

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

**INVAZIVNE VRSTE U SREDOZEMNOM MORU**  
**INVASIVE SPECIES IN THE MEDITERRANEAN SEA**

SEMINARSKI RAD

Matko Bazdan

Preddiplomski studij molekularne biologije  
(Undergraduate Study of Molecular Biology)

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

Zagreb, rujan 2020.

## Sadržaj:

1. Uvod.....	1
2. Stanje u Mediteranu.....	2
2.1. Bioraznolikost .....	2
2.2. Prijetnje.....	2
2.3. Jadran.....	3
3. Neki primjeri invazivnih vrsta biljaka i algi.....	4
3.1. <i>Halophila stipulacea</i> .....	4
3.1.1. Opis vrste.....	4
3.1.2. Invazivnost .....	4
3.2. <i>Codium fragile</i> .....	5
3.2.1 Opis vrste .....	5
3.2.2. Invazivnost .....	6
3.3. <i>Sargassum muticum</i> .....	6
3.3.1 Opis vrste.....	6
3.3.2. Invazivnost .....	7
3.4. Rod <i>Caulerpa</i> .....	8
3.4.1. Opis vrsta .....	8
3.4.2. Invazivnost .....	8
4. Neki primjeri invazivnih vrsta životinja .....	10
4.1. <i>Callinectes sapidus</i> .....	10
4.1.1. Opis vrste.....	10
4.1.2. Invazivnost .....	10
4.2. <i>Percnon gibbesi</i> .....	11
4.2.1. Opis vrste.....	11
4.2.2. Invazivnost .....	12
4.3. <i>Pterois miles</i> .....	12
4.3.1. Opis vrste.....	12
4.3.2. Invazivnost .....	13
5. Metode kontrole invazivnih vrsta .....	14
6. Literatura.....	15
7. Sažetak.....	17
8. Summary .....	17

## 1. Uvod

Jedan od rastućih problema današnjice vezanih uz očuvanje prirode, ali i uz ekonomsku aktivnost, jest sve veća rasprostranjenost invazivnih vrsta i njihov negativni utjecaj na okoliš i bioraznolikost. Invazivne vrste su strane vrste, vrste koje nisu prirodno rasprostranjene, odnosno autohtone, na nekom području, već su na to područje dospjele najčešće ljudskom aktivnošću, ali moguće je da se nađu u stranom području i bez ljudskoga utjecaja. Tom definicijom obuhvaćen je bilo koji dio organizma, pa i gamete, koji ima mogućnost preživljavanja i razmnožavanja u stranom okolišu (Galil i Occhipinti-Ambrogi 2010). Također, invazivne vrste imaju tendenciju brzoga razmnožavanja i uspostavljanja velikih populacija, vrlo često na štetu autohtonih vrsta jer im predstavljaju kompeticiju za hranu i životni prostor. Nakon uvođenja u novo područje, strane vrste mogu ostati ograničene na njemu tijekom dugoga vremenskog perioda, ili mogu proći kroz asimptotičku fazu brzoga rasta populacije i brzo se raširiti po velikom području te postati invazivne. Neće sve strane vrste postati invazivne no one koje to postanu mogu nanijeti veliku štetu prirodnom morskom okolišu i ljudima koji ovise o njemu.

Mora i oceani prekrivaju više od sedamdeset posto površine našega planeta, te činjenica da se iznimno veliki broj invazivnih vrsta nalazi upravo u morima nije iznenađenje. Transport organizama preko oceana čimbenik je koji je imao veliki utjecaj na promjenu bioraznolikosti u morima, posebice u litoralnim područjima. Uz antropogeni utjecaj, klimatske prilike imaju iznimno bitnu ulogu u dinamici morskih populacija te klimatske promjene utječu na morske ekosustave preko promjena u temperaturi i hidrografiji, ciklusa ugljika i preko acidifikacije (Galil i Occhipinti-Ambrogi 2010). Moguće je da klimatske promjene pospješuju sposobnost nekim vrstama da nastane njima strana područja te da istodobno smanjuju otpornost autohtonim vrstama. Širenje invazivnih vrsta u morskim staništima stoga je pospješeno klimatskim promjenama, ali jako često ovisi o rastućem pritisku propagula (*propagule pressure*) uzrokovanim ljudskim transportom. Pritisak propagula jest mjera broja individualnih jedinki neke vrste koje su uvedene u stanište u kojem nisu autohtone, a propagula je bilo koji materijal koji sudjeluje u propagiranju organizma. Stvaraju ih biljke, gljive i bakterije u obliku (endo)spora ili sjemenki.

Jasno je, dakle, da uz sve izraženije klimatske promjene i globalno zatopljenje te uz razvijeniji prekomorski promet prijetnja invazivnih vrsta postaje sve veća te je potrebno poduzeti određene mjere. Usprkos činjenici da je broj istraživanja morskih ekosustava znatno porastao u prošlom desetljeću, mnoge usluge morskih ekosustava (*ecosystem service*, beneficije koje prirodni ekosustavi pružaju ljudima) slabo su procijenjene (Katsanevakis i sur. 2014). Predviđanje dinamike invazivnosti neke vrste težak je zadatak jer je ograničeno brojnim faktorima (Galil i Occhipinti-Ambrogi 2010), ali usprkos poteškoćama pogreške u predviđanjima mogu se izbjeći dobrim poznavanjem utjecaja invazivnih vrsta na ekosustav, njihove trenutne rasprostranjenosti i načina na koje se vrste dovode u nova staništa kako bi se spriječile daljnje invazije i ublažile postojeće (Katsanevakis i sur. 2014).

## **2. Stanje u Mediteranu**

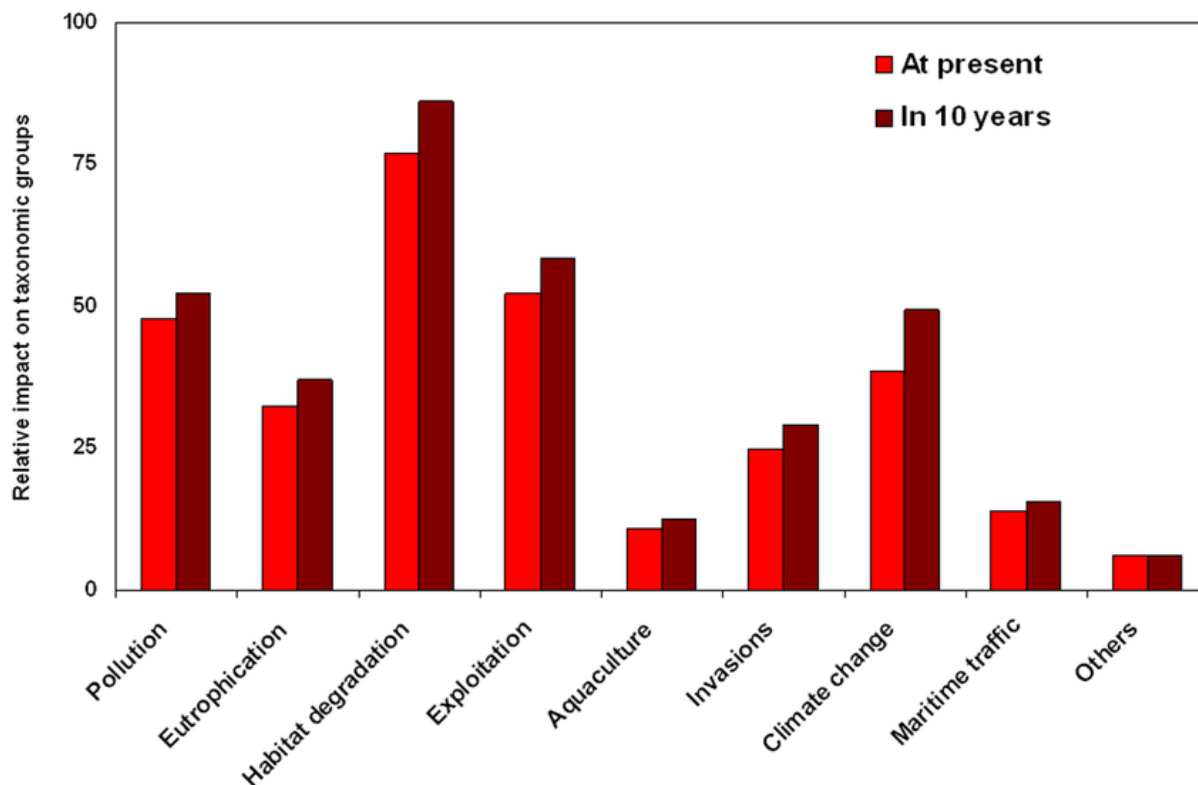
### **2.1. Bioraznolikost**

Mediteransko more sa svojih 2.969.000 km<sup>2</sup> i prosječnom dubinom od 1.460 m (najveća dubina iznosi 5.267 m) najveće je i najdublje zatvoreno more na svijetu (Coll i sur. 2010). Povezano je s Atlantskim oceanom preko Gibraltarskoga prolaza, a prolazima Bospor i Dardaneli s Crnim morem. Otvaranjem Sueskoga kanala 1869. godine, Sredozemno je more postalo direktno povezano s Indijskim oceanom, što je omogućilo prijelaz vrsta iz Sredozemlja u Indijski ocean i obrnuto. Sredozemno more ima uski epikontinentalni pojas (kontinentalnu podinu, šelf) i velik dio njegove površine otvoreno je more, stoga se velik dio Mediterana može klasificirati kao duboko more (Coll i sur. 2010).

Mediteran se odlikuje iznimno visokom bioraznolikošću koja je s jedne strane rezultat njegove geološke i ekološke povijesti, a s druge strane iznimnoga ljudskog utjecaja. U starom vijeku svi glavni morski putovi vodili su kroz Mediteran, a otkrićem Novoga svijeta Sredozemlje je postalo prometno povezano s Atlantskim oceanom što je omogućilo transport raznih organizama iz Atlantika. U istraživanju Coll i sur. (2010) procijenjena je bioraznolikost u Sredozemnom moru te su dobiveni slijedeći rezultati za eukariotske organizme: 854 različitih vrsta makroalgi i morskih cvjetnica, 11.595 vrsta životinja, a broj protoktista i mikroalgi koje žive u Sredozemlju procjenjuje se na oko 4.400 vrsta. Znanje o prokariotima u Mediteranu vrlo je ograničeno zbog njihova otežanog proučavanja i ograničenoga broja dostupnih informacija. No, opisano je 165 vrsta makroskopskih cijanobakterija. Zbog velike površine otvorenoga mora, podatci o bentičkoj raznolikosti Sredozemnog mora u njegovim dubokim dijelovima nisu dostatni da bi dali pouzdane rezultate.

### **2.2. Prijetnje**

Sredozemno more dom je mnogim endemskim vrstama te sadržava mnoga osjetljiva i ugrožena staništa, posebice u priobalnim područjima koja su najizloženija ljudskoj aktivnosti. Stoga je očuvanje mediteranske bioraznolikosti od velike važnosti. D sada još nije zabilježeno izumiranje bilo koje vrste (Katsanevakis i sur. 2014), no bioraznolikost je u opadanju, što predstavlja veliki problem. U istom istraživanju također su utvrđene i najveće prijetnje bioraznolikosti jer je određivanje intenziteta svake od opisanih prijetnji neophodno za očuvanje vrsta u Mediteranu. Rezultati su pokazali da je daleko najveća prijetnja diverzitetu u Mediteranu prekomjerno iskorištavanje morskih resursa, a slijedeće je uništavanje staništa. To znači da je antropogen utjecaj izvor mnogih prijetnji, a među njima znatnu ulogu ima unošenje stranih vrsta u Mediteran jer one mogu postati invazivne. Procijenjeno je kako će invazija stranih vrsta u sljedećih 10 godina (istraživanje je bilo provedeno 2010. godine) porasti za 4,6 %.



**Slika 1: Prikaz najvećih prijetnji bioraznolikosti u Mediteranu.** Grafički prikaz najvećih prijetnji u doba provođenja istraživanja i procjena porasta prijetnji za 10 godina od trenutka istraživanja (preuzeto iz Coll i sur. 2010).

### 2.3. Jadran

Jadransko more maleno je poluzatvoreno more na sjeveroistočnom dijelu Mediterana. Na ekosustav Jadrana utječe izmjena morske vode s ostatkom Mediteranskoga mora kroz Otranska vrata koja ga povezuju s ostatkom Mediterana (Pećarević i sur. 2013). Kao i ostatak Mediterana, Jadransko more suočava se s rastućim problemom invazivnih vrsta koje ugrožavaju njegove vrste i jedinstven ekosistem. Jadran se odlikuje velikim bogatstvom vrsta za more svoje veličine. Mnoge nekoć široko rasprostranjene vrste, npr. sredozemna medvjedica, danas su gotovo lokalno izumrle u Jadranu te je očuvanje vrsta i njihovih staništa od velike važnosti. U istraživanju provedenom 2013. godine utvrđena je prisutnost 113 stranih vrsta u istočnom Jadranu, od kojih je najviše bilo zoobentoskih i ribljih vrsta (Pećarević i sur. 2013). Širenje tih vrsta u Jadranu najvećim je dijelom rezultat klimatskih promjena i pomorskoga prometa. Bitno je napomenuti kako su jadranske luke većinom uvozne pa balastne vode nemaju izraženu ulogu u uvođenju stranih organizama u Jadransko more. U tom istraživanju je u Jadranu zabilježen relativno malen broj alohtonih planktonskih vrsta (15 vrsta fitoplanktona i 16 vrsta zooplanktona) u odnosu na ostale skupine organizama. Najveći dio alohtonih ribljih vrsta čine termofilne vrste koje su

prvotno nađene samo u južnom dijelu Jadrana, ali su se proširile i na sjevernija područja (Pećarević i sur. 2013).

### 3. Neki primjeri invazivnih vrsta biljaka i algi

#### 3.1. *Halophila stipulacea*

##### 3.1.1. Opis vrste

Gotovo 60 vrsta morskih cvjetnica opisano je u morskim ekosustavima, a od njih samo su četiri vrste autohtone u Mediteranu, među kojima je i endemska vrsta *Posidonia oceanica*. Vrsta *Halophila stipulacea* (slika 2, Zenetos 2015) trenutno je jedina zabilježena invazivna vrsta morske trave u Sredozemnom moru (Hoffman 2014). Ta eurihalina vrsta uglavnom obitava na mekanim pješčanim ili muljevitim dnima na kojima formira guste pokrove, što čak može imati i pozitivan utjecaj na okoliš jer pridonosi stabilnosti sedimenta na morskom dnu (Katsanevakis i sur. 2014). Prirodno se može pronaći u tropskim i suptropskim morima Indijskog oceana, Perzijskoga zaljeva i Crvenoga mora. Plojke proizlaze iz nodija rizoma te su eliptičnog oblika, tamnozeleno boje i duljine do 6 cm. Internodiji su duljine između 7 i 50 mm.



Slika 2: Morska cvjetnica *Halophila stipulacea*, preuzeto s:  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Halophila\\_stipulacea\\_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Halophila_stipulacea_2.jpg)

##### 3.1.2. Invazivnost

Prvo zabilježeno pojavljivanje vrste *H. stipulacea* u Sredozemnom moru bilo je 1894. godine kod otoka Rodosa u Egejskom moru. Smatra se kako je u novo stanište stigla putem Sueskoga kanala, a kako je prvotno zabilježena uglavnom u lukama, može se sa velikom sigurnošću zaključiti da je glavni vektor unosa te vrste u Mediteran pomorski, odnosno brodski promet, ponajviše kočama (Hoffman 2014). Iako je to jedna od prvih vrsta Indijskog oceana zabilježenih u Sredozemlju, njezino širenje nije se odvijalo brzo.

Naime, tek oko sto godina nakon njezina inicijalnog pronalaska kod Rodosa, na istočnoj strani Mediteranskoga bazena, ta je vrsta pronađena na zapadnoj strani bazena kod otoka Sicilije. U novije vrijeme čak je zabilježena i u Karipskom moru u koje je najvjerojatnije dospjela brodovima iz Mediterana.

Danas se ta morska cvjetnica smatra jednom od 100 najgorih invazivnih vrsta u Europi. Pokazano je da *H. stipulacea* stvara guste izdanke u velikim količinama. Ta osobina u kombinaciji s visokom biomasom te vrste rezultira manjim životnim prostorom za autohtone vrste. *H. stipulacea* također pospješuje širenje nekih drugih invazivnih vrsta, primjerice morskoga puža *Syphonota geographica* koji se njome hrani.

## 3.2. *Codium fragile*

### 3.2.1 Opis vrste

*Codium fragile* (slika 3, Zenetos 2015), poznata u engleskom govornom području pod kolokvijalnim nazivom mrtvačevi prsti (*dead man's fingers*), vrsta je bentoske morske zelene alge. Prepoznatljiva je po svojoj tamnozelenoj boji i zamjetnoj duljini; ta vrsta alge može doseći duljinu od jednoga metra. Površinu talusa prekrivaju zavijeni filamenti. Opisano je šest podvrsta te vrste, a za tri se smatra da su invazivne. Može se razmnožavati nesporno fragmentacijom. To je proces pri kojemu se odrasla jedinka dijeli na više fragmenata od kojih će se svaki razviti u zasebnu jedinku. *C. fragile* također se može razmnožavati partenogenetskim gametama koje imaju sposobnost razvitka u odrasli organizam bez oplodnje. Tijekom hladnijih perioda godine razmnožavanje se uglavnom odvija fragmentacijom zbog nižih temperatura koje uzrokuju kontrakciju i segmentaciju talusa.



Slika 3: Morska alga *Codium fragile*, preuzeto s: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codiumfragile.jpg>

### 3.2.2. Invazivnost

U Mediteranu je prisutna jedna od tri invazivne podvrste vrste *C. fragile*, *C. fragile* ssp. *fragile*. Prvi put je u tom moru pronađena 1946. godine kao *C. fragile* ssp. *tomentosoides* (Hoffman 2014). Njezino prirodno stanište je istočna Azija, ponajviše priobalna područja Japana i Koreje. Različitim vektorima, ali ponovno najviše brodovima, ta se alga uspjela rasprostraniti po veoma širokom području. Danas se osim u Mediteranu može pronaći i u nekim dijelovima Atlantskoga oceana, priobalnim područjima Australije i Novoga Zelanda te u istočnim dijelovima Tihog oceana. Iako nema toliko intenzivan utjecaj na ekosustave u koje je pristigla kao neke druge invazivne vrste, njezino rapidno širenje i dalje je razlog za zabrinutost. Kako se radi o vrlo prilagodljivoj i otpornoj vrsti koja može preživjeti vrlo niske temperature morske vode (čak i do  $-2^{\circ}\text{C}$ ), koja se još k tome vrlo brzo nesporno razmnožava, vrlo lako se može natjecati za hranu i stanište s autohtonim vrstama. Može se namnožiti u tako velikim količinama da ju je potrebno fizički uklanjati, kao što je bio slučaj u Francuskoj 60-ih godina prošloga stoljeća, kada su nakupine *C. fragile* uklanjane s obale u području grada Marseja, što je zahtijevalo mnogo resursa i novaca (Streftaris i Zenetos 2006). Na nekim staništima izvan Mediterana ta je alga stvarala toliko velike populacije da je direktno štetila šumama kelpa na tim područjima (Hoffman 2014).

### 3.3. *Sargassum muticum*

#### 3.3.1. Opis vrste

*Sargassum muticum* (slika 4), još poznata i pod nazivom japanska žičana trava (*Japanese wireweed*), vrsta je velike smeđe morske alge. Prvi je put opisana 1907. godine, ali je status vrste dobila tek 1955. godine. Talus joj je obično smeđe ili ponekad žućkaste boje te može doseći impresivnu duljinu od čak deset metara. Alga sastoji se od višegodišnjega i jednogodišnjega dijela. Jednogodišnji dio ima neograničen potencijal rasta i veličina mu varira od jedinke do jedinke. Tijekom hladnijih perioda jednogodišnji dio odumire te se u to doba alga sastoji samo od višegodišnjeg dijela. On je dosta kraći od jednogodišnjega jer nema tako izražen potencijal rasta pa mu duljina rijetko prelazi 5 cm (CABI 2020). U talusu alge se mogu primijetiti mjehurići zraka koji mu omogućuju da pluta pod površinom i tako lakše obavlja fotosintezu. Ta vrsta alge posjeduje sposobnost i spolnog i nespornog razmnožavanja. Spolno razmnožavanje događa se ljeti, kada *S. muticum* počinje proizvoditi gamete. Ta je vrsta jednodomna (monoecijska), što znači da je jedna jedinka sposobna stvarati i ženske i muške gamete.





Slika 4: Morska alga *Sargassum muticum*, preuzeto sa: <http://www.seaweed.ie/sargassum/>

### 3.3.2. Invazivnost

Kao i *C. fragile*, *S. muticum* je autohtona u morima istočne Azije, točnije Japana, Kine i Korejskoga poluotoka, te u nekim dijelovima sjeverozapadnoga Pacifika (Hoffman 2014). U zadnjih pola stoljeća ta se alga proširila po većem dijelu sjeverne polutke: danas se može naći na zapadnoj obali Sjeverne Amerike i Meksika, u sjevernom dijelu Atlantskog oceana, Mediteranu te u Sjevernom moru. Smatra se kako je rezultat ovakve visoke razine raspršenosti po svjetskim morima uvoz uzgajanih pacifičkih kamenica iz Japana (Hoffman 2014). U Sredozemlju *S. muticum* prvi je put opažena 1980. godine na obali Francuske odakle se dalje proširila. U Venecijanskom zaljevu opažena je 1992. godine, gdje je već nakon šest godina stvorila vrlo guste populacije. Ta vrsta alge ima veliki utjecaj na autohtone populacije algi i morskih biljaka tako što im zauzima prostor i inhibira rast. To je dovelo i do lokalnog izumiranja nekih vrsta u Venecijanskom zaljevu, primjerice vrste *Cystoseira barbata*, autohtone smeđe alge (Hoffman 2014). Ta invazivna alga posjeduje mnoge kvalitete koje joj pospješuju prilagodbe na nova područja i kompeticiju za resurse s drugim vrstama, kao što su brzi rast, spolno i nesporno razmnožavanje, činjenica da je alga monoecijska te da ima plutajuća svojstva koja joj omogućuju širenje morskim strujama. Također, može tolerirati velike temperaturne raspone. Zabilježeno je da *S. muticum* najbolje raste pri temperaturama mora od 5 do 25°C, no može preživjeti i na temperaturama od samo jednoga stupnja.

## 3.4. Rod *Caulerpa*

### 3.4.1. Opis vrsta

*Caulerpa* je rod zelenih algi koji sadržava gotovo stotinu vrsta iako je samo nekoliko od njih problematično u Mediteranskom moru (Streftaris i Zenetos 2006). Za sve vrste toga roda značajno je da se svaka jedinka sastoji samo od jedne stanice s više jezgri (CABI 2020). Vrste toga roda na prvi pogled nalikuju vaskularnim biljkama jer imaju strukture slične listićima te rizoidne koji pričvršćuju talus alge za sediment. Pokazano je da rastu na sedimentima bogatim sulfidima (Streftaris i Zenetos 2006). Usprkos varljivom izgledu, alge roda *Caulerpa* nemaju provodni sustav, listove niti korijenje kojima bi upijale vodu i minerale kao prave biljke (CABI 2020). Duljina varira od vrste do vrste, ali u pravilu nisu dulje od tridesetak centimetara. Također posjeduju mogućnost spolnog i nespornog, odnosno vegetativnog razmnožavanja, što ponekad ovisi o vrsti alge. Pri spolnom razmnožavanju muške i ženske gamete stvaraju se u citoplazmi odrasle jedinice. Spajanje gameta odvija se izvan stanica odrasle jedinice te novonastala zigota potone na dno gdje se dalje razvija (CABI 2020).

### 3.4.2. Invazivnost

Nekoliko vrsta roda *Caulerpa* postalo je invazivno. U Sredozemnom moru najpoznatije su dvije vrste: *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa cylindracea*. U mnogim slučajevima njihovo širenje je ozbiljno narušilo strukturu ekosustava te su na mnogim područjima uvelike smanjile bioraznolikost. Svojom invazivnom aktivnošću predstavljaju vrlo veliki ekološki, ali i ekonomski problem. Za njih se smatra da su visoko invazivne jer dobro koloniziraju različita staništa, imaju visoku otpornost na stres i mogu preživjeti pri niskoj koncentraciji limitirajućih čimbenika poput svjetla i hranjivih tvari. Također sudjeluju u degradaciji mnogih morskih staništa koja imaju veliku turističku važnost, primjerice naselja morskih cvjetnica i infralitoralne zajednice algi (Katsanevakis i sur. 2014). Nažalost, u mnogim slučajevima mehanizmi kojima te vrste koloniziraju mediteranska staništa nedovoljno su istraženi (Streftaris i Zenetos 2006).

*Caulerpa taxifolia*, (slika 5) svojom je intenzivnom proliferacijom u stranim staništima najpoznatiji primjer utjecaja alohtone vrste na dinamiku ekosustava. Iako ta vrsta nije toliko invazivna kao neki njezini srodnici, uspjela se proširiti po izuzetno velikom prostoru. Jedna mala kolonija od svega jednog kvadratnog metra 1984. godine ispred Oceanografskoga muzeja u Monaku za desetak godina se proširila na površinu od 6.000 hektara (60 milijuna kvadratnih metara) (Streftaris i Zenetos 2006). Do 2000. godine ta kolonija prekrila je površinu veću od 13.000 hektara. Štetni utjecaj *C. taxifolia* na morske ekosustave pripisuje se njezinu toksičnom djelovanju. Naime, ta vrsta sintetizira terpenoide koji pri visokim koncentracijama inhibiraju rast autohtonih vrsta i ujedno štite tu invazivnu algu od potencijalnih brstitelja. Intenzitet utjecaja ovisi o staništu, najosjetljivije su fotofilne populacije na kamenitim supstratima. Također je posebno ranjiva endemska morska cvjetnica *Posidonia oceanica*. Budući da je *P. oceanica* bitno stanište za mnoge morske vrste, smanjenje njenih naselja direktno utječe na mnoštvo drugih organizama čiji su životni ciklusi usko povezani s tom morskom cvjetnicom (Galil 2007). Sposobnost brzoga rasta te alge ujedinjena sa sposobnošću kolonizacije raznih tipova infralitoralnih staništa, posebice onih

koja su bogata nutrijentima, rezultirala je formiranjem homogeniziranih mikrostaništa na kojima su autohtone vrste istisnute ili veoma ugrožene.



**Slika 5: Morska alga *Caulerpa taxifolia*, preuzeto sa:**  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CaulerpaTaxifolia.jpg>

*C. cylindracea* (slika 6, Zenetos 2015) je sudeći po istraživanjima invazivnija vrsta od svoje srodnice. Prirodno stanište joj je jugozapadna Australija, a u Sredozemnom moru prvi put je zabilježena početkom devedesetih godina prošlog stoljeća te je za malo više od deset godina nakon toga kolonizirala cijeli Mediteranski bazen sve do Kanarskih otoka (Streftaris i Zenetos 2006). U Jadranskom moru nađena je 2000. godine kod Paklinskih (Paklenih) otoka (Pećarević i sur. 2013). Može rasti na bilo kojem supstratu, preživjeti u zagađenim i čistim vodama te tolerirati dubine do dvadesetak metara. Jasno je da joj takva svojstva omogućuju da uspješno kolonizira sva staništa na kojima se nađe i da direktno mijenja strukturu fitobentosa, ali i zoobentosa na tim staništima. Jedan od načina na koji *C. cylindracea* istrebljuje druge vrste jest da jednostavno preraste okolne alge ili ih prekrije u toj mjeri da ne dobivaju dovoljno svjetlosti za fotosintezu. Ipak, zanimljiv je pronalazak da gusta naselja cvjetnice *P. oceanica* mogu čak i spriječiti kolonizaciju te alge (Streftaris i Zenetos 2006).



**Slika 6: Morska alga *Caulerpa cylindracea*, preuzeto sa:**  
<https://www.gbif.org/occurrence/2813893503>

## 4. Neki primjeri invazivnih vrsta životinja

### 4.1. *Callinectes sapidus*

#### 4.1.1. Opis vrste

*Callinectes sapidus* (slika 7), više poznat pod nazivom atlantski plavi rak ili samo plavi rak, vrsta je morskoga raka iz reda *Decapoda*. Kao i svi pripadnici svojega reda, *C. sapidus* posjeduje deset nogu koje su raspoređene u pet parova sa svake strane karapaksa. *C. sapidus* spada u skupinu plivajućih rakova koji se odlikuju time što im je zadnji par nogu preobražen u strukture slične veslima koje im pomažu pri plivanju (CABI 2020). Poput svih rakova, posjeduje čvrst egzoskelet koji se ponajviše sastoji od mineraliziranoga polisaharida hitina. Prednji par nogu je pak preobražen u kliješta (*chelae*), te ne služi za kretanje već za pridržavanje hrane. *C. sapidus* može se lako prepoznati po karakterističnom obliku i plavkastoj obojenosti po kojoj je vrsta i dobila ime. Vrškovi nogu i kliješta crvenkaste su ili ljubičaste boje. Karapaks je kod ove vrste iznimno širok, te je obično širine od 13 do 20 cm, ali zabilježeni su primjerci koji su imali karapaks širine i do 27 cm. *C. sapidus* je ekstremno eurihalina vrsta koja uglavnom živi u estuarijima do dubine od 35 metara. Preferira pješćana i muljevita dna. Iako je vrsta eurihalina, rast im ne ovisi toliko o slanoći morske vode koliko o temperaturi: optimalna temperatura je za rast mladih rakova 15°C. *C. sapidus* je predator i hrani se ponajviše školjkašima i koristi se svojim snažnim kliještima kako bi im otvorio ljušturu, ali mu se prehrana također sastoji i od biljnoga materijala i detritusa.



Slika 7: Morski rak *Callinectes sapidus*, preuzeto sa

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:\(Callinectes\\_sapidus\)\\_Blue\\_Swimmer\\_Crab\\_-\\_Flickr\\_-\\_gailhampshire.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:(Callinectes_sapidus)_Blue_Swimmer_Crab_-_Flickr_-_gailhampshire.jpg)

#### 4.1.2. Invazivnost

*C. sapidus* autohtona je vrsta u zapadnim dijelovima Atlantskog oceana, a danas je invazivna vrsta u gotovo svim priobalnim morima Europe i Japana. Smatra se kako je transport balastnim vodama u brodovima najvjerojatniji vektor unosa te vrste u strana područja. Neki pak smatraju da je vrsta ciljano dovedena u područje Mediterana jer ima komercijalnu vrijednost, te je slučajno ili namjerno puštena u more (Nehring 2012). U Mediteranu *C. sapidus* prvi je put pronađen 1951. godine u sjevernom dijelu Jadranskoga

mora. Danas je vrsta prisutna na jako širokom području te se smatra invazivnom (Mancinelli i sur. 2012).

U istraživanju Mancinelli i sur. (2012) po prvi put su analizirane vremensko-prostorne varijacije populacija ove vrste na području Mediterana. Istraživanja su napravljena na dvama područjima: na talijanskom poluotoku Salento (tijekom cijele godine) i u Jadranskom moru u laguni Acquatina (samo na ljeto i proljeće). Jedinke su hvatane zamkama za rakove te su skupljeni primjerci analizirani u laboratorijima. Svakom primjerku određen je spol te su trudnim ženjkama uklonjena jajašca koja su potom izvagana i iz tih podataka je izračunat fekunditet. Dobiveni rezultati pokazali su da *C. sapidus* ima manji utjecaj u laguni nego na poluotoku Salento. Pokazalo se da se i odrasle i mlade jedinke mogu naći u boćatim vodama, ali odrasle ženke gravitiraju prema slanijoj vodi. Ta saznanja korisna su za potencijalnu borbu protiv ovih rakova u budućnosti.

## 4.2. *Percnon gibbesi*

### 4.2.1. Opis vrste

Kao i *C. sapidus*, *Percnon gibbesi* (slika 8, Zenetos 2015) vrsta je raka iz reda *Decapoda* te stoga ima slične karakteristike kao i prethodna vrsta, ali za razliku od nje *P. gibbesi* nije plivajući rak pa nema preobraženi zadnji par nogu. Karapaks te vrste raka tanak je i diskoidan. *P. gibbesi* relativno je malena vrsta raka kojoj karapaks rijetko prelazi duljinu od tri centimetra, ali noge su dugačke u odnosu na veličinu tijela (Zenetos 2015). Primarno je smeđe boje koja služi za kamuflažu na stijenama na kojima ovaj rak živi, a na zglobovima nogu nalaze se žućkasti krugovi. *P. gibbesi* hrani se oportunistički, a prehrana mu se pretežno sastoji od raznih vrsta algi na kamenitim infralitoralnim obalama.



Slika 8: Morski rak *Percnon gibbesi*, preuzeto sa:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Percnon\\_gibbesi\\_Linosa\\_052.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Percnon_gibbesi_Linosa_052.jpg)

## 4.2.2. Invazivnost

Prirodno stanište vrste *P. gibbesi* priobalni su dijelovi Atlantskog oceana. Kao što je već navedeno, ta vrsta preferira kamenita staništa u plitkim vodama (Tejada i sur. 2015). Također ima usku dubinsku rasprostranjenost pa se teško nalazi u dubinama većim od četiri metra, a najrasprostranjenija je na dubinama od jednoga metra. U područje Mediterana dospjela je najvjerojatnije kroz Gibraltarski prolaz. U Mediteranskom bazenu vrsta je prvi put zabilježena 1999. godine kod talijanskog otoka Linosa, a danas je prisutna na obalama mnogih europskih i afričkih država, od Španjolske i Francuske do Turske pa i Libije. *P. gibbesi* posjeduje mnoge tipične karakteristike invazivnih vrsta koje omogućuju tako široku rasprostranjenost, kao što su: kratko generacijsko vrijeme, veliki broj potomaka, široka prehrana i mogućnost preživljavanja u širokim rasponima mnogih uvjeta.

U istraživanju provedenom u Španjolskoj (Tejada i sur. 2015), analizirane su fiziološke adaptacije vrste *P. gibbesi* te su bile uspoređivane s nativnom vrstom *Pachygrapsus marmoratus*, s kojom dijeli stanište. Prikupljeni rakovi bili su secirani i njihova tkiva su laboratorijski procesirana u biokemijskim testovima. Kod obje vrste detektirane su koncentracije vitamina E i karotenoida te aktivnost antioksidacijskih enzima. Rezultati su pokazali da *P. gibbesi* sadržava višu koncentraciju karotenoida, a *P. marmoratus* vitamina E. Koncentracije većine antioksidansa bile su više kod *P. marmoratus*. Ovi rezultati ukazuju na prilagodbu vrste *P. gibbesi* novim uvjetima jer antioksidirajući sustavi te vrste ne reagiraju na stres uvjetovan životom na novom području, rezultirajući većim oksidativnim oštećenjem staničnih komponenta.

## 4.3. *Pterois miles*

### 4.3.1. Opis vrste

Riba *Pterois miles* (slika 9, Zenetos 2015), kod nas poznata pod nazivom prugasti kokot i pod engleskim nazivima *devil firefish* i *common lionfish*, vrsta je morske koštunjače iz skupine zrakoperki čije je prirodno stanište Indijski ocean. Sve zrakoperke karakterizira specifični oblik peraja; peraje tih riba zapravo su samo kosti obložene kožom (tzv. šipčice) i tvore zrakasti oblik po čemu je skupina dobila ime. Leđna peraja *P. miles* ima perjasti izgled, dok prsne peraje više izgledaju kao krila jer su šipčice spojene opnom. Obojenost varira od jedinke do jedinke, ali sve imaju brojne tamne horizontalne pruge duž tijela. Samotna je i noćna vrsta te se danju skriva među stijenama, a noću kreće u potragu za hranom. Ta je riba predator i hrani se uglavnom drugim ribama i rakovima. Ona ima malo prirodnih predatora, za što je zaslužna činjenica da leđne šipčice sadrže snažan otrov. Usprkos tome, ponekad se veće jedinke hrane manjima, a ponekad mogu postati obrok i kirnjama.



**Slika 9:** Morska riba *Pterois miles*, preuzeto sa:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/Pterois\\_miles#/media/File:Pterois\\_radiata\\_longhorned\\_lionfish.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/Pterois_miles#/media/File:Pterois_radiata_longhorned_lionfish.JPG)

### **4.3.2. Invazivnost**

U prethodnom odlomku već je navedeno da *P. miles* živi u vodama Indijskog oceana, ali se također počinje primjećivati u Sredozemnom moru. Jedan primjerak primijećen je 1991. godine kod obale Izraela. Nakon toga 20 godina nije nađen niti jedan primjerak sve do 2012. godine kada su dvije jedinke pronađene kod Libanona (Kletou i sur. 2016). U zadnje vrijeme viđanja te ribe u Sredozemlju sve su češća te izazivaju zabrinutost kod znanstvenika. U Sredozemlje je *P. miles* sasvim sigurno došla iz Indijskog oceana preko Crvenog mora i Sueskoga kanala i tako predstavlja primjer lesepsijske migracije. Danas se primjerci najviše opažaju na obalama otoka Cipra, gdje su jedinke mapirane kako bi se doznalo više o ukupnoj prisutnosti te vrste u Sredozemnom moru. Danas *P. miles* možemo smatrati invazivnom u grčkim vodama, te postoji ozbiljna mogućnost da u bliskoj budućnosti ona postane invazivna i u drugim područjima Sredozemlja. Brzo širenje vjerojatno je rezultat vrlo čestog razmnožavanja te vrste, a budući da je poznato da taj predator ima malo prirodnih neprijatelja, u Mediteranu još i manje, stvara se problem koji se nipošto ne smije zanemariti. Štoviše, kako je vrsta otrovna, također predstavlja neposrednu opasnost za ljude.

## 5. Metode kontrole invazivnih vrsta

Kontrola invazivnih vrsta težak je, ali ujedno i vrlo važan zadatak na kojemu se radi sve više, posebice u novije vrijeme. Pokazalo se da su invazivne vrste drugi najčešći razlog izumiranja autohtonih vrsta (Giakoumi i sur. 2015), a poznato je i da mogu ozbiljno utjecati i na ekonomiju pa i na zdravlje ljudi. Do danas puno su uspješnije i razvijenije metode za kontroliranje kopnenih invazivnih vrsta, sve do mjere u kojoj su neke vrste potpuno iskorijenjene na staništima u kojima su uvedene. Metode za kontrolu morskih vrsta, nažalost, manje su uspješne isključivo iz razloga što morske vrste imaju slobodniji put ulaska u nova staništa. Uz svu češću izgradnju umjetnih kanala koji povezuju prethodno nepovezana morska staništa, prijetnja koju morske invazivne vrste predstavljaju je veća nego prije, a i teže rješiva. Usprkos tome, potpuno istrebljenje morskih invazivnih vrsta uspješno je provedeno u nekim slučajevima, a dobar je primjer eliminacija alge *C. taxifolia*, koja predstavlja veliki problem u Sredozemlju, s dva staništa u Kaliforniji (Giakoumi i sur. 2015). U većini slučajeva, ipak takvo potpuno istrebljenje jednostavno nije realistično pa kad se govori o kontroli vrsta, obično se misli o svođenju njihovih populacija na brojeve koji su prihvatljivi. Danas se sve više razmatraju metode koje bi suzbijale više invazivnih vrsta koje dijele iste ili slične karakteristike, a ne samo pojedine vrste.

Kada se poduzimaju mjere za kontrolu invazivnih vrsta, potrebno je uzeti u obzir rasprostranjenost vrste kao i brzinu, odnosno kapacitet širenja. Očigledno, što je vrsta šire rasprostranjena i što ima viši kapacitet širenja, bit će teže zaustaviti daljnje širenje i još teže suzbiti vrstu. Prikladno tim podatcima, potrebno je izabrati kojom se metodom koristiti. Identificirano je 11 metoda koje variraju po intenzitetu: fizičko uklanjanje vrsta, rehabilitacija okoliša, ciljano uklanjanje i komercijalno ili rekreativno korištenje uginulih primjeraka, strateška primjena biocida, uvođenje prirodnih (nativnih) predatora ili brstitelja koji bi se hranili invazivnim vrstama, uvođenje nativnih bolesti i parazita koje bi napadale invazivne vrste, uvođenje stranih bolesti i parazita, uvođenje stranih predatora ili brstitelja, korištenje genetičkih pristupa koji utječu samo na invazivne vrste te edukacija javnosti. Posljednja, jedanaesta metoda je ne raditi ništa (Giakoumi i sur. 2015). Rezultati su pokazali da niti jedna metoda uklanjanja invazivnih vrsta nije idealna te da sve imaju svoje mane. Primjerice, uvođenje predatora koji se hrane invazivnim vrstama može biti potencijalna opasnost za autohtone vrste na određenom staništu. Obrazovanje ljudi i ukazivanje na problem, smatra se najbitnijom metodom, posebice kada se radi o tek primijećenim stranim vrstama. Za beskralježnjake s niskim kapacitetom širenja, najbolja je opcija fizičko uklanjanje. Jedanaesta metoda, ne raditi ništa, nisko je efikasna, ali upotrebljiva u nekim slučajevima pošto je poznato da ponekad dolazi do spontanoga pada u brojevima populacija invazivnih vrsta bez ikakvoga ljudskog utjecaja. Kao najmanje upotrebljiva metoda pokazala se sedma metoda, uvođenje parazita ili bolesti koje bi ciljale invazivne vrste. Glavni razlog tomu velika je opasnost širenja parazita i bolesti na ostale vrste (Giakoumi i sur. 2015). S druge strane, druga metoda, rehabilitacija okoliša, pokazala se najefikasnijom za lokalizirane vrste s niskim kapacitetom širenja.



## 6. Literatura

- Box, A., Deudero, S., Sureda, A., Tejada, S. 2015. Physiological adaptation to Mediterranean habitats of the native crab *Pachygrapsus marmoratus* (Crustacea: Decapoda) and the invasive *Percnon gibbesi* (Crustacea: Decapoda). *Scientia Marina* 79(2): 257-262, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/scimar.04172.21B>
- CABI (Centre of Agriculture and Biosciences International) 2020. Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. [www.cabi.org/isc](http://www.cabi.org/isc)
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Ben Rais Lasram, F., Aguzzi, J., Ballesteros, E., Nike Bianchi, C., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Frogliani, C., Galil, B., Gasol, J., Gertwagen, R., Gil, J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., Kitsos, M., Koukouras, A., Lampadariou, N., Laxamana, E., Lopez-Fe de la Cuadra, C., Lotze, H., Martin, D., Mouillot, D., Oro, D., Raicevich, S., Rius-Barile, J., Ignacio Saiz-Salinas, J., San Vicente, C., Somot, S., Templado, J., Turon, X., Vafidis, D., Villanueva, R., Voultziadou, E. 2010. The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats. *PloS ONE* 5(8): 1-334, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011842>
- Galil, B. S. 2007. Loss or gain? Invasive aliens and biodiversity in the Mediterranean sea. *Marine Pollution Bulletin* 55(7-9): 314-322, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.11.008>
- Galil, B., Occhipinti-Ambrogi, A. 2010. Marine alien species as an aspect of global change. *Advances in Oceanography and Limnology* 1(1): 199-218, doi: <https://doi.org/10.1080/19475721003743876>
- Giakoumi, S., Katsanevakis, S., Albano, P., Azzurro, E., Cardoso, A., Cebrian, E., Deidun, A., Edelist, D., Francour, P., Jimenez, C., Mačić, V., Occhipinti-Ambrogi, A., Rilov, G., Sghaier, Y. 2019. Management priorities for marine, invasive species. *Science of the Total Environment* 688: 976-982, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.282>
- Hoffman, R. 2014. Alien Benthic Algae and Seagrasses in the Mediterranean Sea and Their Connection to Global Warming. *The Mediterranean Sea: Its history and present challenges*. Urednici: Goffredo, S; Dubinsky, Z. Springer. str. 159-181, doi: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6704-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6704-1_10)
- Katsanevakis, S., Wallentinus, I., Zenetos, A., Leppäkoski, E., Ertan Çinar, M., Oztürk, B., Grabowski, M., Golani, D., Cristina Cardoso, A. 2014. Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review, *Aquatic Invasions* 9(4): 391-423, doi: <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2014.9.4.01>
- Kletou, D., Hall-Spencer, J., Kleitou, P. 2016. A lionfish (*Pterois miles*) has begun in the Mediterranean sea, *Marine Biodiversity Records* 9(46): 1-7, doi: <https://doi.org/10.1186/s41200-016-0065-y>
- Mancinelli, G., Carrozzo, L., Costantini, M., Rossi, L., Marini, G., Pinna, M. 2012. Occurrence of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 in two Mediterranean coastal habitats: Temporary visitor or permanent resident? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 135: 46-56, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.06.008>
- Nehring, S. 2012. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Callinectes sapidus*. – From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS. 10 str. [www.nobanis.org](http://www.nobanis.org)

- Pećarević, M., Mikuš, J., Bratoš Cetinić, A., Dulčić, J., Čalić, M. 2013. Introduced marine species in Croatian waters (Eastern Adriatic Sea). *Mediterranean Marine Science* 14(1): 224-237, <http://www.medit-mar-sc.net>
- Streftaris, N., Zenetos, A. 2006. Alien Marine Species in the Mediterranean - the 100 'Worst Invasives' and their Impact. *Mediterranean Marine Science* 7(1): 87-118, doi: <https://doi.org/10.12681/mms.180>
- Zenetos, A. (urednica) 2015. Illustrated Guide of Marine Alien species in the Mediterranean for Students and Citizen Scientists. COST1209 Action: Alien Challenge, 22 str.

## **7. Sažetak**

Cilj ovoga rada pojasniti je što su invazivne vrste. Većina invazivnih vrsta dijele određene karakteristike poput brzog razmnožavanja, rasta i razvoja, velikog broja potomaka, kratkog generacijskog perioda te otpornosti i prilagodljivosti na različite uvjete. Te karakteristike im omogućuju rapidno širenje i kolonizaciju novih staništa, često na štetu organizama koji su nativni za ta područja. Natječući se s autohtonim vrstama za hranu i prostor, invazivne vrste polako ali sigurno sudjeluju u odumiranju vrsta i drastičnom smanjenju bioraznolikosti. U radu su navedeni primjeri nekih vrsta koje su postale invazivne u Sredozemnom moru, njihova obilježja i opasnosti koje predstavljaju. Također su spomenute metode kontroliranja, suzbijanja i uklanjanja tih vrsta iz koloniziranih područja. Univerzalna metoda borbe protiv alohtonih vrsta i njihova istrebljenja ne postoji, već se za svaku vrstu ili skupinu vrsta koje dijele određena svojstva koristi najprikladnija metoda. Mediteran je jedinstveno more, danas je njegov živi svijet vrlo ugrožen, između ostalih prijatnji i napredovanjem invazivnih vrsta. Zato je važno da se ovom problemu da prioritet i da se nađu efikasna i sigurna rješenja.

## **8. Summary**

This paper tackles the subject of marine invasive species. Many invasive species share a number of common traits and characteristics that help them survive and thrive in a new habitat, often directly damaging the existing populations of native species in the colonized habitat. These traits, such as rapid reproduction, large numbers of offspring and the ability to adapt to a number of environmental conditions give these species an edge over native ones, which often results in diminishing of marine biodiversity, and in some cases even local extinction of certain species that are in direct competition with the invaders. The paper also presents some examples of invasive species that can be found in the Mediterranean Sea, describing their traits and explaining what makes them invasive and therefore dangerous for the environment, and potentially humans. Some methods for control, management and eradication of marine invasive species are also described. It should be noted that no method is universal, and depending of the species' characteristics, the method thought to be most effective is chosen accordingly. Mediterranean is unique enclosed sea and its biota is highly endangered. Invasive species advancement is one of the numerous threats and it is important that this problem should be given priority in order to obtain effective and safe solutions.