Invazivne vrste algi u Jadranu

Kocijan, Kristina

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:463009

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

INVAZIVNE VRSTE ALGI U JADRANU

INVASIVE SPECIES OF ALGAE IN THE ADRIATIC SEA

SEMINARSKI RAD

Kristina Kocijan
Preddiplomski studij Znanosti o okolišu
(Undergraduate Study of Environmental Science)
Mentor: doc. dr. sc. Petar Kružić

Zagreb, 2014.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. KAULERPE U SREDOZEMNOM MORU 1
3. *Caulerpa taxifolia* 2
3.1. BIOLOGIJA VRSTE 3
3.2 INVAZIVNI UTJECAJ 4
3.3. NALAZIŠTA U JADRANU 5
3.4. METODE ISKORJENJIVANJA 6
4. *Caulerpa racemosa* 7
4.1. BIOLOGIJA VRSTE 7
4.2. INVAZIVNI UTJECAJ 9
4.3. NALAZIŠTA U JADRANU 9
4.4. ISKORJENJIVANJE ALGE 10
5. *Womersleyella setacea* 11
5.1. NALAZIŠTA U JADRANU 11
5.2. INVAZIVNI UTJECAJ 12
6. PREDATORI I BIOLOŠKA KONTROLA 13
7. ZAKLJUČAK 14
8. LITERATURA 15
9. SAŽETAK 16
10. SUMMARY 16

1. UVOD

Unatoč tome što je nedovoljno istražen, bioraznolikost Jadranskog mora je poprilično velika. Do sada je utvrđeno oko 7 000 biljnih i životinjskih vrsta od kojih samo u flori 12% od ukupnog broja su endemi. Zbog brojnosti endema Jadransko more je izdvojena biogeografska regija Sredozemlja. Nažalost, to područje postaje sve ugroženije zbog negativnog antropogenog utjecaja, ali i sve većeg širenja invazivnih vrsta (Kružić 2012.).

Sve vrste koje prirodno ne obitavaju na nekom području nego su dospjele namjernim ili nenamjernim unošenjem nazivaju se strane, unesene ili alohtone. Ukoliko te vrste imaju negativni utjecaj na autohtone zajednice tada ih nazivamo invazivnim vrstama. Smatra se da danas upravo one predstavljaju najveću opasnost za bioraznolikost. Oduvijek su vrste naseljavale nova područja van svog prirodnog staništa, no u 20. stoljeću velike migracije ljudi ubrzale su taj proces te se bilježi snažan rast invazivnih vrsta u cijelom svijetu (URL 2).

U Jadranu veliki problem predstavljaju invazivne vrste algi koje će detaljnije biti opisane u ovom radu.

2. KAULERPE U SREDOZEMNOM MORU

Caulerpa je rod zelenih algi iz porodice *Caulerpaceae* koje su rasprostranjene u tropskim i umjereno toplim morima. Taj rod opisao je početkom 19. st. francuski botaničar Jean Vincent Félix Lamouroux, a ime roda dao je prema grčkoj riječi ˝caulos˝- stabljika i ˝erpo˝- ja pužem. Ono po čemu su posebne jest to da su najveći jednostanični organizmi na svijetu. Iako je cijela alga građena od samo jedne stanice njezino razgranato stabalce može narasti i nekoliko metara te imati na sebi tisuće korjenčića i stotine listića. Brojni korjenčići pričvršćuju stabalce za podlogu iz kojeg se razvijaju listići, a ovisno o vrsti alge različitog su oblika. Rasperani listići karakteristični su za algu *Caulerpa taxifolia*, grozdasti za algu *Caulerpa racemosa*, a cjeloviti za algu *Caulerpa prolifera*. Unutrašnjost je ispunjena gigantskom citoplazmom s brojnim jezgrama i drugim organelima koje stanična stijenka jedina odvaja od morske vode. Ukoliko dođe do oštećenja, bilo zbog otkidanja fragmenta ili ugriza biljojeda, brzo dolazi do stvaranja citoplazmatskog čepa koji zatvara ranu te tako sprječava istjecanje citoplazme.

Kaulerpe se mogu razmnožavati vegetativno i spolno. Vegetativno razmnožavanje vrši se otkidanjem fragmenata koji se onda razviju u novu biljku, a kod spolnog razmnožavanja iz citoplazme se razvija na milijune gameta. Rano u zoru muške i ženske gamete napuštaju

roditeljsku algu i spajaju se u zigotu koja tone na dno te se za desetak dana razvije nova alga dok ona roditeljska ugiba.

Rod *Caulerpa* jedan je od najraznorodnijih sistematskih skupina sa preko 70 različitih vrsta, podvrsta, svojti, varijeteta i formi. Osam svojti pronađeno je u Sredozemnom moru, od čega njih sedam nisu autohtoni organizmi za to područje već potječu iz Crvenog mora. Brojni organizmi dobili su mogućnost naseljavanja Sredozemlja nakon što je prokopan Sueski kanal, a nazvani su lesepski organizmi po Ferdinandu de Lesepsu, konstruktoru Sueskog kanala. Alohtone svojte roda *Caulerpa* su *C. mexicana*, *C. racemosa var. turbinata- uvifera*, *C. racemosa var. lamourouxii f. requienii*, *C. racemosa var. cylindracea*, *C. scalpelliformis*, *C. sertularioides* te *C. taxifolia* dok je jedina autohtona *C. prolifera*. Ona je najvjerojatnije relikt iz Tethys mora, a danas naseljava tropska mora dok u Sredozemlju obitava na plitkom, pjeskovito-muljevitom dnu, često zajedno sa morskim cvjetnicama. U Jadranskom moru rijetko se nalazi, kod nas je pronađena na šest lokacija, no povukla se sa njih pet iz nepoznatog razloga. Prisutna je jedino uz otočić Lokrum što nije tipično za ovu vrstu zbog životnih uvjeta. Tu raste na kamenitom podmorskom strmcu, na području smanjene količine svjetla i jakih valova (URL 3).

3. *Caulerpa taxifolia*

Početkom sedamdesetih *Caulerpa taxifolia* jedna je od najčešćih korištenih alga u europskim morskim tropskim akvarijama zahvaljujući lijepom izgledu, brzom rastu i otpornosti na akvarijske uvjete. Međutim, nije poznato odakle je prvi primjerak donesen u europske akvarije. Akvariji u Oceanografskom muzeju u Monaku bili su prepuni nje. Tu je slučajnim ispuštanjem, vjerojatno prilikom čišćenja, i dospjela u Sredozemno more. Kako je ta alga tropski organizam smatralo se da neće preživjeti u umjereno toploj vodi. Ipak se prilagodila novom staništu te se smatralo da je tijekom kultiviranja doživjela genetičke promjene koje su joj omogućile da preživi. Nedavno je utvrđeno kako u umjereno toplim morima Australije, u zaljevu Moreton pored Brisbanea, raste genetički, morfološki i fiziološki vrlo slična populacija alga. Najvjerojatnije je početkom sedamdesetih godina iz tog područja i sakupljena alga za akvarij pa prema tome sposobnost da preživi u Sredozemnom moru evolucijski je već stekla u umjereno toplim australskim morima. *Caulerpa taxifolia* u Europi je prvi puta primijećena 1984. g. ispred Oceanografskog muzeja u Monaku, a do 2000. g. proširila se podmorjem Španjolske, Francuske, Italije, Tunisa i Hrvatske na ukupno 130

udaljenih područja. Tako se rasprostrla zahvaljujući prijenosu na sidrima i ribolovnim alatima, najviše mrežama (URL 3).

3.1. BIOLOGIJA VRSTE

Caulerpa taxifolia je lijepa fluorescentno zelena alga građena od puzajućeg stabalca koji može narasti preko 1 metar u dužinu, brojnih korjenčića kojima je učvršćena za dno i rasperanih listića koji mogu narasti od 5 do 65 centimetara u dužinu. Pošto listići podsjećaju na listove tise (rod *Taxus*- tisa) tako je alga i dobila ime. U Sredozemnom moru oni dosežu dužinu od 10-30 centimetara, a ponekad čak i do 80 (Sl. 1.).



Slika 1. Hatitus alge *Caulerpa taxifolia* (Izvor: URL 3)

Alga raste na svim stabilnim podlogama (kamenu, mulju, pijesku, na rizomima morske cvjetnice *Posidonia oceanica*, na nepokretnim životinjama) od 3 do 30-40 metara dubine, a ispred Monaka pronađena je i na dubini od 100 metara. Može rasti u čistom moru, ali i u onečišćenom (npr. uz kanalizacijske ispuste), osvijetljenom ili zasjenjenom mjestu. Razvija se na temperaturama višim od 18° C, ali može preživjeti nekoliko dana na temperaturi od 7° C i 3 mjeseca na 10° C u eksperimentalnim uvjetima.

Kada naseli novo područje započinje njezin brzi rast i vegetativno razmnožavanje. Tijekom ljeta raste brzinom od 2 centimetara na dan, a grananjem stabalca povećava gustoću. Najgušća naselja alga mogu po metru kvadratnom imati 300 metara puzajućeg stabalca i 14 000 listića. Tako veliki broj listića omogućuje uspješno vegetativno razmnožavanje, pošto njihovim otkidanjem valovima nakon desetak dana dolazi do razvoja nove alge. Otkinuti listići uvijek se obnavljaju po istom principu: najprije se na mjestu otkidanja razvijaju korjenčići, a na oko 0,5 centimetara od mjesta otkidanja razvija se novo stabalce. Ovakav način razmnožavanja jedini je u ove vrste u Sredozemlju pa su tako sve alge zapravo klonovi. Alga ima mogućnost i spolnog razmnožavanja, no ono se dešava samo u tropskim morima. Iako dolazi do razvoja i ispuštanja gameta one su sve muške, a iz nepoznatih razloga ne dolazi do razvoja ženskih gameta. Oko 27 minuta prije izlaska Sunca gamete se ispuštaju, no kako ne dolazi do oplodnje sve ugibaju.

Širenje naselja algi iznimno je brz proces. Kroz 5 godina alga prosječno zahvati 10 hektara morskoga dna. Zato je iznimno bitno pronaći nova naselja u ranoj fazi njihovog širenja (unutar prve 3 godine od naseljavanja), kada još postoji mogućnost za njezino uklanjanje (URL 1. URL 3).

3.2 INVAZIVNI UTJECAJ

Alga *Caulerpa taxifolia* jedna je od 100 najgorih svjetskih invazivnih vrsta te je s pravom nazvana alga ubojica. Njezino širenje uzrokuje velike promjene u bioraznolikosti, ekoraznolikosti i krajobraznoj raznolikosti. Najdrastičnije promjene se dogode kada se nastani na kamenitom dnu jer se autohtone svojte algi ubrzo potpuno povuku.

Kako je pjeskovito dno relativno siromašno vrstama, tu gotovo da i ne rastu autohtone alge. Ipak *Caulerpa taxifolia* uspijeva i na takvoj podlozi te se na njoj, posebno tokom jeseni i zime, razvijaju brojne druge vrste alga. Od životinja na pjeskovitom dnu zbog kamuflaže obitavaju ribe pauci, iverci i listovi koji se nikako ne mogu prilagoditi suživotu sa algom. Sveukupno gledano, nakon što se *C. taxifolia* nastani broj biljnih i životinjskih vrsta se poveća, no to nije zajednica pjeskovitog dna već nova zajednica livade alge *Caulerpa taxifolia*.

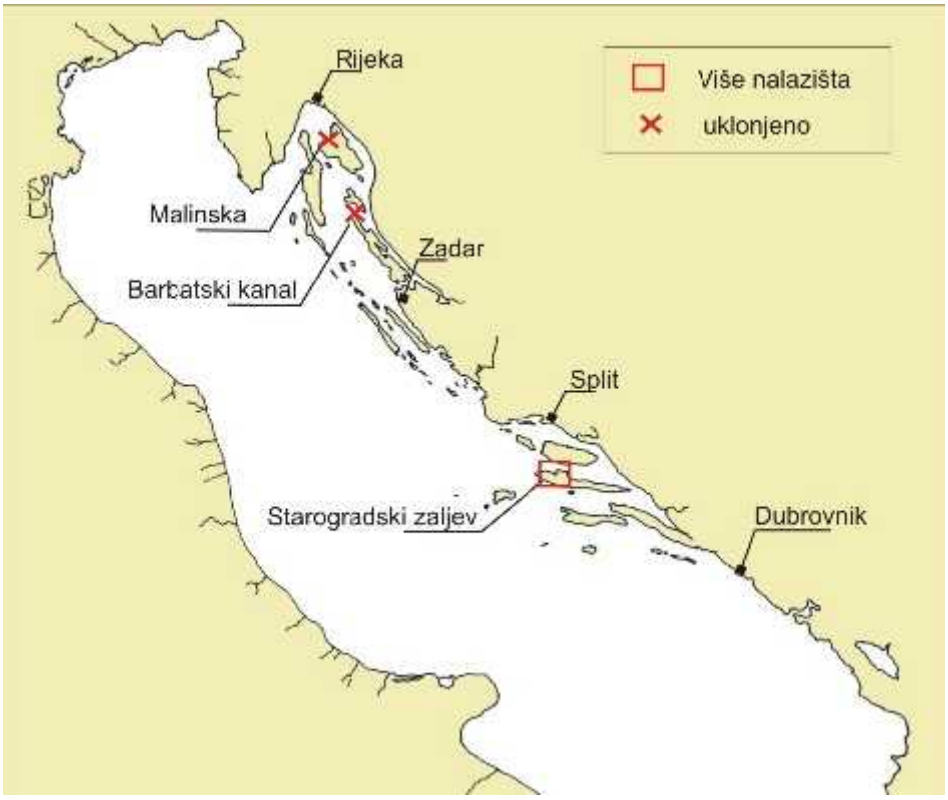
Morska cvjetnica *Posidonia oceanica* također je ugrožena od strane alge. Ako je livada cvjetnice gusta i zdrava tada nema opasnosti, no ako je livada oštećena iz nepoznatog razloga alga je zagušuje i zauzima njezino mjesto.

Negativni utjecaj alge *Caulerpa taxifolia* očituje se u tome što dolazi do ujednačavanja ranije različitih zajednica. Mali broj organizama koji živi u livadama alge podjednako

nastanjuje različite vrste morskog dna. Osim što je ugrožena bioraznolikost velike posljedice vidljive su i u ronilačkom turizmu te priobalnom ribolovu (URL 3).

3.3. NALAZIŠTA U JADRANU

Do danas *Caulerpa taxifolia* u Jadranskom moru pronađena je jedino u hrvatskom podmorju i to na tri lokacije: Starogradski zaljev kod otoka Hvara, kod Malinske na otoku Krku i u Barbatskom kanalu između otoka Raba i otočića Dolin (Sl. 2.).



Slika 2. Rasprostranjenost alge *C. taxifolia* u Jadranu 2008. g. (Izvor: URL 3)

U Starogradskom zaljevu prvi put je pronađena 1994. g. uz trajektno pristanište. Do kraja 1995. g. zahvatila je područje od oko 6 hektara do nekih 15 metara dubine. Zbog povremenih jakih nevremena i valova koji su fragmentirali algu i pospješili njezino vegetativno razmnožavanje brzo se širila na okolna područja. Tijekom 1996. g. pronađena je na još dvije udaljene lokacije gdje je najvjerojatnije donesena na ribarskim mrežama, a do kraja 2005. g. mogla se pronaći na 10 izdvojenih nalazišta. Unatoč zabrani da se ne lovi na glavnom nalazištu alge, lokalni ribari to ne poštuju pa tako na svojim povlačnim mrežama migavicama prenose algu zaljevom. Do kraja 2005. g. *Caulerpa taxifolia* se zaljevom proširila

na površini od preko 70 hektara. Na okolnim izdvojenim nalazištima provedena je akcija njezinog suzbijanja pa je brzina širenja smanjena, dok je na nekim područjima u potpunosti uklonjena. Suzbijanje se odvija periodički od 1997. g., no kako je alga zahvatila suviše veliku površinu nije ju moguće u potpunosti ukloniti.

Iste godine kad je *Caulerpa taxifolia* pronađena u Starogradskom zaljevu, pronađena je i na Malinskoj. Najprije je zabilježena na području luke gdje je gradila gusta naselja s više od 90 metara stabalca i 6 000 listića na metru kvadratnom, a kasnije na još tri izdvojena nalazišta. Većinom se razvijala na muljevitom i pjeskovitom dnu od 2 do 13 metara dubine. Mokri uzorak alge sakupljeni na površini od metra kvadratnog težio je preko 5 kilograma. Tijekom zima 2002./2003. i 2003./2004. temperatura mora pala je na 9° C i takve niske temperature dugo su se zadržale te su dovele do značajnog povlačenja alge. Krajem 2005. g. pronađeni su zakržljali ostaci na maloj površini dna te su sakupljeni i uklonjeni.

Treće nalazište je Barbatski kanal gdje je *Caulerpa taxifolia* pronađena 1996. g. neposredno uz otočić Dolin. Tada je u četiri naselja alga pokrivala područje od oko 20 m^2 na dubinama od 2 do 8 metara. Ručnim sakupljanjem odmah je uklonjena te na tom nalazištu alga više nije pronađena. U proljeće 2001. g. pronađena je nova lokacija oko 500 m zapadnije od prijašnjeg područja gdje se alga raširila uzduž 100 metara obalne linije i prekrila oko 100 m^2 dna od 7 do 9 metara dubine. Odmah je uklanjana zatrpavanjem vapnom, prekrivanjem crnim folijama i ručnim sakupljanjem što je dalo rezultata te dvije godine kasnije alge više nije bilo. Potpunom povlačenju pridonijela je i iznimno niska temperatura mora tokom zime 2001./2002. (URL 3).

3.4. METODE ISKORJENJIVANJA

Potpuno iskorjenjivanje alge *Caulerpa taxifolia* bilo je moguće 1991. g. no kako to nije bilo učinjeno danas se raznim metodama pokušava barem djelomično ukloniti i smanjiti brzinu njezina širenja. Koriste se različita kemijska i fizička sredstva poput ručnog sakupljanja, zatrpavanja vapnom, prekrivanja crnim folijama, usisavanjem, solima, bakrom itd. Nekim se tehnikama uspješno može ukloniti mala nakupina alga udaljena od gusto obraslog područja.

Najučinkovitija metoda za sada je prekrivanje folijom. Alga mora biti prekrivena barem 3 mjeseca, a to je veliki problem jer folija može biti oštećena djelovanjem valova, mogu je potrgati sidra ili ribarske mreže. Osim što folija uništava *C. taxifoliu* uništava i autohtone organizme. To nije tako veliki problem pošto se zajednice brzo obnavljaju, no svako uništavanje cvjetnice *Posidonia oceanica* gotovo je neobnovljivi proces. Kako je brzina

njezina rasta oko 1 cm godišnje uklanjanje alge mora se provoditi ručno. Za područja s brojnim malim algama na pjeskovitom muljevitom dnu najbrža metoda uklanjanja je isisavanje ”mamutima”, a brojni fragmenti sakupljaju se i rukama.

U tijeku su i biološka istraživanja koja uključuju primjenu nekih morskih puževa koji se jedino hrane kaulerpom, no veliko je pitanje kako će njihovo uvođenje utjecati na cjelokupni ekosustav (URL 1, URL 3).

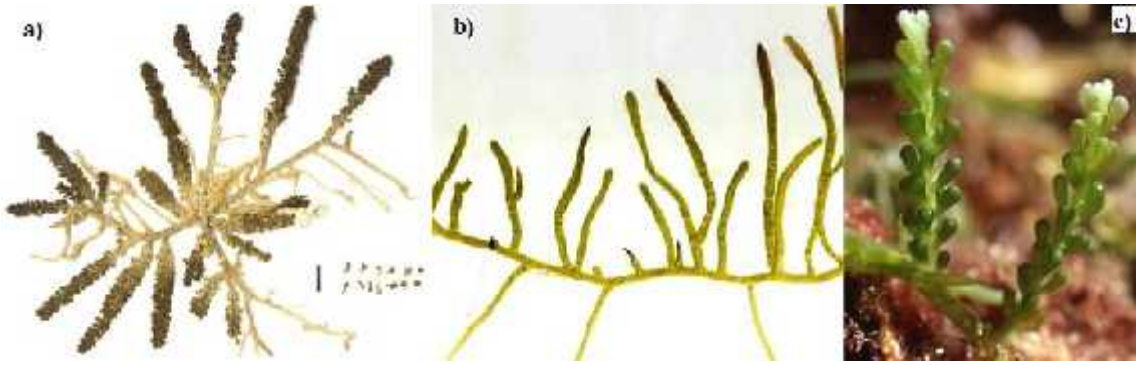
4. *Caulerpa racemosa*

Alga *Caulerpa racemosa* čest je organizam tropskih i umjereno toplih mora. Nije sa sigurnošću poznato odakle je i kako dospjela u Sredozemno more, no prvi je puta pronađena 1926. godine u podmorju Tunisa. Podrijetlom je to crvenomorski organizam koji je naselio Sredozemlje prolaskom kroz Sueski kanal. Do početka devedesetih godina 20. stoljeća zabilježena je mjestimično samo u području istočnog dijela Sredozemlja (Libanon, Egipat, Sirija, Tunis, Turska i Izrael), a od 1990. do 2000. *C racemosa* pronađena je u gotovo svim dijelovima Sredozemnog mora i uz Kanarske otoke (URL 3).

4.1. BIOLOGIJA VRSTE

Kao i sve druge kaulerpe i *Caulerpa racemosa* građena je od samo jedne stanice. Za podlogu se pričvršćuje brojnim korjenčićima, a njezino razgranato puzajuće stabalce može narasti i preko metar u dužinu. Prema svjetlu razvija listiće grozdastog oblika koji su relativno kratki, 3-10 cm i imaju brojne kuglaste isperke.

Morfološko-genetička istraživanja pokazala su da u Sredozemlju obitavaju barem tri različita varijeteta vrste *Caulerpa racemosa*.



Slika 3. Varijeteti alge *C. racemosa* (Izvor: URL 3)

Prvi varijetet je *C. racemosa var. turbinata- uvifera* ili Hamelov varijetet zabilježen u Sredozemnom moru još 1926. godine u podmorju Tunisa i u Levantinskom zaljevu 1931. g. (Sl. 3. a). Pedesetih godina 20. st. na području Levanta pronađen je drugi varijetet, *C. racemosa var. lamourouxii f. requieni*, specifičan po odsustvu isperaka na listićima (Sl. 3. b). Oba ova varijeteta još su i danas prisutna jedino u jugoistočnom dijelu Sredozemlja i vrlo su rijetki. 1990. g. u podmorju Libije pronađen je treći varijetet, *C. racemosa var. cylindracea*, a većina nalaza alge *Caulerpa racemosa* od tada do danas odgovara ovome tzv. invazivnom varijetetu (Sl. 3. c). Genetička istraživanja pokazuju kako je ovaj invazivni varijetet srodan racemosama iz jugozapadne Australije. Ako je i alga dospjela iz Australije nije jasno kako je od tamo mogla biti donesena pošto balastne vode i obraštaj brodova nisu načini širenja kaulerpi.

Caulerpa racemosa razmnožava se spolno i vegetativno, no za sada ne postoje dokazi njezinog uspješnog spolnog razmnožavanja u Sredozemlju. Iako su u Grčkoj pronađene alge koje su ispuštale muške i ženske gamete one se nisu spajale u zigotu pa bi tako u jednom danu i uginule. Do ispuštanja gameta obično dolazi 15 minuta prije izlaska Sunca. Višegodišnja istraživanja u Jadranskom moru zabilježila su pojavu samo ženskih gameta koje zbog prepoznatljive crvene očne pjege roditeljskim algama daju smeđe-crvenu obojanost. Vegetativno razmnožavanje vrši se pomoću fragmenata koji zbog svoje građe ne plutaju, ali tonu sporije nego fragmenti alge *C. taxifolia* pa tako prilikom snažnih valova i strujanja mora mogu biti preneseni na veće udaljenosti. Ako se usporede brzine širenja algi *C. racemosa* i *C. taxifolia* Sredozemljem uočljivo je znatno brže širenje *C. racemose* i sukladno tome broj nalazišta varijeteta *C. racemosa* mnogo je veći od nalazišta *C. taxifolia*. Mjesta pojavljivanja ove alge većinom nisu sidrišta i ribolovne pozicije nego su to često područja izložena snažnim valovima i morskim strujama. To sugerira kako su morske struje glavni mehanizam njezina širenja.

U Sredozemlju *Caulerpa racemosa* naseljava sve tipove dna pa se tako njezina gusta naselja mogu pronaći od površine do četrdesetak metara dubine. Kod nas u Jadranu najdublje je zabilježena između 55 i 60 metara, a vjerojatno se je može naći i dublje. Dobro podnosi i niske zimske temperature što dokazuje njezino obitavanje na području Vrsara u Istri gdje temperatura zna biti i niža od 7° C (URL 3).

4.2. INVAZIVNI UTJECAJ

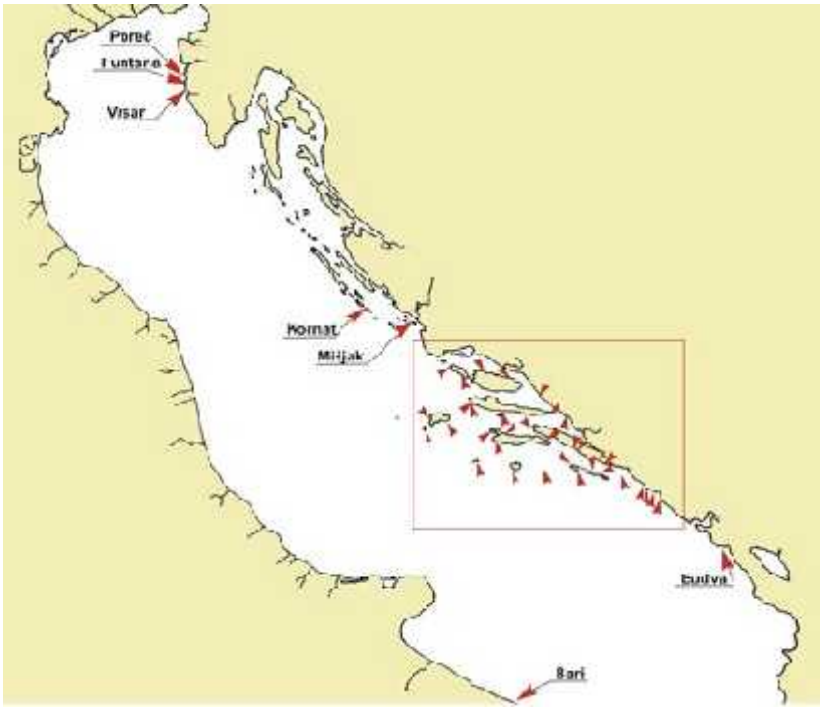
Caulerpa racemosa još je raširenija i invazivnija nego *Caulerpa taxifolia*. Najgušća naselja dosad zabilježena su na stjenovitom dnu koja su do pojave ove invazivne alge bila prekrivena autohtonim algama. Na površini od samo jednog metra kvadratnog razvije 2,6 km stabalca s preko 27 000 listića te time preraste sve autohtone nepokretne organizme. Unutar tog gustog spleta stabalca dolazi do značajnog nakupljanja organske tvari i anorganskih čestica sedimenta. Tokom biološke razgradnje dolazi do povećane potrošnje kisika što ponekad dovodi i do anoksije. Novonastalo hipoksično ili anoksično okruženje smrtonosno je za većinu organizama.

Alga se jako uspješno razvija na morskim spužvama jer joj vjerojatno za rast pogoduju ekskreti spužve koje iskorištava kao hranjive tvari. Razvojem na spužvi začepi njezine otvore kroz koje ulazi morska voda pa spužva polako počinje ugibati. To pogoduje daljnjem rastu alge pošto dolazi do biološke razgradnje spužve i oslobađanja hranjivih soli. Na samo jednoj spužvi promjera 10 cm razvio se 31 metar stabalca s oko 860 listića čime je alga bila potpuno nekrotična i imala miris na sumporovodik.

Uočeno je da se *Caulerpa racemosa* slabo razvija u zdravim i gustim livadama posidonije, no ako je *Posidonia oceanica* oštećena tada je alga s lakoćom nadvlada (URL 3).

4.3. NALAZIŠTA U JADRANU

Ovu invazivnu algu u Jadranu otkrio je dr. Ante Žuljević sa Instituta za Oceanografiju i Ribarstvo u Splitu. Prvi put je pronađena u jesen 2000. g. u podmorju Paklenih otoka. Do kraja 2005. g., u samo 5 godina, utvrđena je na 50-ak nalazišta od Cavtata do Visa. Sjevernije od Visa pronađena je samo u Vrsaru u Istri što je posebno iznenađujuće pošto se temperatura mora na tom području tijekom zime spušta na vrijednosti niže od 7 ° C. To znači da invazivna *C. racemosa* jako dobro podnosi niske temperature mora. Najveće naselje pronađeno je uz otok Mljet kod Sobre, a ono se na kraju 2005. g. protezalo uzduž više od 14 km obalne linije (Sl. 4.).



Slika 4. Rasprostranjenost alge *C. racemosa* u Jadranu 2008. g. (Izvor: URL 3)

Broj nalazišta u našem podmorju u stalnom je porastu. Rijetko se pojavljuju u sidrištima, a mali broj lokacija naseljen je ribolovnim mrežama. Raspored nalazišta sugerira na činjenicu da se ta alga širi primarno morskim strujama, a tu teoriju potvrđuju i nalazišta uz istočnojadransku obalu: Albanija, Crna Gora, južni dio Hrvatske obale te otoci. Većina ovih nalazišta vjerojatno su začeta raznošenjem alge obalnom jadranskom strujom i valovima tijekom snažnih istočnih i južnih vjetrova (URL 1, URL 3).

4.4. ISKORJENJIVANJE ALGE

Odmah nakon što je *Caulerpa racemosa* prvi puta uočena pristupilo se njezinom uklanjanju. Tada su nađena petnaestak naselja promjera do 2 metra i jedno oko 6 metara na dubinama od 4 do 16 metara. Sva su naselja zatrpana vapnom i prekrivena crnim folijama, no oko folija ostao je veliki broj sitnih fragmenata koji su teško uočljivi. Zbog njezine tamno zelene boje i niskog rasta teško je uočljiva unutar naselja autohtonih vrsta alga sve dok se gusto ne razvije. Dvije godine nakon pokusnog uklanjanja alga se proširila uzduž stotinjak metara obalne linije, od 5 do 20 metara dubine. Iz ovog je vidljivo kako je njezino uklanjanje iznimno teško.

Uklanjanje alge *Caulerpa racemosa* preporuča se jedino na područjima od iznimne biološke i kulturne vrijednosti i to ako alga nije naselila područje veće od 10 km^2. Jedini

projekt uklanjanja kod nas provodi se na području Velikog jezera na NP Mljet. Ovdje je širenje alge zaprijetilo jedinstvenom morskom ekosistemu i u Sredozemnom moru najvećem koraljnom grebenu. Na ulazu u Veliko jezero taj greben gradi endemski sredozemni kameni koralj, *Cladocora caespitosa*. Alga je u jezeru pronađena na samom početku njenog širenja pa se mehaničkim metodama uklanjanja može kontrolirati njezino širenje. Pojedinačne alge se sakupljaju ručno ili podvodnim sisaljkama, a veća naselja prekrivaju crnim plastičnim folijama kako bi im se oduzelo za rast potrebno svijetlo. *Caulerpa racemosa* također je pronađena u kanalu Soline koji spaja Veliko jezero i otvoreno more te u uvali Gonoturska. Bez provođenja mjera uklanjanja ova bi alga u kratkom vremenu zavladala podmorjem (URL 3).

5. *Womersleyella setacea*

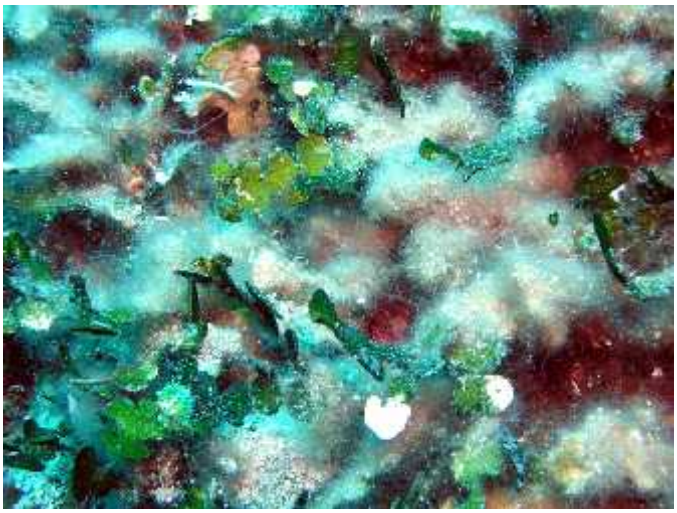
Womersleyella setacea crvena je alga autohtona za tropska područja svjetskih oceana dok je u Sredozemnom moru jedna od invazivnih vrsta. Do danas je pronađena u Egejskom i Jadranskom moru, te u zapadnom dijelu Sredozemnog mora. Prvi je puta zabilježena u Italiji 1986. g. kao *Polysiphonia* sp. i u Francuskoj 1987. g. kao *Polysiphonia setacea*. Kasnije je pronađena sve od Španjolske do Grčke (Nikolić i sur. 2010.).

5.1. NALAZIŠTA U JADRANU

Nije poznato kada je ova vrsta naselila Jadransko more, no prvi je puta uočena 1997. g. u blizini otoka Cresa, rta Oštro te u Italiji kod otoka Termiti. Nove lokacije zabilježene su 2003. g. u zaljevu Boka Kotarska i 2004. g. kod mjesta Rabac te kod Dugog otoka. Rasprostranjenost alge *Womersleyella setacea* istraživala se tijekom 2004. g. od Konavla do Visa te je utvrđeno da je rasprostranjena gotovo posvuda. Najgušća naselja pronađena su na južnim strmcima područja od Konavla do Cavtata između 20 i 30 metara dubine (Projekt Jadran, 2004.).

Od 2005. do 2009. g. sakupljale su se alge za istraživanje sa ukupno 50 lokacija, jedna je lokacija bila u Italiji, jedna u Crnoj Gori, a 48 kod nas u Hrvatskoj. *Womersleyella setacea* proteže se od 7 do 72 metara dubine, a na najdubljoj lokaciji nađena je kraj otoka Biševo. Najgušća naselja razvija između 15 i 45 m dubine. Raste na svim podlogama gdje gradi vataste prevlake na stjenovitom dnu, na rizomima morske cvjetnice *Posidonia oceanica* i talusima autohtonih algi, posebno iz roda *Cystoseira* i vrsti *Halimeda tuna*. Ispod njezinih

naslaga dolazi do pojačane sedimentacije što negativno utječe na autohtone organizme (Sl. 5.). Unatoč niskim temperaturama mora u zimskom razdoblju alga uspješno raste.



Slika 5. Vataste prevlake alge *Womersleyella setacea* (Izvor: Projekta Jadran, 2004.)

U Jadranskom moru za sada su pronađeni samo sterilni primjerci alge *Womersleyella setacea*. Kod ove vrste jedine uočene reproduktivne strukture su tetrasporangiji. Pošto je geografski alga jako rasprostranjena pretpostavlja se da je vegetativno razmnožavanje i raznošenje morskim strujama glavni razlog za to (Nikolić i sur. 2010.).

5.2. INVAZIVNI UTJECAJ

Invazivni utjecaj alge dobro je poznat. Na mjestima gdje se ona nastani dolazi do smanjenja bioraznolikosti, pada brojnosti epifitskih zajednica na livadama posidonije te se smanjuje bogatstvo vrsta koraligenskih zajednica. *Womersleyella setacea* nastanila je brojna područja Jadranskog mora, a naznaka da će se prestati širiti nema. Uz alge *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa racemosa* ona je najinvazivnija vrsta (Nikolić i sur. 2010.).

6. PREDATORI I BIOLOŠKA KONTROLA

Osnovni razlog zbog kojeg se *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa racemosa* tako brzo šire jest taj što ne postoje herbivorni organizmi koji bi se njima hranili i tako kontrolirali njihovo širenje. Zbog toga svaki dan te alge zauzimaju sve veća morska prostranstva. Hridinski ježinac i riba salpa glavni su sredozemni makroherbivori, no oni se ne hrane kaulerpama. Sve alge roda *Caulerpa* prizvode toksične metabolite koji im služe kao zaštita od herbivora, osim od nekih. Jedna skupina puževa prilagodila se hranjenju kaulerpama jer su evolucijski razvili otpornost na njezine metabolite. Čak ih prerađuju u još toksičnije spojeve i pohranjuju u svome tijelu pa su tako potpuno zaštićeni od predatora. Kaulerpama se hrane tako da isisavaju njihovu gigantsku citoplazmu. Ne postoje tako velike alge s tolikom količinom citoplazme koje bi puževi mogli isisavati pa su zato kaulerpe njihova jedina hrana. U Sredozemnom moru žive dvije vrste takvih puževa, a do pojave invazivnih kaulerpi oni su se hranili jedinom autohtonom vrstom, *C. prolifera*. To su endemični sredozemni puževi golaći *Oxynoe olivacea* i *Lobiger serradifalci* (Sl. 6.).



Slika 6. Herbivorni puževi *Oxynoe olivacea* i *Lobiger serradifalci* (Izvor: URL 3)

Ipak puževi nisu sposobni svojim načinom ishrane spriječiti širenje algi. Iako ih se može često naći, uvijek su u malom broju, a razlog ležu u njihovom planktonskom stadiju. Oni ostavljaju brojna jajašca iz kojih izlazi planktonska ličinka koja provede u stupcu mora oko 3 tjedna. U tom vremenu ličinka biva odnesena morskim strujama, postaje lak plijen predatorima, ekološki uvjeti u moru ne moraju biti povoljni za preživljavanje, a još im i treba

specifična hrana za razvoj. Dio ličinki koji preživi tada se mora zateći na području s kaulerpama kako bi se mogle nastaviti hraniti, a vjerojatnost za to je iznimno mala.

Srodne vrste puževa koji se hrane isključivo kaulerpama žive u drugim morima, no njihov ciklus razmnožavanja se razlikuje. Neke vrste polažu jaja iz kojih izlaze potpuno razvijeni puževi pa je tako mogućnost za izgradnju gustih populacija puno veća. Upravo na ovakvim vrstama puževa zasniva se ideja o biološkoj kontroli širenja invazivnih algi. Njih bi trebalo tražiti u umjereno toplim morima, npr. u morima Australije. Ako se i takve vrste pronađu moraju proći stroge laboratorijske testove kako bi se potvrdilo da će se hraniti isključivo kaulerpama te da se ustanovi što će se desiti nakon njihovog puštanja. Takvi testovi provode se godinama, no i ako se pokaže da puževi neće imati negativni utjecaj na zajednice drugih organizama potrebna je suglasnost svih sredozemnih zemalja. Za ostvarenje ovakvog načina kontrole širenja algi potrebno je još puno intenzivnog rada i vremena (URL 3).

7. ZAKLJUČAK

Nakon uvida u način života, širenja i negativnog utjecaja invazivnih vrsta alga vidljivo je kakva opasnost prijeti podmorju Jadrana. Iako se danas puno zna o tim vrstama ono najvažnije nedostaje, a to je kako spriječiti njihovo daljnje širenje. Postoje dva moguća scenarija za budućnost algi u Sredozemnom moru. Prema jednom scenariju *Caulerpa racemosa* će zavladati cijelim Sredozemljem od površine do četrdesetak metara dubine, a jedina alga pored nje koja će zauzimati značajnije površine bit će *Caulerpa taxifolia*. Drugi scenarij uključuje znanstvenike koji bi trebali naći način kontrole invazivnih kaulerpi.

Sada je samo pitanje vremena. Hoće li alge i dalje malo po malo zauzimati površine koje sada pripadaju autohtonim vrstama sve dok ne zavladaju čitavim podmorjem ili će vrijeme ipak biti na našoj strani i omogućiti nam pronalazak djelotvornog rješenja protiv ovih invazivnih vrsta.

8. LITERATURA

Institut “Ruđer Bošković”, Centar za istraživanje mora Rovinj, Zavod za istraživanje mora i okoliša Zagreb, Institut za oceanografiju i ribarstvo Split, Prirodoslovno-matematički fakultet Zagreb, Hidrografski institut Split: Projekt Jadran, izvještaj, radna verzija, 2004. preuzeto 26.6.2014.

Nikolić V., Žuljević A., Antolić B., Despalatović M., Cvitković I.: Distribution of invasive red alga *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E. Norris (Rhodophyta, Ceramiales) in the Adriatic Sea, Acta Adriatica, vol. 51, no.2, prosinac 2010., preuzeto 26.6.2014.

URL1.: *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa racemosa*, 8.5.2007., preuzeto 27.6.2014. sa http://www.akvarij.net/index.php?option=com_content&view=article&id=196:caulerpa-taxifolia-i-caulerpa-racemosa&catid=51&Itemid=397

URL 2.: http://www.invazivnevrste.hr/Home.aspx, preuzeto 27.6.2014.

URL 3.: http://kaulerpa.revolucija.hr/revolucija.html, preuzeto 27.6.2014.

URL 4.: Kružić P.: Utjecaj temperaturnih promjena na naselja koralja u koraligenskoj zajednici na strmcima u Nacionalnom parku Kornati, 2012., preuzeto 27.6.2014. sa http://www.akvarij.net/index.php?option=com_content&view=article&id=196:caulerpa-taxifolia-i-caulerpa-racemosa&catid=51&Itemid=397

9. SAŽETAK

Zadnjih par desetljeća Sredozemno more, a time i naš Jadran ugrožen je dolaskom novih invazivnih vrsta. Nakon prokopa Sueskog kanala mnogim organizmima otvorio se put prema Sredozemlju, a oni su tu priliku iskoristili kako bi naselili nova staništa i došli do novih izvora hrane. U ovom su radu obrađene tri vrste algi koje se velikom brzinom šire podmorjem Jadranskog mora, *Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa racemosa* i *Womersleyella setacea*. Opisan je habitus svake alge, njezin način razmnožavanja, područja gdje se je može naći te kakav utjecaj ima na ostale organizme. Izložena je ideja o biološkoj kontroli koju znanstvenici proučavaju zadnjih par godina, a još će toliko i proći do njezine realizacije. Potrebno je da sve zemlje Sredozemlja ulože zajedničke snage kako bi stale na kraj negativnom utjecaju algi i pronašle učinkovito rješenje za smanjenje njezina širenja. Na taj način autohtone zajednice Sredozemnog mora pa i Jadrana biti će očuvane.

10. SUMMARY

Over the last few decades the Mediterranean Sea, and thus our Adriatic Sea, is severely affected by the arrival of new invasive species. After Suez Canal was dug through, lots of organisms got the opportunity to populate new habitats and to find new food sources in the Mediterranean Sea. Herein are presented three species of algae that are spreading very fast over the seabed of Adriatic Sea, *Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa racemosa* and *Womersleyella setacea*. The habitus of every algae, its way of reproduction, area that occupies and the affect that has on other organisms is described. The idea of biological control on which scientists are working on for a few years now is also described. It will also take a few years to realize it. All Mediterranean countries should synergy to stop the negative influences of algae and to find effective solution to reduce their expansion rates. Thus native communities of the Mediterranean and Adriatic Sea would be preserved.