadno Sredozemlje) (Katsanevakis i sur., 2021.). Događaji masovne smrtnosti mogu utjecati na sve životne faze i predstavljaju demografsku katastrofu (Vazquez-Luis i sur., 2017.). Histološkom analizom utvrđeno je da se radi o patogenu pod nazivom *Haplosporidium pinnae*, za kojeg se u početku smatralo da napada samo određenu vrstu (Katsanevakis i sur., 2021.). Brzina i smjer širenja masovne smrtnosti odgovara vremenskoj dinamici kretanja površinskih morskih struja. Detektirana širokim geografskim područjem zapadnog Sredozemlja 2016. godine, masovna smrtnost plemenite periske imala je svoj utjecaj na svim dubinama i vrstama staništa kao i na različite veličine jedinki (Catanese i sur., 2018.). Nakon 2016. godine, događaji masovne smrtnosti s čestom stopom mortaliteta od 100% su zabilježeni u Francuskoj, Italiji, Tunisu, Turskoj i Grčkoj (Čizmek i sur., 2020.).

Zabilježeno je preko 600 područja na kojima su se mogle pronaći plemenite periske u Jadranskom moru. Nažalost do proljeća 2021. godine sva mjesta je zahvatila masovna smrtnost (Katsanevakis i sur., 2021.). Područja koja su manje izložena morskim strujama su ujedno i manje pogođena masovnom smrtnošću (Šarić i sur., 2020.). Koegzistencija nekoliko patogena, potvrđena je u jedinkama koje su uginule prilikom istraživanja koja su nedavno provedena. U jedinkama zajedno sa *Mycobacterium sp.*, najčešće pronađen uzročnik je *H. pinnae*, a u nekoliko slučajeva prisutni su bili *Vibrio spp.* i *Perkinsus sp.* što dovodi do zaključka da se kompleksnost patogene bolesti povećava pri izloženosti većem broju patogena (Šarić i sur., 2020.). S obzirom na to da je u pitanju više uzročnika, masovna smrtnost plemenite periske se dodatno zakomplicirala i daleko je od potpunog shvaćanja (Scarpa i sur., 2020.).

2. Cilj i svrha rada

Cilj ovog rada je prikazati pojavnost smrtnosti plemenite periske u Sredozemlju s naglaskom na stanje na Jadranu. Osvrtom na prethodne radove usporedit će se brojčano stanje prije nekoliko godina i danas kada je periska na rubu izumiranja.

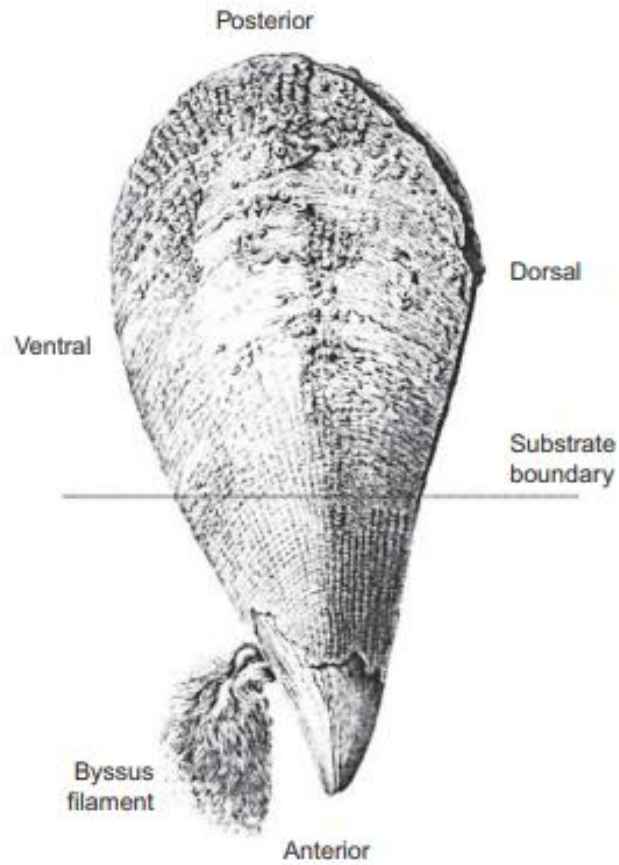
Svrha je dodatno osvijestiti istraživače, donosioce odluka i javnost na trenutno stanje ove kritično ugrožene vrste kojoj prijete izumiranje.

3. RAZRADA

3.1. Generalni opis plemenite periske

Rubovi plašta *P. nobilis* se u opuštenom stanju protežu gotovo do stražnjeg ruba školjke kao i duga uparena ktenidija. Glavni mišići su stražnji aduktori sa mnogo manjim prednjim ekvivalentima. Iz podnožja stopala izvire čvrsti, fini vlaknasti bisus izlučen djelovanjem bisusne žlijezde koja je također u viscelarnoj masi te sekrecije koje prolaze niz stopalo kroz ventralni bisusni utor, a na vrhu ljuštore nalaze se krhotine školjki, zrna pijeska i sitno kamenje (Morton i Puljas, 2018.). Ljuska periske sastoji se od dva glavna sloja, unutrašnjeg sloja formiranog od aragonitskog sedefa koji se nalazi samo u prednjem dijelu ljuske te od kalcitnog vanjskog sloja prisutnog u cijeloj ljusci (Ankon, 2017.).

Od 10 svježe prikupljenih jedinki, tijekom istraživanja svaki sadržaj želudca je sadržavao cjelovite životinje koje su prepoznatljiva vrsta i fragmente smrvljenih vrsta koje su vjerojatno uhvaćene tijekom noćnog hranjenja. Sadržaj želudca bile su vrste koje su tipične za kanale srednjeg i istočnog Jadranskog mora (Morton i Puljas, 2018.). Sadržaj želudca uključivao je tintinide, foraminifere, ličinke žarnjaka i školjkaša, puževe, kalanoide i harpaktikoidne kopepode, ličinke ciprida i jajašca koja se nisu mogla identificirati (Morton i Puljas, 2018.). Iz želudca su također identificirane epi i endo bentoske vrste uključujući kozmopolitske predstavnike epsilonematidnih nematoda, mnogočetinaša, puževa i grinja (Morton i Puljas, 2018.). U želudcima *P. nobilis* pronađene su zooplanktonske vrste sa naznakama da su došli i do probave (Morton i Puljas, 2018.) Dagnja *Mytilus edulis* može uhvatiti i progutati zooplanktonske i bentoske životinje iako su raniji istraživači predviđali da će takve inhalirane vrste biti izbačene pseudofekalijama. Zaključeno je da su bentoske vrste identificirane u želudcima *M. edulis* i *P. nobilis* povezane sa algama i morskim travama koje bi se pojavile i na ljušturama školjkaša koje su istraživali (Morton i Puljas, 2018.). Ovo istraživanje potvrdilo je da plemenita periska uz hranjenje u suspenziji sestonom i fitoplanktonskim stanicama u vodenom stupcu može sakupljati mezozooplanktonske vrste i zarobiti epi i endo bentičke vrste koje su tipične za njezino stanište (Morton i Puljas, 2018.). Prema dokazima koje su prikazali u radu, Morton i Puljas (2018.), navode da plemenita periska nije slučajan predator mezozooplanktonskih, epi i endo bentičkih vrsta, nego je predstavljena kao oportunistički predator.



Slika 1. Prikaz ljuštore *Pinna nobilis* (izvor: Basso i sur., 2015.).

Tablica 1. Taksonomija *Pinna nobilis* vrste, Linnaeus 1758

Koljeno	Mollusca
Razred	Bivalvia
Red	Pterioida
Porodica	Pinnidae
Rod	<i>Pinna</i>
Vrsta	<i>Pinna nobilis</i>

3.1.1. Rast i starost

Rast i starost su ključne stavke u demografiji populacije i povezuju trofičke i demografske aspekte sustava (Garcia-March i sur., 2020.). Također, rast se može koristiti kao mjerilo za procjenu starosti temeljem njegovog odnosa prema mjerljivim dimenzijama organizma koji se proučava. Među populacijama školjkaša starost, veličina i razlike u rastu mogu biti povezane sa karakteristikama okoliša staništa na kojem borave poput hidrodinamike i pokrivenosti travama, gustoćom populacije, kvalitetom i dostupnošću hrane, temperaturom i drugim čimbenicima (Garcia-March i sur., 2020.).

Garcia-March i suradnici (2020.) u istraživanju rasta periske na 12 različitih lokacija zapadnog Sredozemlja detektirali su značajnu varijabilnost u rastu zbog statusa zaštite i okolišnog stanja. Populacije su grupirane u 4 različite grupe od kojih svaka dijeli zajedničke karakteristike okoliša: 1) Zaklonjena i plitka pučina (populacije na lokacijama Port-Cros, Baleari, Tabarca i Raco), gdje se populacije nalaze u plitkim i dubokim područjima pučine ali su uglavnom zaštićene od štete koju hidrodinamika uzrokuje školjkašima; 2) Izloženo otvoreno more (populacije Moraira, Olla i Freus), plitka područja otvorenog mora i lokacije izložene utjecaju hidrodinamike koja oštećuje školjkaše 3) Lagune (populacije Mar Menor, Diana i Embiez), populacije se nalaze u morskim obalnim lagunama; 4) Populacija u Alfacs zaljevu odvojena od ostalih i jedina koja je na estuarijskom području (Garcia-March i sur., 2020.). Populacije na izloženom otvorenom moru u odnosu na druge pokazuju niže stope rasta (Garcia-March i sur., 2020.).

Jedinke plemenite periske iz eutrofnih područja pokazale su viši rast, ali niže stope preživljavanja u donosu na jedinke iz oligotrofnih lokacija. Također je dokazano da su pelagički izvori hrane imali više doprinosa prehrani *Pinne nobilis* nego bentoski izvori (Vazquez-Luis, Alvarez i Deudero, 2017.).

Uvjeti ekosustava u estuarijima/lagunama stresniji su u usporedbi s otvorenim morem (Garcia-March i sur., 2020.). Salinitet i temperatura tijekom zime mogu doći do granica koju vrsta tolerira. Isto se događa tijekom ljeta, kad dođe do visokih temperatura i visokog saliniteta (iznimka je delta Ebro gdje ljeti zbog ispusta agrikulture salinitet opada), a koncentracije kisika mogu dosegnuti vrlo niske razine (Garcia-March i sur., 2020.). Jedina nada za kratkoročno preživljavanje jedinki u prirodnim uvjetima su lagune i estuariji gdje su prema parametrima rasta ova područja dobra za jedinke u prvim godinama života, ali za dugoročno su nestabilna (Garcia-March i sur., 2020.). Nadalje, kod preživjelih populacija na otvorenom očekuje se stres uzrokovan hidrodinamikom što će u budućnosti vjerojatno imati za rezultat rast do manjih

veličina i ranije ugibanje jedinki (Garcia-March i sur., 2020.). Maksimalna starost od 38 i 34 godine je pronađena u uzorcima periski iz nacionalnog parka Port-Cros (Garcia March i sur., 2020.)

U prvim godinama života, brzina rasta ove vrste je poprilično visoka (Kersting i sur., 2019.), a kako periska raste brzina rasta se usporava. Prema procjenama, brzina rasta je 0,18 mm na dan u laboratoriju, a 0,28-0,32 mm na dan na terenu (Kersting i sur., 2019.). Kersting i Garcia-March su izvijestili da su brzine rasta na terenu od 0,31 do 0,32 mm na dan tijekom prve godine života i od 7,8 do 7,9 mm na mjesec tijekom prve dvije godine života (Kersting i sur., 2019.). Također, uočena je sezonalnost u rastu sa najnižom stopom rasta tijekom hladne sezone od studenog do ožujka i tijekom temperaturnog vrhunca u kolovozu, a najviša stopa rasta zabilježena je tijekom kasnog proljeća, odnosno ranog ljeta (Kersting i sur., 2019.).

Smatra se da kod zdravih populacija plemenite periske, prirodna smrtnost ovisi o njejoj veličini, stadiji koji su mlađi imaju puno više stope smrtnosti u usporedbi sa odraslima što dovodi do dominacije velikih jedinki zbog očekivanog dugog životnog vijeka (Prado i sur., 2019.). Struktura same populacije u konačnici rezultira mnoštvom abiotskih i biotskih čimbenika koji imaju utjecaj na proizvodnju ličinaka, mriještenje, naseljavanje, novačenje, preživljavanje i raspršivanje (Prado i sur., 2019.).

3.1.2. Mikrostruktura ljušture

Bjelančevinasti sloj ljušture školjkaša, periostrakum je vanjski sloj koji brzo erodira nakon što se formira u periski. Osim ovog sloja, najvidljiviji i najistaknutiji su vanjski kalcitni sloj koji je prisutan u cijeloj školjki i sloj sedefa koji je unutarnji i oblikovan neobičnim sedefom u nizu (Basso i sur., 2015.). Unutarnji sloj prisutan je samo u prednjem dijelu školjke. Mikrostakum je treći sloj koji se može vidjeti ispod mišića (Basso i sur., 2015.).

3.1.3. Bisusni sistem

Kompleksni bisusni sistem je struktura specijalizirana za prihvaćanje plemenite periske za podlogu. Odrasli bisus koji je u potpunosti razvijen može formirati 20 do 30 tisuća niti koji su prihvaćeni za podlogu. Izvanredna značajka bisusnog sistema su dvije različite vrste niti (tanke i debele) glatke površine i jajolikog presjeka. Pomoću prijanjajuće ploče se pričvršćuju za podlogu kao i svi školjkaši. U usporedbi s drugim školjkašima poput dagnje *Mytilus edulis*, velik broj niti i pričvršćivanje *P. nobilis* impliciraju da je životinja kontinuirano sesilna (Basso i sur., 2015.).

Bisusne niti izlučuje bisusna žlijezda te za supstrat može biti vezano više od 20 tisuća keratinskih niti (Ankon, 2017.). Za regeneraciju cijelom bisusu je potrebno do 6 mjeseci (Basso i sur., 2015.).

3.1.4. Spolna zrelost

Sa dvije godine starosti periska postiže spolnu zrelost (Basso i sur., 2015.), zatim se u periodu od ožujka do lipnja razvijaju gamete nakon čega od lipnja do kolovoza slijedi brza gametogeneza i naizmjenično mriještenje (Basso i sur., 2015.). Interakcijom okolišnih čimbenika i endogenih čimbenika školjkaša, kontrolira se trajanje i vrijeme ciklusa reprodukcije (Basso i sur., 2015.). Za područje oko Balearskih otoka te zapadno Sredozemlje, smatra se da je mriještenje uglavnom ograničeno na period između posljednjeg tjedna kolovoza i prvog tjedna rujna (Basso i sur., 2015.).

Ciklus periske se sastoji od 4 stadija; 1) spolni odmor, 2) spolna aktivnost kod koje se počnu razvijati stadiji oba spola, 3) naizmjenično mriještenje i gametogeneza i 4) zadnje djelomično sazrijevanje prije povratka spolnom odmoru (Scarpa i sur., 2021.). Ciklusi slijede jedni druge, a tijekom ljeta je pojedinačna spolna zrelost kontinuirana uz promjenu spola kako bi se izbjegla samooplodnja (Scarpa i sur., 2021.). Ličinke u stadiju veligera lebde u vodenom stupcu (Gosling, 2003. prema Scarpa i sur., 2021.), preko dana migriraju vertikalno, a preko noći su u površinskim slojevima mora (Peharda i Vilibić, 2008. prema Scarpa i sur., 2021.). Iako je prema ranijim studijama pretpostavljano da kod plemenite periske ličinački stadij traje 10 dana, novija saznanja navode da može trajati i do 1 mjesec (Kersting i sur., 2020.).

Plemenita periska opisana je kao sukcesivni i asinkroni hermafrodit. Muške i ženske gamete su otpuštene sekvencijalno u istom periodu mriještenja, a razvoj oba spola nije istovremen jer je jedan spol uvijek u naprednijem stadiju razvoja (Kersting i sur., 2019.).

Nadalje, već je dokazano da u mnogim morskim beskralježnjacima ulogu u masovnim događajima mriještenja mogu imati i okolišni faktori poput cvatnje fitoplanktona, kemikalija, temperature, plima, oluja, mjesečine ili valova (Prado i sur., 2019.). Oplodnja jajne stanice se događa pri temperaturi od 21°C (Prado i sur., 2019.). Ličinke prema dokazima iz prirodnih populacija mogu prijeći i nekoliko stotina kilometara iako ipak prevladava samonovačenje (Prado i sur., 2019.).

3.1.5. Aktivnost

Glavni obrazac aktivnosti otvaranja je da je tijekom dana školjka otvorena, a zatvorena tijekom noći. Noćno otvaranje se događa kad je osvjetljenost mjeseca veća od 50%. Jake oluje

koje utječu na morsko dno također smanjuju maksimalno vrijeme otvorenosti školjke i potiču njeno zatvaranje. Jedinke koje su proučavane pokazale su sinkronizirano ponašanje, svi članovi populacije odgovarali su jednako na podražaje. Zatvaranjem svoje ljuštare, periska odgovara na mnoge prijetnje kao što je čovjek ili riba (Basso i sur., 2015.).

3.1.6. Hidrodinamika

Determinirajući faktor koji utječe na parametre populacije plemenite periske je hidrodinamika koja ima utjecaj na dostupnost hrane te reducira preživljavanje jedinki uslijed djelovanja valova (Kersting i sur., 2019.). Značajne razlike u hidrodinamičkom otporu su se pojavile kod dvije populacije. Populacije u plitkim područjima (6 metara dubine) su rasle do manjih maksimalnih veličina nego one na 13 metara dubine (Basso i sur., 2015.).

Utjecaj na djelovanje hidrodinamike kao i na preživljavanje i rast može imati prisutnost cvjetnice posidonije te raspodjela jedinki na ili unutar cvjetnica (Basso i sur., 2015.). Livade posidonije raspršuju energiju valova i oslabljuju protok (Basso i sur., 2015.). Posidonija vrlo učinkovitim hvatanjem čestica omogućava opskrbu hrane za *P. nobilis*. Također, livade posidonije omogućuju periskama sklonište od predatora s obzirom da su životinje, a osobito mlade jedinke ranjivije (Basso i sur., 2015.).

Proučavanjem aktivnosti otvaranja plemenite periske, otkriveno je da veće smetnje za *P. nobilis* imaju bimodalne struje nastale djelovanjem valova od unimodalnih struja poput plima (Garcia-March i sur., 2020.). Što je dubina veća, učinak sila je manji. Prisutnost cvjetnice *Posidonia oceanica* također umanjuje učinak sila (Garcia-March i sur., 2020.). Prema tome, populacije otvorenog mora pod utjecajem su hidrodinamike koja utječe na maksimalnu veličinu periske, dok za razliku od njih lagune i zaklonjena područja štite od utjecaja hidrodinamike te populacije na takvim područjima mogu postići veće veličine (Garcia-March i sur., 2020.). Obično su u dubokim područjima stabilniji uvjeti okoliša. Unatoč zaštiti od hidrodinamike, plitka područja su sklonija ekstremima klime i antropogenim utjecajima. Očekivano bi bilo da populacije koje su na dubokim dijelovima različitih lokacija zapadnog Sredozemlja imaju više sličnosti u svojem rastu nego populacije koje su blisko smještene i žive u plitkim vodama. Međutim, populacije iz plitkih područja pokazuju slične obrasce rasta. Ovime se podupire ideja o učinkovitosti hidrodinamike na otvorenom moru koja bi mogla biti odlučujući faktor u rastu periske na način da ograničava veličinu ljuštura unutar populacija koje su nastanjene na izloženim područjima (Garcia-March i drugi, 2020.).

3.2. Ugroženost i prijetnje

3.2.1. Prijetnje i očuvanje prije 2016.

Ribolov, koće, degradacija staništa, a osobito morskih cvjetnica, sidrenje, invazivne vrste, zagađenja mora i klimatske promjene su prijetnje koje su ugrožavale egzistenciju *P. nobilis* prije događaja masovne smrtnosti (Katsanevakis i sur., 2021.). Iako su potpisnice Barcelonske konvencije, neke zemlje poput Tunisa i Libije, ne poduzimaju mjere zaštite vrste koja često bude sakupljana od strane ronilaca i ribara (L.Rabaoui osobno zapažanje prema Katsanevakis i sur., 2021.).

3.2.1.1. Klimatske promjene

Zagrijavanje može utjecati na procese kao što su reprodukcija i novačenje. Također, zagrijavanje može inducirati opadanje stope preživljavanja ličinka *P. nobilis* (Kersting i sur., 2019.). Povišen pH je još jedan direktan utjecaj klimatskih promjena. Predviđa se da će doći do porasta koncentracije ugljičnog dioksida u atmosferi ($p\text{CO}_2$). Direktan utjecaj porasta atmosferskog CO_2 je smanjenje oceanskog pH i primanje topline u ocean što ima za posljedicu deoksigenaciju oceana. Zbog ovakvih promjena, moglo bi biti negativnih utjecaja na metabolizam i kalcifikaciju mnogih školjkaša (Basso i sur., 2015.). Plemenita periska može biti osjetljiva na zakiseljavanje oceana s obzirom da je najbrži rast ljušture od svih školjkaša zabilježen baš kod nje. Međutim, prema dosadašnjim eksperimentima provedenim na ličinkama nema naznaka negativnog utjecaja zakiseljavanja (Kersting i sur., 2019.). Zakiseljavanje oceana i njegov utjecaj na juvenilne jedinke za ovu vrstu nisu pokazali negativan utjecaj u eksperimentima. Nije iznenađujuća otpornost *P. nobilis* na zakiseljavanje s obzirom da se rast juvenilnih jedinki odvija u sedimentu u kojem će visoke stope respiracije očekivano dovesti do visokih razina CO_2 i niskog pH, stoga se smatra da bi ovaj školjkaš trebao moći primijeniti mehanizme u suočavanju s niskim pH (Basso i sur., 2015.). Međutim, kroz indirektno utjecaje *P. nobilis* može biti ranjiva na klimatske promjene (Basso i sur., 2015.). Napomenuto je da se eksperimenti zakiseljavanja obično provode na organizmima koji su izolirani iz ekosustava što neće adekvatno predstavljati okoliš u kojem bi se organizam mogao pronaći sada ili u budućnosti (Basso i sur., 2015.). Zapravo, obalna staništa karakterizira visok $p\text{CO}_2$ te nizak pH i varijabilnost u karbonatnom kemijskom sastavu (Basso i sur., 2015.).

Sredozemno more je područje koje se brzo zagrijava, a u usporedbi s oceanom, zagrijava se dvostruko brže. Stoga, postoji zabrinutost da klimatske promjene mogu utjecati na morske organizme u Sredozemlju (Basso i sur., 2015.). Mnoge vrste koje formiraju staništa poput posidonije i koralja osjetljive su na zatopljenje što se i dokazalo njihovim propadanjem tijekom

toplinskih valova (Basso i sur., 2015.). Promjena u temperaturi vode utječe na patogenost bakterija i parazita kao i na promjene u rastu i imunom odgovoru domaćina (Lattos i sur., 2020.).

Događaji masovne smrtnosti mnogih vrsta u Sredozemnom moru sugeriraju da postoji poveznica između ovih događaja sa visokim temperaturama mora i stratifikacijom vodenog stupca tijekom ljetnih mjeseci (Katsanevakis i sur., 2019.). Ovakvi uvjeti smanjuju otpornost domaćina prema patogenu radi fiziološkog stresa domaćina koji se produljuje (Katsanevakis i sur., 2019.). Nadalje, pri povišenim temperaturama pojačana potreba za respiracijom kod plemenite periske može sniziti fiziološki kapacitet odupiranja prema infekciji parazita tijekom ljeta uslijed visokih temperatura mora (Katsanevakis i sur., 2019.).

Da bi se utvrdio izvor smrtnosti potrebno je na duži vremenski period provoditi istraživanja o statusu zaštita i gustoći ove ugrožene populacije u različitim regijama i na različitim staništima Sredozemlja (Basso i sur., 2015.). Razumijevanje odgovora na klimatski stres mogla bi upravo dati istraživanja genetske varijacije populacije (Basso i sur., 2015.). Korištenjem suvremene tehnike i povećanjem znanja o genetskoj varijaciji populacije *P. nobilis* mogu se vršiti procjene povezanosti i identifikacije izvora pada populacije što će omogućiti učinkovito očuvanje ciljane vrste (Basso i sur., 2015.).

3.2.1.2. Invazivne vrste

Lophocladia lallemandii je invazivna alga za koju je zabilježeno da mijenja antioksidativne odgovore, izvore hrane i rast kod *P. nobilis* (Kersting i sur., 2019.). Invazivna vrsta makro alga *L. lallemandii* može promijeniti izvore potencijalne hrane plemenite periske i njezine faune s kojom je povezana (Basso i sur., 2015.). Kod napadnutih periski su osim promjena u izvorima hrane također utvrđene promjene u antioksidativnim odgovorima jedinki (Basso i sur., 2015.). Enzimi koji pokazuju antioksidativni odgovor i markeri oksidativna oštećenja bili su prisutni na probavnoj žlijezdi i škrgama što ukazuje na to da je invazivna vrsta izazvala oksidativno oštećenje i biološki stres u napadnutim periskama (Basso i sur., 2015.). Na Balearskim otocima u nacionalnom parku Cabrera, invazivna alga *L. lallemandii* prekrila je 49,37% populacije periski, a druga invazivna alga *Caulerpa racemosa* 1,38%, sa povišenjem postotka s dubinom (Basso i sur., 2015.).

3.2.1.3. Promjene hranidbene mreže

Predatori plemenite periske su većinom *Octopus vulgaris*, *Hexaples trunculus* i *Sparus aurata* (Kersting i sur., 2019.), ali i morske kornjače (*Caretta caretta*) na Cipru, Libanonu i

Turskoj (M. Draman i M. Bariche osobni kom. prema Kersting i sur., 2019.). Međutim, ne zna se hvataju li kornjače zapravo epibionte na ljušturama *P. nobilis* pa slučajno probave i školjkaša. Kao glavni predator *P. nobilis* navodi se *Octopus vulgaris* (Basso i sur., 2015.). Hobotnice manipuliraju ljušturama plemenite periske i utječu na njihovo otvaranje nakon čega ulove izloženu životinju (Basso i sur., 2015.). Padom populacije glavnog predatora hobotnice u Sredozemlju *E. marginatus* (kornja) uslijed prekomjernog rekreacijskog i komercijalnog ribolova, došlo je do kaskade hranidbene mreže čime se povećao pritisak predatorstva na *P. nobilis* (Basso i sur., 2015.).

3.2.1.4. Ekspolatacija

Plemenita periska se redovno služi u 16,4% Grčkih ribljih restorana (Kersting i sur., 2019.). Povremeno se pojavi na ribljoj tržnici, a mnogi recepti periskom se još uvijek pojavljuju u medijima (Katsanevakis osobno zapažanje 2018. prema Kersting i sur., 2019.). Plemenita periska se kao ukras dugo godina prodavala na turističkim destinacijama i u mnogim zemljama Sredozemne obale (Kunili Ender i sur., 2021.). Bisusne niti bile su dobro poznate ribarima koji su ih koristili zbog terapijskog djelovanja, odnosno koristili su se za rane koje bi ribari često zadobivali korištenjem ribolovnog alata (Kersting i sur., 2019.).

3.2.1.5. Gubitak staništa i zagađivači

P. nobilis je visoko osjetljiva na sidrenje (Kersting i sur., 2019.). Primarno stanište *P. nobilis* su cvjetnice posidonije su koje su doživjele degradaciju širom Sredozemlja (Basso i sur., 2015.). Ovo može negativno utjecati na dinamiku populacije *P. nobilis* (Basso i sur., 2015.). Vjerojatno je da će gubitak staništa imati za rezultat pad populacije *P. nobilis* zbog čijeg će utjecaja biti pogođeno novačenje ličinki, mlade jedinke koje nisu zaštićene od predatora i od utjecaja hidrodinamike (Basso i sur., 2015.). Nakon prolijevanja ulja detektirane su koncentracije teških metala u periskama (Kersting i sur., 2019.). Organizmi koji su nepokretni kao što je plemenita periska ne mogu pobjeći od unosa morskih ili kopnenih zagađivala (Basso i sur., 2015.).

3.3. Masovna smrtnost

U životinjskom carstvu mijenja se opseg masovnih smrtnosti, sa porastima kod morskih beskralješnjaka, ptica i riba (Vazquez-Luis i sur., 2017.). Prema mnogim izvještajima posljednjih desetljeća, epizode masovnih smrtnosti u morskom okolišu Sredozemnog mora pogađaju mnoštvo sesilnih bentoskih beskralješnjaka, uključujući koralje, spužve i školjkaše

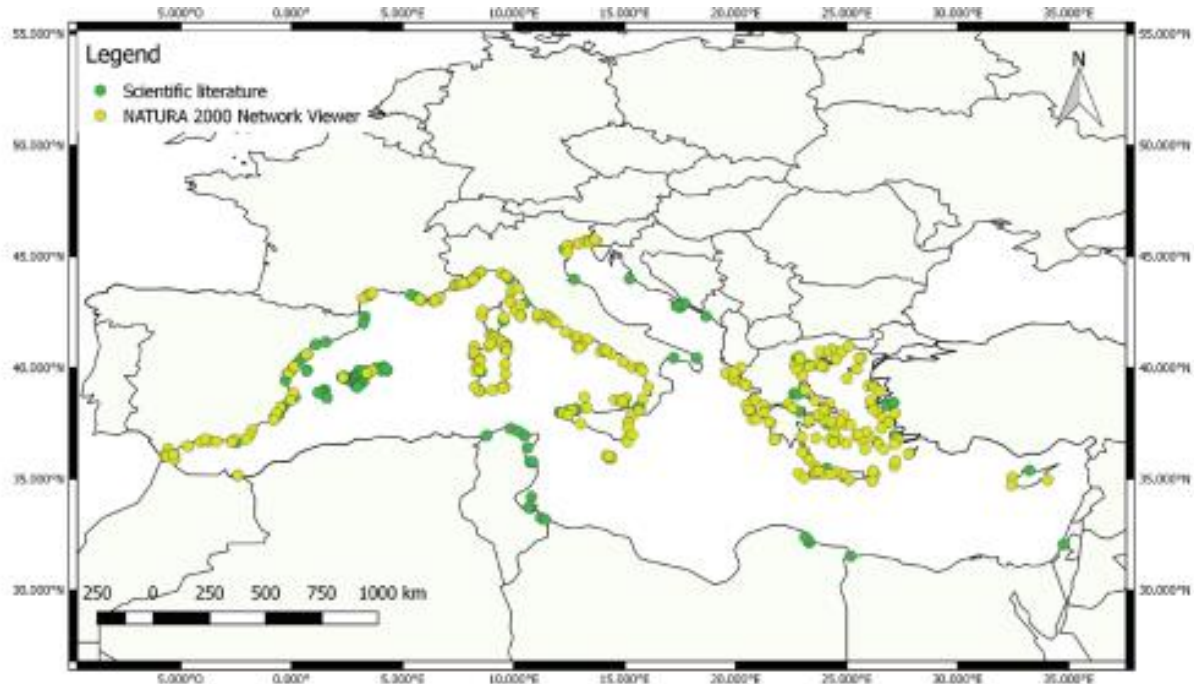
(Carella i sur., 2019.). U porodici Pinnidae, visoku smrtnost koja je posljedica djelovanja patogena sličnih virusu imale su *Atrina lischkeana* sa stopama preko 60% i *Atrina pectinata* (60-90%) (Vazquez-Luis i sur., 2017.). Narušenost zdravlja populacija plemenite periske koja je započela u Španjolskoj, izazvala je zabrinutost i promjenu njenog statusa iz "ranjiva" u kategoriju "kritično ugrožena" sa ozbiljnim rizikom izumiranja (Cabanellas-Reboredo i sur., 2019.).

Smrtnost je uzrokovana patogenom (*H. pinnae*), a ugibanja su se počela širiti od zapada prema istoku Sredozemnog mora u manje od tri godine, uzrokujući stope smrtnosti od 80-100% jedinki na većini lokacija (Kersting i sur., 2019.). Nekoliko je populacija ostalo netaknuto ovim patogenom, a to su uglavnom mjesta koja imaju vrlo specifične uvjete okoliša poput laguna sa malo pristupa moru i različitim salinitetom. Patogen koji je uzrokovao masovnu smrtnost je još uvijek prisutan u okolišu (Kersting i sur., 2019.).

Bolesne su jedinke u počecima bolesti pokazivale slabo zatvaranje ljuštura na vanjske podražaje. Kroz kratko vrijeme u naprednoj fazi bolesti plašt se odvojio od ljuštura, a jedinke ih nisu bile u stanju zatvoriti u potpunosti (Scarpa i sur., 2021.). U posljednjem stadiju bolesti plašt se pomakne prema dnu školjke, a jedinke ne prežive duže od nekoliko dana (Scarpa i sur., 2021.). Prema nedavnim epidemiološkim nadzorima u tkivima mnogih jedinki koje su pokazivale znakove bolesti dokazan je nedostatak *H. pinnae*, dok je u živim i zdravim jedinkama zabilježena prisutnost ove protozoe. Scarpa i suradnici (2021.) na području Sredozemlja pronašli su *H. pinnae* u uzorcima *Ruditapes decussatus* prikupljenim 2014. godine što sugerira na to da nije specifičan za *P. nobilis* kao što se pretpostavljalo na početku i da je godinama prije masovne smrtnosti patogen bio prisutan u Sredozemnom bazenu.

Iskorjenjivanje parazita s obzirom na njegovo veliko geografsko širenje i propale pokušaje u povijesti ne čini se kao izvediva opcija. Otporni stadiji te međudomaćini omogućavaju parazitima ostanak čak i ako se uklanjaju iz područja koja su zahvaćena (Vazquez-Luis i sur., 2017.). Masovna smrtnost plemenite periske imala je veliki utjecaj u jako kratkom vremenskom periodu. Brzinu kojom se širio ovaj fenomen može se vidjeti u primjeru periski sa otoka Asinara nacionalnog parka na sjeverozapadu Sardinije čije su populacije nestale u samo nekoliko mjeseci (Scarpa i sur., 2021.). Plemenita periska se pojavljuje na mnogim dubinama i supstratima, ali je intenzivno proučavana u samo nekoliko zona Sredozemnog bazena (Ankon, 2017.). Gustoća populacije plemenite periske može biti i do nekoliko stotina jedinki na 100 metara kvadratnih, međutim obično je niža od toga (Katsanevakis i sur., 2021.). Prema studijama u Italiji i masovnoj smrtnosti na tom području, *H. pinnae* je bio većinom odsutan, a upale su povezivane sa aktinobakterijom *Mycobacterium sp.* Kasnije je dokazana

koegzistencija oba patogena u populacijama koje su pogođene (Katsanevakis i sur., 2021.). Nadalje, još jedan patogen *Vibrio mediterranei* se smatra uzročnikom povećane masovne smrtnosti (Katsanevakis i sur., 2021.).



Slika 2. Mapa rasprostranjenosti plemenite periske u Sredozemnom moru prema znanstvenoj literaturi i NATURA2000 geopodacima mrežnog preglednika (izvor: Marrocco V i sur., 2019.).

3.3.1.1. Stanje u Španjolskoj

Masovna smrtnost jedinki *Pinne nobilis* detektirana je krajem rujna i početkom listopada 2016. godine na Španjolskom dijelu Sredozemnog mora uključujući nekoliko lokacija. Praćeni su Pirenejski poluotok (Murcia, Andaluzija, Valencija, Community) i Balearski otoci (Ibiza i Formentera). Kod gotovo svih populacija smrtnost je iznosila 90% do sredine listopada. Sredinom studenog 2016. godine se na Mallorci javljaju prva upozorenja o masovnim smrtnostima. U ožujku 2017. godine stope smrtnosti preko 90% u različitim populacijama pojavljuju se i na ostatku Balearskih otoka (Cabrera i Menorca) (Vazquez-Luis i sur., 2017.).

Na obalama Španjolske sve populacije *P. nobilis* za koje se znalo su uginule sa iznimkama na dvije lokacije koje su ostale djelomično pogođene ili netaknute: Mar Menor laguna i Ebro delta (zaljev Alfacs i Fangar) (Katsanevakis i sur., 2021.). Međutim, do gotovo 100% smrtnosti populacije u zaljevu Fangar u siječnju 2020. godine dovela je oluja "Gloria"

(Katsanevakis i sur., 2021.). Nadalje, populacija na području Ebro delta, u unutarnjem dijelu zaljeva Alfacs ostala je netaknuta dok je vanjski dio pogođen bolešću. Populacija u Alfacs zaljevu je na južnom dijelu Ebro Delte pogođena je infekcijama 2018. godine u srpnju, vjerojatno zbog otvorenosti područja (Prado i sur., 2019.). Karakteristike ovih mjesta su upravo visoki (Mar menor) ili niski (Ebro delta) salinitet.

Zotou i suradnici (2020.) naglašavaju hitnu potrebu nadzora preživjelih populacija periske te uspostavu zaštite i razvoj strategija kojima bi se osigurala opstojnost živih jedinki i omogućio nastanak otpornog potomstva.

3.3.1.1.1. Alboransko more

Alboransko more je imalo rijetku pojavnost populacija periske koje su uglavnom bile raspršene, što je i očekivano za ovu regiju s obzirom da je zapadna granica rasprostranjenosti vrste kao i cvjetnice posidonije. Na istoku Andaluzije početkom listopada 2016. detektirana je masovna smrtnost plemenite periske, a do kraja iste godine već je dosegla 80% i 100% (Katsanevakis i sur., 2021.). U predjelima Granada, Malaga, Almeria i Algericas nisu zabilježene žive jedinke tijekom proljeća 2017. godine, a u lipnju iste godine zabilježeno je 57% živih jedinki (Katsanevakis i sur., 2021.). Cijela populacija u Andaluziji je bila pogođena tijekom 2018.godine (Katsanevakis i sur., 2021.). Postavljeni larvalni kolektori u 2017. samo u Almeriji i tijekom 2018. kroz cijelu Andaluziju imali su samo 3 juvenilne jedinke *P. nobilis* u 2017. (Katsanevakis i sur., 2021.). Stanje populacija na obalama Maroka nije poznato. Na Čafarinskim otocima koji pripadaju Španjolskoj, 2017. u kolovozu i rujnu masovna smrtnost je jako pogodila populacije *P. nobilis* sa 92% uginulih jedinki, te nisu pronađeni živi uzorci tijekom 2018. (A de la Linde i L. Sanchez Tocino, osobna komunikacija prema Katsanevakis i sur., 2021.).

3.3.1.1.2. Stanje u Francuskoj

Populacije *P. nobilis* na obalama Francuskog Sredozemlja (Provence, Occitania, Corsica) su bile dobro razvijene, a osobito u područjima Natura 2000 (Embiez otoci) i zaštićenim morskim područjima (Cerbere-Babylus, Port-Cros, Scandola, Larvotto Monaco, Agde, Cote-Bleue). Njezina gustoća raste nakon proglašenja Europske razine zaštite od 1992. godine duž obale Francuske. Prva pojava masovne smrtnosti u Francuskoj događa se u jesen 2017. godine na zapadnoj obali Korzike. Slijedilo je postupno širenje bolesti koje je u potpunosti zahvatilo i izbrisalo populaciju u prirodnom rezervatu Scandola 2018. godine u jesen. Širenje bolesti nastavlja se Francuskom rivijerom prema Monaku (rezervat Larvotto), a

80%-90% populacije nacionalnog parka Port-Cros krajem 2018. zahvatila su uginuća. Situacija u obalnim lagunama ostala je pogodna i žive populacije zabilježene su u dvije regije: Korzika (Diana) istočni dio i Occitania (Thau, Rhone, Leucate) (Katsanevakis i sur., 2021.).

U kolovozu 2020. otkrivene su prve 3 živuće jedinke na južnoj obali otoka Port Cros. Nadalje, u studenom iste godine je istraživanjem na tom području zabilježeno 8 živih jedinki na dubini između 23 i 27 metara raspršene preko područja od 1000 metara kvadratnih. Isto tako, pronađene su i 42 uginule periske na toj lokaciji. Prema procjeni, jedinke su stare od 1 do 3 godine i nastanile su područje između ljeta 2017 i 2019 godine. Krajem ožujka 2021. godine (27/03/2021), pronađene jedinke još uvijek su bile žive (Ruitton i Lefebvre, 2021.).

3.3.1.3. Stanje u Italiji

Izveštavano je o masovnim smrtnostima periske na lokacijama talijanske obale, u Tirenskom moru, Kampaniji, na obali Sicilijanske Mesine i otocima Procida i Ischia (Katsanevakis i sur., 2021.). Smrtnost se raspršila u Kampaniji tijekom 2017. godine kretanjem od sjevera prema jugu u rasponu od 63% - 90% na područja Positano, Sorrento, Cilento, Vico Equense. U ožujku 2018. godine, populacije Sorrenta, Procide i Ischia su nestale u potpunosti. U drugim regijama kao što su Toskana i Sardinija, također su prijavljene smrtnosti (Katsanevakis i sur., 2021.). Za sjever Sardinije, Oristano i otok Asinara, od 2018. godine prijavljena je pojava smrtnosti i trenutno nema jedinki koje su žive na ovim područjima osim male populacije u jezeru Is Benas (S. Coppa, osobna komunikacija prema Katsanevakis i sur., 2021.). Ostala područja Sardinije su nakon toga također pogođena masovnom smrtnosti od sjevera prema jugu te je samo nekoliko jedinki ostalo živo (Katsanevakis i sur., 2021.). Venecijanska laguna je poznato mjesto velikog broja periski, te nije pogođena masovnom smrtnošću (studeni 2020) (Katsanevakis i sur., 2021.).

Početkom 2017. godine, na području Sicilije i Kampanije su detektirane masovne smrtnosti plemenite periske koje su pogodile 85%-100% svih uzrasnih kategorija (Carella i sur., 2019.). U 13 uzoraka uginulih životinja, molekularna analiza potvrdila je prisutnost *Mycobacterium*. U samo jednom uzorku molekularnom i histopatološkom analizom utvrđen je *H. pinnae*. Prema dokazima istraživanja, navodi se da je mikobakterijska bolest povezana sa epizodama smrtnosti na području Italije, a *Haplosporidium sp* nije odgovoran za događaje u vodama Sicilije i Kampanije (Carella i sur., 2019.). Tijekom sakupljanja, kod uzoraka oboljelih životinja, vidjeli su se znakovi sporog zatvaranja ljuštura i pokazivale su slabe odgovore na dodir. Također, imale su ciste na plaštovima koji su bili uvučeni (Carella i sur., 2019.).

Mikobakterija pronađena u periskama na području Sicilije i Kampanije, grupirana je unutar ljudske mikobakterije *M. sherrisii*, koja pripada heterogenoj grupi mikobakterija, dio skupine *Mycobacterium simiae complex* (Carella i sur., 2019.). Izolacija prvih sojeva *M. sherrisii* bila je iz HIV inficiranih pacijenata porijeklom iz Afrike i pojavila se kasnije u Argentini, Italiji i nedavno Singapuru (Carella i sur., 2019.).

3.3.1.4. Stanje u Grčkoj

U Grčkoj su se dogodile masovne smrtnosti u zaljevu Kalloni te na otoku Limnos. Zaljev Kalloni na otoku Lesbos, domaćin je mnogim vrstama školjkaša i morski je ekosustav visoke bioraznolikosti i produktivnosti, a u listopadu 2019. godine populacija *P. nobilis* u ovom području pogođena je masovnom smrtnošću (Lattos i sur., 2020.). Histopatološki rezultati su u svim jedinkama koje su bile pozitivne pokazali prisutnost parazita u probavnim žlijezdama. Detektirani su *Mycobacterium* i *Haplosporidium* (Lattos i sur., 2020.). Zanimljivo je da u zaljevu Thermaikos koji je estuarijsko područje, u nadzoru plemenite periske oba su patogena bila prisutna u velikim količinama, ali jedinke nisu pokazivale simptome bolesti (Lattos i sur., 2020.).

Širenje bolesti u Grčkim vodama koje je slično ekspanziji smrtnih događaja u tijeku u drugim regijama Sredozemlja inicira da je masovna smrtnost školjkaša koja je započela 2016. godine još uvijek u tijeku i niti jedna lokalna populacija na Sredozemlju se ne može smatrati sigurnom (Zotou i sur., 2020.).

3.3.1.4.1. Egejsko more

Tijekom 2016-2017 godine na području istočnog Sredozemlja nisu zabilježene neobične smrtnosti školjkaša, međutim do sredine 2018. godine, počele su pristizati informacije o smrtnostima u Egejskom moru koje su uzbunile znanstvenike (Katsanevakis i sur., 2019.). Katsanevakis i suradnici (2019.) izvijestili su da je na otoku Lesbos u Grčkoj između kolovoza i listopada 2018. godine, od ukupno 950 zabilježenih jedinki, 886 uginulih a 64 živih što prema podacima znači da stopa smrtnosti iznosi 93% čime su okarakterizirali istraživanje kao događaj masovne smrtnosti. Ovaj događaj pogodio je sve populacije na otoku Lesbos uključujući i dvije najveće zabilježene populacije u Grčkoj (Katsanevakis i sur., 2019.). Uzorci tkiva su otkrili zaraze probavne žlijezde i probavnih tubula. Također, prema histopatološkim nalazima utvrđena je vrlo niska te čak u nekim slučajevima i odsutna reakcija hemocita domaćina, što bi moglo igrati ulogu u masovnoj smrtnosti diljem cijelog Sredozemlja (Katsanevakis i sur., 2019.).

Da bi se procijenila populacija *P. nobilis* u Egejskom moru (Grčki dio), podaci su sakupljeni sa 189 lokacija između 2019. i lipnja 2020. godine (Katsanevakis i sur., 2021.). Stopa smrtnosti u prosjeku tijekom tog perioda iznosila je 80% te je bila u jakom porastu kako je vrijeme prolazilo. Sa smrtnosti su pogođene sve populacije do ljeta 2020. godine, sa prosjekom od 95% i jedino je populacija u zaljevu Kalloni manje pogođena. Unutrašnji dio zaljeva Kalloni bio je manje pogođen, a u lipnju 2019. godine procijenjeno je ~684,000 živih jedinki na tom području. Međutim, do ljeta 2020. godine većina jedinki je uginula jer se masovna smrtnost nastavila širiti. Ipak, u rujnu 2020. godine su viđene žive juvenilne jedinke u unutrašnjem dijelu zaljeva Kalloni (S.Katsanevakis osobno zapažanje prema Katsanevakis i sur., 2021.).

3.3.1.4.2. Jonsko more

Mare Piccolo je lokacija na kojoj su izviješteni prvi dokazi smrtnosti *P. nobilis* za Jonsko more tijekom ljeta 2017. godine, tijekom zime je opao period smrtnosti da bi se tijekom narednog ljeta 2018. godine drastično povećao. U rano ljeto 2018. godine populacije *P. nobilis* na zapadnom dijelu Jonskog mora u 3 mjeseca pogodila je visoka stopa smrtnosti u iznosu od 100% (Katsanevakis i sur., 2021.). Prema obavljenoj molekularnoj analizi potvrđena je prisutnost patogena *H. pinnae* unutar *P. nobilis* na području Jonskog mora. Uočene su lezije unutar probavne žlijezde, a lezije tipične za mikobakterije nisu bile prisutne, što ukazuje na to da je uzrok masovnoj smrtnosti bio *H. pinnae* (Panarese i sur., 2019.). Rezultati histološke analize prikazali su povezanost *H. pinnae* u svim uzorcima sa teškim lezijama probavne žlijezde i nekrozom tubula (Panarese i sur., 2019.). Do kolovoza 2019. godine stope smrtnosti prekoračile su 80% i nastavljaju rasti u istočnom dijelu Jonskoga mora (Grčka) prema sakupljenim podacima sa 69 lokacija. Nacionalni park Zakynthos je jedino mjesto gdje je postotak smrtnosti bio nizak (40%), međutim 2020. godine masovno je zahvaćena čitava populacija, a ostalo je samo nekoliko uglavnom juvenilnih jedinki (Cg. Dimitriadis, osobna komunikacija prema Katsanevakis i sur., 2021.).

3.3.1.5. Stanje u Turskoj

Masovna smrtnost prijavljena je i na području Turske koja je također bila 100% na nekim lokacijama (B. Ozturk i S. Tuncer. osobna komunikacija 2019. prema Kersting i sur., 2019.). Masovna smrtnost u području tjesnaca Dardaneli, uočena je vizualnim pregledom ronioca (Kunili Ender i sur., 2021.). Histopatološke analize pokazale su prisutnost *H. pinnae* u

P. nobilis, a posebice u dijelovima vezivnog tkiva, plašta, crijeva i probavne žlijezde (Kunili Ender i sur., 2021.).

Kao glavni uzročnik masovne smrtnosti u Turskoj na području Dardanela, navodi se *H. pinnae*. Mikrobiološka analiza je također potvrdila prisutnost *Vibrio harveyi* i *Vibrio sp.* bakterije u tkivima zajedno sa *H. pinnae* (Kunili Ender i sur., 2021.). *V. harveyi* je dobro poznata vrsta bakterije koja uzrokuje smrtnosti morskih organizama, beskralješnjaka i kralješnjaka, škampa, jastoga, morskih pasa (Kunili Ender i sur., 2021.). U tkivima inficiranim *H. pinnae* zabilježena je prisutnost *V. harveyi* što znači da bi ova bakterija mogla uzrokovati oportunističku infekciju periske uz prisutnost utvrđenog *Vibrio sp.* (Kunili Ender i sur., 2021.). Prema podacima sa 12 lokacija između Bodruma i Ayvalika, zabilježen je trenutni status plemenite periske duž obale Turske. U ispitanim područjima stopa smrtnosti bila je 97% (od zabilježenih 113 jedinki, žive su bile samo 3 jedinke) (Katsanevakis i sur., 2021.).

3.3.1.5.1. Mramorno more

Mramorno more, za razliku od Sredozemnog ima dva stratificirana vodena tijela, donji sloj koji je visoko slan i sastoji se od vode porijeklom iz Sredozemnog mora te gornji sloj koji je manje slan i sastoji se od vode porijeklom iz Crnog mora (Cinar Ertan i sur., 2021.). Smatralo se da zbog bočate vode u gornjem sloju Mramornog mora, gdje se nalaze plemenite periske, Mramorno more može biti rezervoar za vrste i prepreka širenju bolesti (Cinar Ertan i sur., 2021.). Međutim, masovna smrtnost pogodila je i ovo područje u jesen 2020. godine i nastavila se širiti tijekom zimskih mjeseci.

Od ukupno 191 jedinke koje su pronađene, 88% je uginulo, samo 19 odraslih i 4 juvenilne (< 20cm) su bile žive. Cinar Ertan i suradnici (2021.) navode da postoji mogućnost da je na masovnu smrtnost utjecao i događaj cvjetanja mora koji je u isto to vrijeme uzrokovao smrtnosti spužvi poput *Ircinia spp*, *Aplysina aerophoba*, *Haliclona spp*, *Sarcotragus spp*, i dagnje *Mytilus galloprovincialis* (Cinar Ertan i sur., 2021.).

Tjesnac u Istanbulu smatra se sjevernom granicom širenja plemenite periske, a njeno postojanje isključeno je za Crno more (Katsanevakis i sur., 2021.). Na južnom ulazu u Mramorno more izviješteno je o smrtnosti od 90% jedinki (Katsanevakis i sur., 2021.).

3.3.1.5.2. Levantsko more

Kroz cijeli Levantski bazen poznata je prisutnost *P. nobilis*. Do početka 2018. godine oko otoka Cipra i Levantske obale Turske nalazile su se značajne populacije plemenite periske. Prema promatranjima identificirano je mnogo područja sa različitim zdravljem i gustoćom

populacije uz južnu obalu Turske (Katsanevakis i sur., 2021.). Na istim područjima 2020. godine nije pronađen ni jedan živi primjerak (F Öndes, F Huseyinoglu osobno priopćenje prema Katsanevakis i sur., 2021.). Levantske populacije izgledno su pogođene do lokalnog istrebljenja (Katsanevakis i sur., 2021.).

3.3.1.6. Stanje u Tunisu

Populacijski status plemenite periske na obalama Libije i Tunisa slabo je poznat. Podaci iz prethodnih studija navode da je gustoća populacije varirala između 1,5 i 56 jedinki na 100 metara kvadratnih na obalama Tunisa (Katsanevakis i sur., 2021.). Prema zapažanjima lokalnih ribara i ronilaca koji su izvijestili nestanak vrste sa raznih obalnih područja duž obale Tunisa, može se zaključiti da se dogodila masovna smrtnost *P. nobilis* sa čestim izvještajima o praznim ljušturama. U Sidranskom zaljevu (duž Libijske obale) trenutno stanje ostaje nepoznato (Katsanevakis i sur., 2021.).

3.3.1.7. Stanje u Hrvatskoj

U Hrvatskoj je *Pinna nobilis* bila široko rasprostranjena toliko da je na dubinama između 2 i 20 metara bila iznimno brojna od 2005. godine pa sve do pojave masovne smrtnosti (Petricioli D. i Bakran Petricioli T., osobno opažanje prema Bakran Petricioli i sur., 2023.). Tijekom 2000-ih godina se bilježio porast populacije periske duž Hrvatske obale prema mnogim izvještajima sa Jadranskog mora (Šarić i sur., 2020.).

Masovna smrtnost plemenite periske na južnom dijelu Jadrana je detektirana u proljeće 2019. godine. U periodu od lipnja do listopada su prijavljene mnoge masovne smrtnosti duž Hrvatske obale. Središnji dio Jadrana zabilježio je porast masovne smrtnosti krajem ljeta, odnosno početkom jeseni 2019. godine. Širenje smrtnosti od jugoistoka prema sjeverozapadu Jadrana slijedio je obrazac morskih površinskih struja (Šarić i sur., 2020.). Sve poznate populacije pogođene su do zime 2019. godine u iznosu od 90%, osim sjevernog dijela (poluotok Istra, Kvarnerski i Tršćanski zaljev). Masovna je smrtnost tijekom 2020. godine došla do sjevernog dijela Jadrana (Bakran Petricioli i sur., 2023.). Širenje smrtnosti nastavilo se i u 2020. godini, a sve zabilježene populacije istočnog Jadranskog mora bile su pogođene sa 100% smrtnosti do ljeta. Duž Hrvatske obale samo su na tri lokacije tijekom listopada 2020. godine pronađene tri žive jedinke (Katsanevakis i sur., 2021.).

Na manje odnosno mlađe jedinke (<30 cm dužine) bolest nije utjecala ili su bile u boljem stanju u odnosu na veće (35-38 cm dužine) koje su imale kliničke simptome. Širenje parazita zapadnom stranom Sredozemlja 2016. godine sugerira da se invazija u Jadranskom moru dogodila kroz tjesnac Otranto koji povezuje Jadran sa Jonskim morem (Čizmek i sur., 2020.)

Šarić i suradnici (2020.) u periskama na području Jadrana detektirali su *Mycobacterium* u 70% klinički bolesnih uzoraka, dok je *H. pinnae* pronađen u 58% slučajeva. U slučajevima gdje je bio prisutan samo *Mycobacterium* lezije su opisane kao umjerene do jake, dok u prisustvu *H. pinnae* lezije su procijenjene kao odsutne ili manje do umjerene. Također navode da bi vodeći uzrok masovne smrtnosti u Jadranskom moru mogao biti *Mycobacterium*. Nekoliko upalnih lezija je detektirano u 8,4% smrtnih slučajeva bez potvrđene prisutnosti oba patogena, na mjestima gdje masovna smrtnost nije proglašena (Šarić i sur., 2020.). Jake i difuzne upalne lezije, potvrđene su u prikupljenim uzorcima tijekom nadzora na lokaciji Seline, gdje nije bio prisutan ni *Mycobacterium* ni *Haplosporidium* (Šarić i sur., 2020.).

Kako bi se pronašle lokacije na kojima uspijevaju populacije *P. nobilis*, potrebno je razraditi programe nadziranja što bi ujedno pomoglo i određivanju zdravstvenog statusa. Takva mjesta bi prema trenutnim podacima mogla biti u blizini kontinentalne obale Srednjeg Jadrana, u Velebitskom kanalu i u blizini lokacija Novigradskog mora, uvala Paga te Karinskog mora (Šarić i sur., 2020.). Vrlo je važan Sjeverni Jadran na kojem je masovna smrtnost zabilježena kasnije te je vjerojatnost pronalaska živih periski u prirodi veća, a jedinke bi mogle biti potencijalno otporne na patogene (Bakran-Petricioli i sur., 2023.).

Tijekom dvije uzastopne godine istraživanja (2019., 2020.), pratili su se kolektori instalirani na dvije lokacije: NP Brijuni (sjeverni Jadran) i u uvali Luka (srednji Jadran). U oba istraživana područja, kolektori su postavljeni u infralitoralnoj zoni. Nakon što su izvađene iz mora, sve vreće pregledane su s oprezom u potrazi za živim jedinkama (Bakran-Petricioli i sur., 2023.). Tijekom druge godine, na kolektorima su rezultati pokazali smanjenje u veličini i broju juvenilnih jedinki *P. nobilis* te veliku količinu invazivnog školjkaša *Anadara transversa*. Još jedna invazivna vrsta *Styela plicata* koja je ozbiljno oštetila organizme na kolektorima pronađena je u uvali Luka te je spriječila analizu zajednice na obraštaju (Bakran-Petricioli i sur., 2023.). U uvali Javorike 2019. godine pronađene su 72 juvenilne jedinke od kojih su 2 bile potpuno oštećene, dok je u 2020. godini pronađeno samo 40 jedinki od kojih je 11 bilo oštećeno. U uvali Pisak (Brijuni) 2020. godine pronađeno je pronađeno je 11 juvenilnih jedinki od kojih je 4 bilo u potpunosti oštećeno (Bakran-Petricioli i sur., 2023.).



Slika 3. Vreća iz uvale Javorike koja je bila smještena na plitkoj dubini, skoro u potpunosti prekrivena invazivnim školjkašem *Anadara transversa*, (slikala: Tatjana Bakran-Petricioli).

Jedan od kolektora u uvale Luka je u potpunosti nestao, a ostala dva su teško pogođena invazivnom vrstom *Styela plicata* (Bakran-Petricioli i sur., 2023.).



Slika 4. Kolektorska vreća iz uvale Luka u potpunosti prekrivena invazivnom vrstom *Styela plicata* (Lesueur, 1823.) (izvor: Bakran-Petricioli i sur., 2013.)

Prvi put u Sredozemlju invazivna vrsta *Anadara transversa* uočena je 1972. godine (Bakran-Petricioli i sur., 2023.). Od tad se već proširila Jadranskim i Sredozemnim morem. U Hrvatskoj je prvi put zabilježena 2011. godine na dubini od 4,4 m i muljevitom dnu Limskog zaljeva (Bakran-Petricioli i sur., 2023.).

Bakran-Petricioli i sur. (2023.) navode da su kolektori u plitkim područjima sadržavali najveći broj školjkaša. Na oba proučavana područja, broj ličinki na kolektorima prema dubini prikazuje da ih ima više prisutnih u plićim područjima (Bakran-Petricioli i sur., 2023.). Od 51 juvenilne jedinke *P. nobilis* iz kolektora prikupljenih u uvalama Javorike i Pisak tijekom 2020. godine, samo ih je 19 bilo živo te su prevezene u Aquarium Pula. Do kraja 2021. godine, nažalost su sve jedinke uginule, a analiza je pokazala da su bile zaražene sa *H. pinnae* (Bakran-Petricioli i sur., 2023.).

Kolektori u uvali Luka bili su zaraženi invazivnom vrstom i nisu se mogle zabilježiti juvenilne jedinke plemenite periske. Invazivna mješćica *Styela plicata* širom je rasprostranjena po svijetu, a njena pojavnost učestala je na morskim strukturama poput pristaništa, bova i marikulturnih lokacija. Rasponi koje podnosi u okolišu su široki, a osobito salinitet i temperature (Bakran-Petricioli i sur., 2023.). Osim ove vrste, još dvije invazivne vrste su pronađene na kolektorima u uvali Luka: mahovnjaci *Bugula neritina* (Linnaeus, 1758.) i spužva *Paraleucilla magna*. Mali broj juvenilnih jedinki na kolektorima kao i njihovo slabo preživljavanje u zatvorenim akvarijima do danas potvrđuje da kolektori ličinaka plemenite periske ne mogu spasiti od izumiranja. Međutim, kolektori ličinki mogu poslužiti za dobivanje vrijednih informacija o reprodukciji odraslih jedinki plemenite periske u okolišu. Na neki način kolektori su pomoć saznanja o okolišnom stanju, osobito kad se radi o invazivnim vrstama kao što je *Anadara transversa* koja je u kompeticiji za stanište i hranu sa periskom i drugim školjkašima od komercijalne važnosti (Bakran-Petricioli i sur., 2023.).

Nacionalni park Mljet jedno je od najvažnijih staništa *P. nobilis* na južnom dijelu istočnog Jadrana gdje su dvije jezerske uvale: Malo i Veliko jezero. Gustoća jedinki u ovom području bila je veća nego u ostalim dijelovima Jadrana i Sredozemlja, a populacija je primarno imala jedinke starije dobne strukture u rasponu od 8 do 15 godina (Mihaljević i sur., 2021.). Kako bi se utvrdila prisutnost mogućih uzročnika smrtnosti (*Mycobacterium spp* i *H. pinnae*), molekularno i histološki su analizirani uzorci živih jedinki i njihovih organa sa nalazišta na otoku Mljetu i sjevernom Istarskom poluotoku. Pokazalo se da postoji značajna korelacija između početka mortaliteta, brzine širenja mortaliteta i temperature vode (Mihaljević i sur., 2021.).

Mihaljević i sur. (2021.) navode da su rezultati istraživanja jasno pokazali širenje masovne smrtnosti od juga prema srednjim dijelovima istočno Jadranskih regija te u konačnici do sjevernog dijela. Sredinom travnja 2019. godine detektiran je *H. pinnae* u jedinki sa vanjske strane otoka Mljeta. Istovremeno u unutrašnjem dijelu otoka nije bilo mortaliteta i sve

uzorkovane životinje su bile negativne na ovog uzročnika. Dvije jedinke na lokaciji Malo jezero bile su pozitivne na *Mycobacterium spp.* uz obalu i otoke (Mihaljević i sur., 2021.).

Hipotezu porasta mortaliteta zbog utjecaja visokih temperatura podupiru i rezultati studije u Malom jezeru nacionalnog parka Mljet (Mihaljević i sur., 2021.). Ulaz u Malo jezero sprječava unos većih količina vode čime se formira barijera za patogene što dovodi do polaganog umnažanja. Pretpostavlja se da je maksimum visokih temperatura dosegnut u kolovozu doveo do iznimno brzog širenja patogena u Velikom jezeru kao i u Malom jezeru sa izoliranijom populacijom (Mihaljević i sur., 2021.).

Trenutno stanje plemenite periske u Jadranskom moru:

U 2022. godini pronađeno je 18 živih primjeraka, te je cjelokupan broj potvrđenih živih primjeraka bio u tom trenutku 25. Kolektori za prikupljanje juvenilnih jedinki postavljeni su na 41 lokaciji. Gabrijela Božić navodi kako se nakon dojava građana za velik broj ispostavilo da se radi o *Pinni rudis* (Zavod za zaštitu okoliša, 2023.).

Mišel Kalajžić u novinskom članku Zadarski hr. prenosi da je u mjestu Sali na Dugom otoku nedavno je pronađena nova periska nastala iz mrtvog oklopa (URL 1)



Slika 5. Izrasla periska iz periske (URL 1, slikao Vedran Petešić)

Morski.hr prenosi vijesti o pronalasku žive periske u moru kod Banjole na 17 metara dubine (URL 4).



Slika 6. Novootkrivena periska kod Banjole (izvor: URL4)

Kraj Kraljičine plaže u Ninu prema izvještaju Dijane Marić Odošić, otkrivene su dvije periske. S obzirom na visinu ove dvije periske (11 i 13 cm iznad sedimenta), pretpostavlja se da su stare od tri do četiri godine i da su spolno zrele jedinke. Udaljene su 5 metara jedna od druge što bi značilo da postoji mogućnost uspješne reprodukcije (URL 5).

3.4. Uzročnici masovne smrtnosti

U početku se kao jedini uzročnik masovne smrtnosti plemenite periske navodio haplosporidni parazit *Haplosporidium pinnae* (Carella i sur., 2020.). Sa ishodom bolesti je nakon toga povezivana mikobakterijska infekcija (Carella i sur., 2019.), dok je *Vibrio mediterranei* vjerojatan uzrok među jedinkama u Španjolskoj što bi moglo biti povezano sa stresom držanja životinja u zatočeništvu (Carella i sur., 2020.). *Vibrio mediterranei*, pronađen je nedavno kao uzročnik pri temperaturama od 25°C do 26 °C (Zotou i sur., 2020.). Prema epidemiološkim podacima, odgovorne za masovnu smrtnost smatraju se *Haplosporidium pinnae* kao primaran uzročnik, zatim *Mycobacterium sp*, *Vibrio spp* i *Perkinsus spp*. (Scarpa i sur., 2020.). Analiza uzoraka umirućih *P. nobilis* jedinki sa područja Španjolske i Italije dokazala je da su bolesti doprinijeli uglavnom *Haplosporidium pinnae*, *Mycobacterium spp*, ali također i *Pekrinsus sp* i *Vibrio sp* (Box i sur., 2020.).

3.4.1. Prenošnje uzročnika

Kao potencijalni faktor prenošenja haplosporidija se navode oceanske struje, međutim vrlo malo se zna o prijenosu ovog uzročnika u okolišu (Cabanellas-Reboredo i sur., 2019.). Neka područja su zaražena periodično, s vremenskom odgodom što bi značilo da su površinske struje moguć glavni pokretač prijenosa parazita kroz Sredozemlje (Cabanellas-Reboredo i sur., 2019.). Vremenski okvir kolonizacije parazita, infekcije i virulencije u domaćinu, nije poznat. Stoga prije nego pokaže znakove bolesti periska može biti inficirana već neko vrijeme što bi značilo da znanstvenici bolest identificiraju tek kad vide njene znakove poput blijedog i povučenog plašta, ljuštura koje se ne zatvaraju ili se zatvaraju jako sporo, a parazit je unutar periske možda već danima, tjednima ili mjesecima (Cabanellas-Reboredo i sur., 2019.). Bolest je povezana sa temperaturama iznad 13.5 °C i salinitetom u rasponu od 36.5 – 39.7 ‰ (Cabanellas-Reboredo i sur., 2019.).

3.4.2. Širenje uzročnika sporama

Sporulacija *H. pinnae* koja ometa apsorpciju hrane, izaziva disfunkcionalnost i smrt domaćina, a događa se u cjevčicama probavne žlijezde (Panarese i sur., 2019.). Sporulacija *H. nelsoni* i *Haplosporidium tuxtlensis* kod kamenice *Crasostrea virginica* (Gmelin, 1791.) i limpeta *Siphonaria pectinata* (Linnaeus, 1758.) imala je slične patološke uvijete u probavnoj žlijezdi (Panarese i sur., 2019.). Visoke stope smrtnosti na različitim vrstama kamenica uzrokovali su *Haplosporidium nelsoni*, *Bonamia ostreae* i *Bonamia exitiosa*, te su visoko patogeni za mnoge slatkovodne i morske beskralješnjake (Panarese i sur., 2019.). Kontrola širenja uzročnika je teška zbog slabog imuniteta domaćina i brze smrti infestiranih jedinki sa rezultatima do 100% smrtnosti u nekoliko mjeseci (Panarese i sur., 2019.). Kako bi se ublažilo lokalno izumiranje ove zaštićene vrste, jedina dostupna opcija bi bila ponovno naseljavanje populacija plemenite periske po završetku masovne smrtnosti (Panarese i sur., 2019.). Obzirom da ima stadij spora, smatra se da se *H. pinnae* može širiti putem morskih struja na duži vremenski period i daleke lokacije ili kao alternativa, planktonske vrste mogu biti među domaćini ili se može nataložiti u sedimentu (Čizmek i sur., 2020.). Poznato je da su spore *H. pinnae* prisutne u okolišu te bi se buduće studije trebale usredotočiti na mogućnost uključenosti međudomaćina koji se brzo kreće i ima ga u izobilju u morskom okolišu (Mihaljević i sur., 2021.).

3.4.3. Istovremena prisutnost različitih uzročnika

Istovremene infekcije mnogobrojnih organizama događaju se kod ljudi i kod životinja, ali samo u teoriji je poznato kako djeluju na obolijevanje samog domaćina (Carella i sur., 2020.). Veća je mogućnost da se ovakvo stanje dogodi jedinkama koje imaju lošiji imunitet te su samim time više izložene infekcijama ili ko-infekcijama patogena, a prisutnost jednog patogena posljedično će povećati brojnost i virulentnost drugoga (Carella i sur., 2020.). Kad se događa ko-infekcija, interakcija između dvije infekcije može imati različit ishod. Jačina oba ili jednog patogena može biti pojačana, a isto tako oba ili jedan patogen mogu biti potisnuti (Carella i sur., 2020.).

3.4.3.1. Mikobakterije

Mikobakterioza je sustavna, kronična, progresivna i često smrtonosna bolest koja pogađa širok raspon kopnenih i vodenih kralješnjaka (Carella i sur., 2020.). Porodica mikobakterija je podijeljena na: (1) Mikobakterijski tuberkulozni kompleks (*Mycobacterium tuberculosis complex*, MTBC) koji uključuje vrste patogene za ljude, divlje i domaće sisavce koji uzrokuju tuberkulozu, (2) Ne-tuberkulozna mikobakterija (*Non-Tuberculous Mycobacteria*, NTM), sadrži slobodno živeće organizme, koji su prisutni svugdje u okolišu te mogu uzrokovati široki raspon infekcija kod ljudi i životinja iz različitih okoliša (Carella i sur., 2020.). Među najčešćim kroničnim bolestima vodenih životinja se javljaju NTM infekcije (Carella i sur., 2020.). Kao važan izvor smrtnosti i obolijevanja, mikobakterijske vrste zabilježene su kod divljih životinja i u akvakulturi (Carella i sur., 2020.).

Prepoznato je više od 100 vrsta mikobakterija i 11 podvrsta čije su infekcije povezivane sa morskim i kopnenim životinjama (Lattos i sur., 2020.). Bakterijske vrste imaju svoju optimalnu temperaturu na kojoj rastu i povećavaju virulentnost, što u sinergiji sa drugim stresnim čimbenicima dovodi do masovne smrtnosti u vodenim organizama. Do patogenosti uzročnika dovodi optimalna temperatura i nizak imuni odgovor domaćina (Lattos i sur., 2020.). U mnogim čvrstim i tekućim okolišnim uvjetima kao što su tlo i voda, može se pronaći rod aktinobakterija, *Mycobacterium* (Lattos i sur., 2020.). *Mycobacterium spp* za rast zahtijeva višu temperaturu vode, a poznato je da predstavnik ovog roda *Mycobacterium marinum* obično uzrokuje bolesti morskih riba kada su temperature vode iznad 25 °C (Mihaljević i sur., 2021.).

Mikobakterije promatrane u imunološkim stanicama mekušaca stvarale su upalne lezije koje su se širile vezivnim tkivom gonada i probavne žlijezde pa na druge organe (Carella i sur., 2019.). S obzirom da su kod *P. nobilis* glavne upalne lezije lokalizirane u probavnoj žlijezdi, smatra se da bi uzročnik mogao preferirati rutu putem probave. Također, mikobakterija se izgledno širi putem hemolimfe u druge organe što sugerira prisutnost hemocita ispunjenih mikobakterijama okolo hemolimfnih žila (Carella i sur., 2019.). Poznato je da infekcija mikobakterijama neko vrijeme može biti asimptomatska, nakon čega se može ponovno aktivirati u zaraženom domaćinu (Šarić i sur., 2020.).

3.4.3.1.1. *Rhodococcus erythropolis*

Scarpa i suradnici (2020.), u istraživanju živih vrsta plemenite periske u periodu od 2018. do 2019. godine, u jednoj jedinki pronašli su uzročnika koji se do sad još nije spominjao *Rhodococcus erythropolis* koji je povezan sa *Mycobacterium sp.* Isto tako navode da bi se trebalo preispitati uloge mikobakterija i *H. pinnae* u masovnoj smrtnosti periske. Ovakav pronalazak potvrđuje prisutnost više patogena u *P. nobilis*, štoviše noviji rezultati upućuju na to da masovna smrtnost nije samo rezultat infekcija *H. pinnae* i *Mycobacterium spp.* (Scarpa i sur., 2020.).

Vrste *Rhodococcus* su poznate po širokom spektru kataboličkih aktivnosti, a neki sojevi mogu proizvesti i antibiotik (Scarpa i sur., 2020.). Kod još uvijek živućih jedinki *Pinne rudis*, koje nisu pokazivale znakove bolesti ni za vrijeme uzorkovanja ni za vrijeme laboratorijskih analiza, identificiran je *Mycobacterium*. Pretpostavlja se da u ovom slučaju *Mycobacterium* nije imao ulogu patogena, te se sugerira na mogućnost postojanja nekoliko vrsta *Mycobacteriuma* u morskom okolišu (Scarpa i sur., 2020.).

3.4.3.2. Haplosporidni paraziti

Haplosporidni paraziti sastoje se od četiri roda patogeni protozoični paraziti te obično imaju spore sa jednom jezgrom (Carella i sur., 2020.). Kao prvi otkriveni patogen u velikom broju uginulih jedinki *H. pinnae* se smatrao uzročnikom masovne smrtnosti periske te ga se navodilo kao specifičnog za *P. nobilis* (Scarpa i sur., 2020.). Prema molekularnom istraživanju u Italiji dokazano je da *H. pinnae* nije specifičan za jednu vrstu već da njegovo postojanje datira još od 2014. godine što osporava navode da je *H. pinnae* jedinstveni uzročnik smrtnosti plemenite periske na području Sredozemlja (Lattos i sur., 2021.).

Haplosporidni paraziti su također odgovorni za masovne smrtnosti dagnji, kamenica i mnogih morskih školjkaša (Box i sur., 2020.). Jedna od prvih vrsta haplosporidija koja je naudila školjkašima, a osobito kamenici *Crassostrea virginica* čija se populacija smanjila za 95% u zaljevu Chesapeake u Americi, naziva se *Haplosporidium nelsoni* (Lattos i sur., 2020.).

Svakako je potrebno provoditi daljnja istraživanja u svrhu identifikacije i pokušati kontrolirati, ako je to moguće, faktore koji poboljšavaju virulentnost, raspršenje i preživljavanje *H. pinnae* (Katsanevakis i sur., 2019.). Na mjestima na kojima nema prisutnosti parazita vjerojatno dominiraju specifični uvjeti koji kontroliraju širenje i preživljavanje parazita ili povećavaju snagu i zdravlje domaćina čime periska postaje otpornija na infekcije (Katsanevakis i sur., 2019.).

3.4.3.3. Vibrio vrste

Kao uzročnici mnogih događaja masovne smrtnosti navode se pripadnici roda *Vibrio* koji imaju utjecaj na sve životne cikluse školjkaša (Lattos i sur., 2021.). Na dva geografska područja izolirane su dvije različite *Vibrio* vrste. *Vibrio alginolyticus* u Toskani i *Vibrio mediterranei* (*V. shiloi*) u Kataloniji. *Vibrio mediterranei* je povezan sa bolesnim stanjima vodenih životinja kao što su Jakobove kapice i koralji te sa masovnom smrtnošću *P. nobilis* (Carella i sur., 2020.). *V. alginolyticus* je povezan sa bolestima morskih životinja uključujući ribe, mekušce i rakove (Carella i sur., 2020.).

3.4.3.4. Mehanizam otpornosti na patogene

U borbi protiv patogena, organizmi otpuštaju i proizvode komponente urođenog imuniteta kao što su citokini i reaktivne vrste kisika, a to se odnosi i na mekušce koji na taj način nastoje savladati infekciju (Box i sur., 2020.). Ako proizvedu previše reaktivnog kisika dolazi do oksidativnog stresa i oštećenja stanica (Box i sur., 2020.). Mekušci imaju široki spektar antioksidativnih mehanizama kako bi se zaštitili od prekomjerne produkcije reaktivnog kisika (Box i sur., 2020.).

Box i suradnici (2020.) prema rezultatima histološke i molekularne analize navode da su neki od istraživanih uzoraka periski sa Mallorce prije događaja masovne smrtnosti 2011. godine pokazali prisutnost *Mycobacterium* dok *H. pinnae* nije bio prisutan. Nakon događaja masovne smrtnosti 2016/2017. godine sve jedinke koje su analizirane imale su prisutan *H. pinnae*, a kod nekih je također bio prisutan i *Mycobacterium sp.* Nadalje autori donose zaključak da je *Mycobacterium* detektiran u nekim jedinkama u oba perioda uzorkovanja što bi značilo da iako mogu negativno utjecati na *P. nobilis*, glavni uzrok visoke smrtnosti je *H. pinnae* (Box i sur.,

2020.). Jaki upalni odgovor *P. nobilis* zbog infekcije *H. pinnae* povezan je sa značajnom infiltracijom plazmodija i jedno jezgrenih stanica u probavnu žlijezdu što vjerojatno dovodi do smrti (Čizmek i sur., 2020.). Životinje koje su napadnute neće se moći hraniti što će im onemogućiti ispravan odgovor na infekciju i samim time značajno usporiti i izmijeniti zatvaranje ljušture (Box i sur., 2020.).

3.5. Novačenje

Uspješno novačenje je ključ potencijalnog oporavka populacija plemenite periske u regijama pogođenim masovnom smrtnošću. Visoke stope smrtnosti zabilježene tijekom masovne smrtnosti su utjecale na reprodukciju periske a samim time i na novačenje (Kersting i sur., 2020.). U regijama Sredozemlja poput sjevernog Jadranskog mora i na nekim mjestima na jugu kao što je Alžir novačenje ličinaka je bilo obilno u 2018. i 2019. godini (Kersting i sur., 2020.).

Kolektori za ličinke pokazali su se kao koristan alat u procjeni potencijalnog novačenja kod *P. nobilis*, kao i kod uvida u brojnost jedinki prije izloženosti pritiscima kao što su predatorstvo ili premještanje što utječe na bentoske jedinke (Kersting i sur., 2019.).

Delta Ebro je područje na kojem se u velikim populacijama nalaze plemenite periske koje su preživjele događaj masovne smrtnosti navodno zbog niskog saliniteta na tom području (Kersting i sur., 2020.). Ovo područje se već razmatralo kao jedan od glavnih izvora ličinki periske (Kersting i sur., 2020.). Međutim, iako su populacije uglavnom netaknute masovnom smrtnošću, kolektori koji su postavljeni na ovoj lokaciji nisu sadržavali ličinke. Nakon masovne smrtnosti beskralješnjaka, praćenja su pokazala da oporavak može biti spor i geografski raznolik (Kersting i sur., 2020.).

Prirodni oporavak plemenite periske od masovne smrtnosti oslanja se na novačenje koje ovisi najviše o brojnosti jedinki i transportu sa mjesta koja nisu zahvaćena, te postojanosti potencijalne reprodukcije i otpornih jedinki na mjestima koja su zahvaćena (Kersting i sur., 2020.). Preživljavanje nakon novačenja uvjetovati će potencijalno postojanje jedinki koje su otporne na patogene (Kersting i sur., 2020.).

U najboljem slučaju, kad bi postojale otporne juvenilne jedinke, uspješan oporavak kroz novačenje bi mogao trajati jako dugo i moralo bi se uzeti u obzir i prirodno novačenje koje je ograničeno faktorima poput predatorstva, a posebno u zaštićenim područjima gdje predatora ima u izobilju (Kersting i sur., 2020.).

3.6. Hibridizacija

Pinna rudis uključena je u Aneks II Konvencije u Bernu kao strogo zaštićena i Konvencije u Barceloni kao ugrožena morska vrsta. Iako su staništa *P. rudis* i *P. nobilis* različita prema njihovim prioritetima, na nekim mjestima koegzistiraju (Vazquez-Luis i sur., 2021.). Temeljem morfoloških osobina, vanjske značajke, karakteristike plašta i veličina ljuštore naglašavaju da bi mogao postojati hibrid nastao između ove dvije vrste. Pronađeno je 3 jedinke i nekoliko praznih ljuštura unutar zaštićenog morskog područja Cabrera (Vazquez-Luis i sur., 2021.).

Hibridizacija je uobičajen proces između vrsta koji je dio prirodnog sistema i prikazuje evolucijsku silu (Vazquez-Luis i sur., 2021.). Hibridizacija može dovesti do urušavanja barijera ili formiranja nove vrste (Vazquez-Luis i sur., 2021.). S obzirom na događaj masovne smrtnosti endema *P. nobilis* od kad je nekoliko preživjelih jedinki manifestirano kao kombinacija *P. nobilis* i *P. rudis*, identifikacija navodnih hibrida na području Sredozemnog mora je ključna (Vazquez-Luis i sur., 2021.). Nije poznato jesu li hibridi plodni i može li nastati druga generacija. Važno je napomenuti da su novonastali hibridi otporni na *H. pinnae*. Stoga, tragovi otpornosti bi mogli biti pronađeni upravo u hibridima (Vazquez-Luis i sur., 2021.).

3.7. Kolektori ličinaka

Larvalni kolektori sastoje se od niza plastičnih mrežastih vrećica koje sadrže pletenu najlonsku nit (Kersting i sur., 2020.). Vrećice su prihvaćene za glavno uže koje je fiksirano u betonski vez i držano plutačom koja je uronjena, prekrivajući raspon dubine od 0,5 m do 20 m. Kolektori se usidre početkom ljeta u lipnju i uklanjaju sredinom jeseni u studenom (Kersting i sur., 2020.). Kolektori ličinki koriste se također i za procjenu genetske povezanosti kod *P. nobilis*, pokazuju postojanost izvora i pad populacije te potencijal povezanosti vrste (Kersting i sur., 2020.). Periske prihvaćene za sediment se poslije premještaju u zaštićene kaveze potopljene na mjestu, gdje novaci mogu narasti i koristiti se kasnije za obnovu populacije (Kersting i sur., 2020.).

2.7.1. Postavljanje kolektora na Jadranu

Srednji Jadran

Na tri lokacije (južni dio Velebitskog kanala-Seline, ušće Krke i Privlački zaljev) postavljeni su kolektori za prikupljanje ličinaka. Postavljeni su u srpnju i rujnu 2022. godine. S obzirom da je teško uočiti mlade primjerke *P. nobilis*, kolektori su ostavljeni u moru do 2023.

godine. Kako su kolektori postavljeni na područjima gdje se nalaze bogate populacije školjkaša, uočeno je mnogo juvenilnih jedinki različitih školjkaša. Nijedna jedinka *P. nobilis* nije pronađena (Sveučilište u Zadru, 2023.).



Slika 7. Kolektori postavljeni u južnom dijelu Velebitskog kanala (izvor: Sveučilište u Zadru, 2023.)

Tijekom ljeta 2022. godine, nadzirane su tri lokacije na otoku Pagu. Dvije lokacije su bile u Paškom zaljevu, a jedna u Staroj Poveljani. Karakteristike ovih mjesta su pjeskovito muljevita dna do 10 m dubine (Sveučilište u Zadru, 2023.).

Prema informacijama građana o prisutnosti živih jedinki *P. nobilis* na lokaciji u blizini sela Seline (južni dio Velebitskog kanala) nadzorom su pronađene samo prazne ljuštore periske (Sveučilište u Zadru, 2023.).



Slika 8. Prazna ljuštura *P. nobilis* u blizini Selina (izvor: Sveučilište u Zadru, 2023.)

Prije događaja masovne smrtnosti, veliki broj periski bio je prisutan u zaljevu Sakarun (Dugi otok). S obzirom da se radi o lokaciji koja je okrenuta prema otvorenom moru, ova lokacija je bila jedna od prvih pogodnih masovnom smrtnosti na srednjem dijelu Jadrana. U ljeto 2019. godine, sve jedinke *P. nobilis* u zaljevu Sakarun su uginule (Sveučilište u Zadru, 2023.). Prema informacijama građana, na lokaciji Sukošan pronađena je živa jedinka *P. nobilis* koja se nadzire svaki mjesec te je još živa (Sveučilište u Zadru, 2023.).



Slika 9. Živa jedinka periske u blizini sela Sukošan (izvor: Sveučilište u Zadru, 2023.)

U blizini sela Privlaka pronađene su 3 žive jedinke *P. nobilis* u 2021. godini. Jedna jedinka je nažalost uginula tijekom jeseni 2022. godine, a ostale dvije su još uvijek žive i dobro reagiraju na vanjske podražaje (Sveučilište u Zadru, 2023.).

Južni Jadran

Tijekom 2022. godine na području južnog Jadrana postavljeno je 199 kolektora. Postavljeni kolektori su imali bove i natpise projekta na njima. Strane vrste poput *Pinctada radiata imbricata* i *Styela plicata* uočene su prilikom podizanja kolektora. Niti jedna juvenilna jedinka *P. nobilis* nije pronađena. U Omišu se nalazi jedinka 'Nova nada' koja je locirana u blizini akvaparka, te je zaštićena kavezom šatorske konstrukcije (Zavod za zaštitu okoliša, 2023.).

Sjeverni Jadran

U NP Brijuni u uvali Javorike, pronađeno je 15 juvenilnih jedinki koje su se na daljnju skrb potom prebacile u Aquarium Pula (Zavod za zaštitu okoliša, 2023.).

I ove godine će se na istim lokacijama postavljati kolektori, te će se dodati neke lokacije na području sjevernog Jadrana. Srednji Jadran postaviti će kolektore u blizini s živim jedinkama na tom području (Zavod za zaštitu okoliša, 2023.).

3.8. Može li se spasiti *Pinna nobilis*?

Na području Sredozemnog mora populacija plemenite periske pogođena je pandemijom unutar 5 godina (2016 - 2020) čime je izgubljeno >95% njezine globalne populacije, a vrsta je u većini regija dovedena do istrijebljenja (Katsanevakis i sur., 2021.). Brojni su faktori koji joj smanjuju šanse za oporavak:

- 1) Domaćini ili sedimenti u kojima bi patogen ostao živ mogu biti rezervoari nastanjenosti patogena, a time se ograničava ponovno naseljavanje staništa koja su istrijebljena (Katsanevakis i sur., 2021.);
- 2) Zdrave jedinke su uglavnom zatvorene u lagunama i poluzatvorenim zaljevima na koje utječu mnoge ljudske aktivnosti, a uz to su i područja kao takva osjetljiva na oluje i ekstremne klimatske događaje što bi moglo uništiti čitave populacije kao što se i već dogodilo u zaljevu Fangar zbog oluje "Gloria" (Katsanevakis i sur., 2021.);
- 3) Zbog široke raspršenosti, jedinke koje su opstale na pogođenim mjestima, teško se mogu razmnožavati radi velike udaljenosti. Zbog izoliranosti i malog brojčanog stanja, žive populacije u otvorenim vodama ne mogu se razmnožavati i samim time ne računaju se kao izvor ličinaka za ponovno naseljavanje smrtno stradalih populacija (Katsanevakis i sur., 2021.). Kao

ključni korak važno je bilo mapirati sve lokacije na kojima su populacije preživjele (Katsanevakis i sur., 2021.).



Slika 10. Stanje populacije plemenite periske (studeni, 2020) nakon izbijanja bolesti u 2016. godini. Nije isključena mogućnost da na lokacijama s visokim postotkom smrtnosti postoje neotkrivene zdrave populacije (izvor: Katsanevakis i sur., 2021.)

Mapiranjem lokacija na kojima su preživjele populacije su se lakše identificirale manje pogođene populacije ili one koje su bez patogena. Unatoč tome, veliki dijelovi obale Sredozemlja nisu istraženi kao što su obale sjeverne Afrike te je stanje populacije nepoznato. Veliki broj odraslih i juvenilnih jedinki prebačeno je u unutrašnje ili vanjske objekte radi očuvanja od infekcije. Testirani su razni pristupi i održavanja periske poput otvorenih ili zatvorenih sustava, umjetna ili prirodna voda, kontrolirane ili temperature bez kontroliranja te kombinacije raznih dijeta sa svježim algama (Katsanevakis i sur., 2021.). Također, provedeno je induciranje mriještenja i razmnožavanje ex situ, napredak se postiže premda kompletan životni ciklus u zatočeništvu nije još uvijek postignut (Katsanevakis i sur., 2021.).

Potpuni oporavak vrste ne može samo ovisiti o sposobnosti znanstvenika da spase jedinke postizanjem uzgoja u zatvorenim objektima i održavanjem živih periski u akvariju. Vrlo je važno praćenje razvoja novačenja te da se pronađu područja koja imaju juvenilne, ali i odrasle jedinke otporne na patogena (Katsanevakis i sur., 2021.). Juvenilne jedinke sakupljene iz kolektora mogu koristiti za obnovu populacije na staništima čije su šanse za preživljavanje visoke poput laguna ili se prebaciti na područja gdje bi se mogla provjeriti njihova otpornost prema patogenu. Također, transplantacija takvih otpornih jedinki bi mogla povećati šanse za stvaranje potomstva i opstanak (Katsanevakis i sur., 2021.).

Bilo kakva obnova populacije bez znanja o bolesti i njenim uzrocima imati će niske šanse za uspjeh. Stoga je potrebno bolje razumijevanje okoliša i uvjeta u kojima periska ostaje otporna na patogene ili duže preživljava infekciju (Katsanevakis i sur., 2021.). Točnost podataka o temperaturama i salinitetu omogućiti će razvoj protokola za ex situ očuvanje a samim time i pronalazak idealnih lokacija za transplantaciju periske i njenu zaštitu. Svakako su bitna daljnja istraživanja uloge temperature mora (Katsanevakis i sur., 2021.).

3.8.1. Akcijski planovi

Za procjenu dobrog statusa okoliša nužno je praćenje ključnih vrsta u infralitoral. Akcijski planovi s fokusom na određivanje dinamike populacije, gustoće i prostornog rasporeda kod bentoskih beskralješnjaka poput *Pinne nobilis*, pomoći će u identifikaciji pragova, parametara i pouzdanih pokazatelja što će omogućiti dobar status okoliša na lokalnoj i regionalnoj razini u Sredozemlju (Vazquez-Luis, Alvarez i Deudero, 2017.). Okvirna direktiva o pomorskoj strategiji usmjerena je na postizanje ili održavanje dobrog stanja okoliša u europskim morima te se njome nastoji pokrenuti akcijski plan očuvanja periske u Sredozemnom moru (Vazquez-Luis, Alvarez i Deudero, 2017.).

Cilj zaštićenih morskih područja je da temeljem zaštite okoliša očuvaju bioraznolikost i prirodna staništa od pritisaka i antropogenih utjecaja čime osiguravaju vrste koje su ranjive i rijetke i održavaju genetsku i raznolikost vrsta te čuvaju funkciju i strukturu ekosustava (Vazquez-Luis, Alvarez i Deudero, 2017.). Na morskim zaštićenim područjima gdje nema ljudskih aktivnosti, varijable okoliša upravljaju gustoćama populacije *P. nobilis* (Vazquez-Luis, Alvarez i Deudero, 2017.). U Španjolskoj se može primijetiti visoki efekt zaštite populacija plemenite periske samo unutar granica nacionalnog parka, najvišeg stupnja zaštite u arhipelagu. Razlike u uvjetima gustoće između ostatka zaštićenih i nezaštićenih područja nema, uglavnom zbog utjecaja ljudi (Vazquez-Luis, Alvarez i Deudero, 2017.).

Potrebno je provesti i studije na terenima i dubinama koje do sad još nisu istražene što bi moglo otkriti još živih populacija (Zotou i sur., 2020.). Uzorkovane lokacije su uglavnom na manje od 30 metara dubine, a status periske na dubinama 30-60 metara potrebno je tek istražiti. Pronađen je mali broj jedinki u populacijama teško pogođenim smrtnošću koje bi mogle biti otporne na bolest (Zotou i sur., 2020.). Potrebno je razviti strategiju kako bi se pomoglo povećati šanse reprodukcije otpornih sojeva kao npr. presađivanjem na dobro zaštićena područja (Zotou i sur., 2020.).

Potrebno je raditi na intenzitetu kontrole nezakonitog iskorištavanja plemenite periske kao i njenog stavljanja na tržište te kampanjama podizanja svijesti i informirati potrošače i dionike o problematici i rizicima uključenim u sakupljanje jedinki iz nezahvaćenih i zahvaćenih populacija ili u prijenosu jedinke koja je inficirana u zdrava područja i zone (Katsanevakis i sur., 2019.). Da bi se očuvala populacija nužno je provoditi aktivne akcije, prevenirati bolest i zaštititi područja koja predstavljaju utočište. Za prikupljanje daljnjih podataka o bolesti i olakšano praćenje te predviđanje njenog daljeg napretka bitna je i podrška donositelja politike (Šarić i sur., 2020.).

U sklopu akcija zaštite živi primjerci se transportiraju u kontrolirane uvjete za praćenje i liječenje zaraženih jedinki kako bi im se pomoglo da se oporave (Bakran-Petricioli i sur., 2023.). Kao mjera očuvanja predložena je transplantacija odraslih periski iz mjesta visoke smrtnosti na mjesta niže smrtnosti, međutim s obzirom na mali broj preživjelih jedinki *P. nobilis* u prirodi i patogena, ova opcija nije izvediva. Za nadgledanje preživljavanja mladih jedinki i novačenja, na području Sredozemlja za metodu očuvanja vrste koristi se instaliranje kolektora ličinki (Bakran-Petricioli i sur., 2023.).

Da bi se vrsta očuvala potrebno je provoditi monitoring populacija i odrediti strategije kako bi se mogli donositi zaključci o parametrima okoliša koji možda imaju utjecaja na ograničavanje parazita (Čizmek i sur., 2020.).

3.8.1.1. Akcijski planovi na Jadranu

PinnAdriaNet

Inicijativu "PinnAdriaNet" (sakupljanje juvenilnih jedinki periske putem kolektora za ličinke i transportiranje istih u zatvorene akvarijske sustave) u Hrvatskoj započela je dr. sc. Silvija Kipson. Projekt "Očuvanje plemenite periske u Jadranskom moru" financira ovu akciju od 2020. godine u koordinaciji Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja, a financira ga Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (Bakran-Petricioli i sur., 2023.).

Jeste li je vidjeli?

Projekt "Jeste li vidjeli plemenitu perisku" od 2020. godine provodi Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. Ovom akcijom javnost se poziva na dojave lokacija ukoliko se pronađe živa jedinka plemenite periske. Značaj ove akcije posebno dobije na važnosti u ljetnim mjesecima kada je promatrača u moru više, a akcija je aktualna tijekom cijele godine. Dojave su važne radi bilježenja i prepoznavanja živih jedinki unatoč zarazi, a posebice jedinke od 2019. godine pa

dalje s obzirom da se masovna smrtnost pojavljuje na Jadranu te godine. Zahvaljujući ovom projektu tijekom 2021. godine uočeno je 17 živih jedinki, a 2022. godine 11 živih jedinki duž Jadranske obale (URL3)

Projekt "Očuvanje plemenite periske u Jadranskom moru"

Projekt "Očuvanje plemenite periske u Jadranskom moru" financiran je Fondom za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. Provođenje aktivnosti koje se odnose na hrvatski dio Jadranskog mora koordinira Zavod za zaštitu okoliša i prirode Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja. Aktivan je od 2020. godine. Postavljanje kolektora uz zaštitu prikupljenih jedinki, zaštita preživjelih jedinki te identifikacija jedinki koje bi mogle biti otporne su vezane uz aktivnosti koje se provode u sklopu projekta (URL2)

Aquarium Pula

Aquarium Pula postao je poznati centar odnosno "Plemenito utočište" u kojem su se razvili kontrolirani uvjeti za održavanje plemenitih periski (URL6).

U akvariju se smještaju ličinke prikupljene na kolektorima. Tako je jedinka 'Fuma' koja stigla 2020. godine iz Rovinja, uginula u lipnju 2022. godine. Kao uzrok uginuća naveden je Mycobacterium. Analiza na Haplosporidium je bila negativna iako je na početku bila pozitivna. Juvenilna jedinka 'Morana' koja je stigla u 2021. godine, još uvijek je živa te se razvija i raste uspješno. Tijekom 2022. godine u akvarij je stiglo 15 juvenilnih jedinki nakon podizanja kolektora u jesen iste godine. Trenutni broj jedinki je 11 (Zavod za zaštitu okoliša, 2023.)

4. ZAKLJUČAK

U mnogim Sredozemnim državama se još uvijek događa ilegalno uništavanje plemenite periske, stoga je u svrhu zaštite populacija koje nisu pogođene masovnom smrtnošću potrebno bolje provođenje zakona za zaštitu vrsta i akcija za javno osvještavanje građana. Bitno je djelovati dok još postoje vrste u zdravom stanju te nadgledati i zaštititi preživjele jedinke. Uključivanje građana u kampanje zaštite i nadzor statusa populacije kroz cijeli Sredozemni bazen može imati ključnu ulogu (Cabanellas-Reboredo i sur., 2019.). Zahvaljujući širokom spektru tehnologije i sve veće ekološke osviještenosti, u posljednjih nekoliko godina, sudjelovanje građana bilježi porast (Cabanellas-Reboredo i sur., 2019.).

Programi zaštite u budućnosti trebali bi sadržavati ažurirane podatke o statusima očuvanosti vrste za cijelo Sredozemlje kao i povezanost između sjeverne i južne populacije (Scarpa i sur., 2021.). Nažalost, programi zaštite vrste nisu od pomoći kad se radi o bolesti, a osobito o nepoznatim uzročnicima koji su nedovoljno istraženi kao što je trenutno u slučaju masovne smrtnosti *P. nobilis* (Scarpa i sur., 2021.). Kako bi se identificirali zajednički, vjerojatni ili jedinstveni izvori smrtnosti na području Sredozemnog mora, potrebno je provesti procjenu studija o očuvanosti i rasprostranjenosti ove ugrožene vrste tijekom dužeg vremenskog perioda, u različitim regijama i staništima Sredozemnog mora (Marrocco i sur., 2019.). Važno je prostornom i vremenskom analizom kao i organizacijom na razini zajednica, populacija i vrsta, predvidjeti promjene u budućnosti morskih ekosustava te predložiti planove očuvanja i upravljanja (Vazquez-Luis i sur., 2017.). Kako bi se upravljalo i očuvalo vrste *P. nobilis*, hitno je potrebno identificirati područja dostupna za njenu obnovu kao i izraditi detaljne mape distribucije te putem kampanja podignuti svijest opće javnosti (Marrocco i sur., 2019.).

Šanse za brzi oporavak populacija plemenite periske nakon događaja masovne smrtnosti su smanjene zbog njezinog uskog raspona distribucije te poluzatvorene prirode Sredozemnog mora čime se omogućava zadržavanje patogena na duže vremensko razdoblje (Scarpa i sur., 2020.). Bioraznolikost Sredozemlja ozbiljno bi bila narušena izumiranjem *P. nobilis* te bi se efekt proširio iznad granica gubitka pojedine vrste. Da bi se razvio uspješan plan oporavka plemenite periske, bitno je razumjeti uzrok masovne smrtnosti te uzeti u obzir i njen veliki potencijal širenja ličinki što bi moglo imati utjecaja na oporavak putem kolonizacije diljem Sredozemlja (Scarpa i sur., 2020.). Novootkriveni hibridi možda neće spriječiti izumiranje plemenite periske, ali mogu omogućiti da barem djelić njenog genetskog nasljeđa živi u novim populacijama (Scarpa i sur., 2021.).

5. LITERATURA

1. Ankon, P. (2017). Genetic and morphological variability of the noble pen shell (*Pinna nobilis* Linnaeus, 1758) in Nature Park Telašćica and National Park Mljet, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, [urn:nbn:hr:217:069130](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:hr:217:069130)
2. Addis, P., Secci, M., Brundu, G., Manunza, A., Corrias, S., & Cau, A. (2009). Density, size structure, shell orientation and epibiontic colonization of the fan mussel *Pinna nobilis* L. 1758 (Mollusca: Bivalvia) in three contrasting habitats in an estuarine area of Sardinia (W Mediterranean). *Scientia Marina*, 73(1), 143–152. <https://doi.org/10.3989/scimar.2009.73n1143>
3. Bakran-Petricioli, T., Kujundžić, D., Narađa, M., Petricioli, D., Petricioli, L., & Kipson, S. (2023). Fouling Community on *Pinna nobilis* Larval Collectors in the Adriatic—Impact of Invasive Species. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(3), 618. <https://doi.org/10.3390/jmse11030618>
4. Basso, L., Vázquez-Luis, M., García-March, J. R., Deudero, S., Alvarez, E., Vicente, N., Duarte, C. M., & Hendriks, I. E. (2015). The Pen Shell, *Pinna nobilis*: A Review of Population Status and Recommended Research Priorities in the Mediterranean Sea. U *Advances in Marine Biology* (Sv. 71, str. 109–160). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2015.06.002>
5. Box, A., Capó, X., Tejada, S., Catanese, G., Grau, A., Deudero, S., Sureda, A., & Valencia, J. M. (2020). Reduced antioxidant response of the fan mussel *pinna nobilis* related to the presence of haplosporidium pinnae. *Pathogens*, 9(11), 1–14. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110932>
6. Cabanellas-Reboredo, M., Vázquez-Luis, M., Moure, B., Álvarez, E., Deudero, S., Amores, Á., Addis, P., Ballesteros, E., Barrajon, A., Coppa, S., García-March, J. R., Giacobbe, S., Casalduero, F. G., Hadjioannou, L., Jiménez-Gutiérrez, S. V., Katsanevakis, S., Kersting, D., Mačić, V., Mavrič, B., ... Hendriks, I. E. (2019). Tracking a mass mortality outbreak of pen shell *Pinna nobilis* populations: A collaborative effort of scientists and citizens. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49808-4>
7. Carella, F., Aceto, S., Pollaro, F., Miccio, A., Iaria, C., Carrasco, N., Prado, P., & De Vico, G. (2019a). 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(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37217-y>
8. Carella, F., Aceto, S., Pollaro, F., Miccio, A., Iaria, C., Carrasco, N., Prado, P., & De Vico, G. (2019b). 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(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37217-y>
9. Carella, F., Elisabetta, A., Simone, F., Fulvio, S., Daniela, M., Prado, P., Rossella, P., Marino, F., Eleonora, F., Tobia, P., & 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. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00048>
10. Catanese G., Grau A., Valencia J.M., Garcia-March J.M., Vazquez-Luis M., Alvarez E., Deudero S, Darriba S., Carballal M.J., Villalba A. (2018). *Haplosporidium pinnae* sp. nov., a

haplosporidian parasite associated with mass mortalities of the fan mussel, *Pinna nobilis* in the Western Mediterranean Sea. [10.1016/j.jip.2018.07.006](https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.07.006)

11. Çınar, M. E., Bılecenoğlu, M., Yokeş, M. B., & Güçlüsoy, H. (2021). The last fortress fell: mass mortality of *Pinna nobilis* in the Sea of Marmara. *Mediterranean Marine Science*, 22(3), 669–676. <https://doi.org/10.12681/mms.27137>
12. Čizmek, 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. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107388>
13. Darriba, S. (2017). First haplosporidan parasite reported infecting a member of the Superfamily Pinnoidea (*Pinna nobilis*) during a mortality event in Alicante (Spain, Western Mediterranean). *Journal of Invertebrate Pathology*, 148, 14–19. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2017.05.006>
14. Galinou-Mitsoudi, S., Vlahavas, G., Papoutsis, O. (2006). Population study of the protected bivalve *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) in Thermaikos Gulf (north Aegean Sea). *J Biol Res*, 5, 47–53
15. García-March, J. R., Hernandis, S., Vázquez-Luis, M., Prado, P., Deudero, S., Vicente, N., & Tena-Medialdea, J. (2020). Age and growth of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* in the western Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.104795>
16. Katsanevakis, S. (2019). The cryptogenic parasite *Haplosporidium pinnae* invades the Aegean Sea and causes the collapse of *Pinna nobilis* populations. *Aquatic Invasions*, 14(2), 150–164. <https://doi.org/10.3391/ai.2019.14.2.01>
17. Katsanevakis, S., Carella, F., Çınar, M. E., Čizmek, H., Jimenez, C., Kersting, D. K., Moreno, D., Rabaoui, L., & Vicente, N. (2022). The Fan Mussel *Pinna nobilis* on the Brink of Extinction in the Mediterranean. U *Imperiled: The Encyclopedia of Conservation: Volume 1-3* (Sv. 1–3, str. 700–709). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821139-7.00070-2>
18. Kersting, D., Benabdi, M., Čizmek, H., Grau, A., Jimenez, C., Katsanevakis, S., Ozturk, B., Tuncer, S., Tunesi, L., Vazquez-Luis, M., Vicente, N., Otero Villanueva, M. (2019). The IUCN Red List of Threatened Species 2019. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019>
19. Kersting, D. K., Vázquez-Luis, M., Mourre, B., Belkhamssa, F. Z., Álvarez, E., Bakran-Petricioli, T., Barberá, C., Barrajón, A., Cortés, E., Deudero, S., García-March, J. R., Giacobbe, S., Giménez-Casalduero, F., González, L., Jiménez-Gutiérrez, S., Kipson, S., Llorente, J., Moreno, D., Prado, P., ... Hendriks, I. E. (2020). Recruitment Disruption and the Role of Unaffected Populations for Potential Recovery After the *Pinna nobilis* Mass Mortality Event. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.594378>
20. Künili, İ. E., Ertürk Gürkan, S., Aksu, A., Turgay, E., Çakir, F., Gürkan, M., & Altınağaç, U. (2021). Mass mortality in endangered fan mussels *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758) caused by co-infection of *Haplosporidium pinnae* and multiple *Vibrio* infection in Çanakkale Strait, Turkey. *Biomarkers*, 26(5), 450–461. <https://doi.org/10.1080/1354750X.2021.1910344>
21. Lattos, A., Bitchava, K., Giantsis, I. A., Theodorou, J. A., Batargias, C., & Michaelidis, B. (2019). *microorganisms The Implication of Vibrio Bacteria in the Winter Mortalities of the Critically Endangered Pinna nobilis*. <https://doi.org/10.3390/microorganisms>
22. Lattos, A., Giantsis, I. A., 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. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104889>
23. 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, 21–31. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.33.30397>
 24. Mihaljević, Ž., Pavlinec, Ž., Zupičić, I. G., Oraić, D., Popijač, A., Pećar, O., Sršen, I., Benić, M., Habrun, B., & Zrnčić, S. (2021). Noble pen shell (*Pinna nobilis*) mortalities along the eastern adriatic coast with a study of the spreading velocity. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/jmse9070764>
 25. MINGOR, Zavod za zaštitu okoliša (2023), Omiš
 26. Morton, B., & Puljas, S. (2019). An improbable opportunistic predator: The functional morphology of *Pinna nobilis* (Bivalvia: Pterioidea: Pinnidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(2), 359–373. <https://doi.org/10.1017/S0025315418000267>
 27. Panarese, R., Tedesco, P., Chimienti, G., Latrofa, M. S., Quaglio, F., Passantino, G., Buonavoglia, C., Gustinelli, A., Tursi, A., & Otranto, D. (2019). Haplosporidium pinnae associated with mass mortality in endangered *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758) fan mussels. *Journal of Invertebrate Pathology*, 164, 32–37. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2019.04.005>
 28. Prado, P., Andree, K. B., Trigos, S., Carrasco, N., Caiola, N., García-March, J. R., Tena, J., Fernández-Tejedor, M., & Carella, F. (2020). Breeding, planktonic and settlement factors shape recruitment patterns of one of the last remaining major population of *Pinna nobilis* within Spanish waters. *Hydrobiologia*, 847(3), 771–786. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04137-5>
 29. PRADO, P., CATANESE, G., Jofre, A., Andree, K., Garcia March, J. R., Cabanes, P., Carella, F., Tena, J., & Carrasco, N. (2019). Presence of *Vibrio mediterranei* associated to major mortality in stabled individuals of *Pinna nobilis* L. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/conf.fmars.2019.08.00142>
 30. Richardson CA, Peharda M, Kennedy H, Kennedy P, Onofri, V. 2004. Age, growth rate and season of recruitment of *Pinna nobilis* (L) in the Croatian Adriatic determined from Mg: Ca and SR: Ca shell profiles. *J Exp Mar Biol Ecol*, 299(1), 1-16. doi.org/10.1016/j.jembe.2003.08.012
 31. Ruitton, S., & Lefebvre, C. (2021). Toward a recovery of the pen shell *Pinna nobilis* in the French Mediterranean open sea? *U 429-Sci. Rep. Port-Cros Natl. Park* (Sv. 35).
 32. Scarpa, F., Sanna, D., Azzena, I., Mugetti, D., Cerruti, F., Hosseini, S., Cossu, P., Pinna, S., Grech, D., Cabana, D., Pasquini, V., Esposito, G., Cadoni, N., Atzori, F., Antuofermo, E., Addis, P., Sechi, L. A., Prearo, M., Peletto, S., ... Casu, M. (2020). Multiple non-species-specific pathogens possibly triggered the mass mortality in *pinna nobilis*. *Life*, 10(10), 1–18. <https://doi.org/10.3390/life10100238>
 33. Scarpa, F., Sanna, D., Azzena, I., Cossu, P., Casu, M. (2021). FROM DARK TO LIGHT AND BACK AGAIN: IS PINNA NOBILIS, THE LARGEST MEDITERRANEAN BIVALVE, ON THE BRINK OF EXTINCTION? (2021). *Veterinaria*, 1. <https://doi.org/10.51607/22331360.2021.70.1.1>
 34. Sveučilište u Zadru (2023). Report of activities of the University of Zadar in the context of the actions envisaged by the LIFE PINNARCA project: The state of the *Pinna nobilis* population in the Croatian part of the Adriatic Sea

35. Šarić, T., Župan, I., Aceto, S., Villari, G., Palić, D., De Vico, G., & Carella, F. (2020). Epidemiology of noble pen shell (*Pinna nobilis* l. 1758) mass mortality events in adriatic sea is characterised with rapid spreading and acute disease progression. *Pathogens*, 9(10), 1–21. <https://doi.org/10.3390/pathogens9100776>
36. Vázquez-Luis, M., Álvarez, E., Barrajon, A., García-March, J. R., Grau, A., Hendriks, I. E., Jiménez, S., Kersting, D., Moreno, D., Pérez, M., Ruiz, J. M., Sánchez, J., Villalba, A., & Deudero, S. (2017). S.O.S. *Pinna nobilis*: A mass mortality event in western Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 4(JUL). <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00220>
37. Vázquez-Luis, M., Álvarez, E., & Deudero, S. (2017). Action Plan for *Pinna nobilis* in the Mediterranean Sea PROPOSAL OF ACTION PLAN FOR *Pinna nobilis* IN THE MEDITERRANEAN SEA IN THE FRAME OF THE MARINE STRATEGY FRAMEWORK DIRECTIVE (MSFD) AUTHORS.
38. Vázquez-Luis, M., Nebot-Colomer, E., Deudero, S., Planes, S., & Boissin, E. (2021). Natural hybridization between pen shell species: *Pinna rudis* and the critically endangered *Pinna nobilis* may explain parasite resistance in *P. nobilis*. *Molecular Biology Reports*, 48(1), 997–1004. <https://doi.org/10.1007/s11033-020-06063-5>
39. Zotou, M., Gkrantounis, P., Karadimou, E., Tsirintanis, K., Sini, M., Poursanidis, D., Azzolin, M., Dailianis, T., Kytinou, E., Issaris, Y., Gerakaris, V., Salomidi, M., Lardi, P., Ramfos, A., Akrivos, V., Spinos, E., Dimitriadis, C., Papageorgiou, D., Lattos, A., ... Katsanevakis, S. (2020). *Pinna nobilis* in the Greek seas (NE Mediterranean): On the brink of extinction? *Mediterranean Marine Science*, 21(3), 558–574. <https://doi.org/10.12681/MMS.23777>

Internet izvori:

1. URL 1: Mišel Kalajžić, <https://zadarski.slobodnadalmacija.hr/zadar/kalelarga/cudo-u-salima-na-dugom-otoku-periska-izrasla-iz-periske-mozda-je-ovo-nagovjestaj-oporavka-nakon-odumiranja-1285497> (pristupljeno 25.05.2023.)
2. URL 2: <https://www.haop.hr/hr/projekti> (pristupljeno 27.05.2023.)
3. URL 3: <https://www.haop.hr/hr/novosti/jeste-li-vidjeli-plemenitu-perisku-1> (pristupljeno 05.06.2023.)
4. URL 4: https://www.morski.hr/u-moru-kraj-setnice-malog-istarskog-mjesta-uocena-ziva-periska/?fbclid=IwAR0-Hn-AAviyeqWvyQRtSQdrKm78_O8je8gm0HQWvZcAlFeYwbYqc6pJ2AI_aem_AZ41E2Gms3J-olCDI7jbYNTTKPxDh-QPvP3sBdZO5mrdFrbNgDO9fMQWynsD8ue3j_s (pristupljeno 23.07.2023.)
5. URL 5: <https://www.24sata.hr/news/kraj-kraljicine-plaze-u-ninu-pronasli-dvije-zive-periske-one-imaju-sansu-zivjeti-uz-nas-trud-915321> (pristupljeno 23.07.2023.)
6. URL 6: <https://aquarium.hr/hr/utociste-za-plemenite-periske> (pristupljeno 25.07.2023.)

