

ISSN 2623-6575

UDK 63

GLASILO FUTURE

PUBLIKACIJA FUTURE - STRUČNO-ZNANSTVENA UDRUGA ZA PROMICANJE ODRŽIVOG RAZVOJA, KULTURE I MEĐUNARODNE SURADNJE, ŠIBENIK

VOLUMEN 8 BROJ 5-6

PROSINAC 2025.

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

Nakladnik:

FUTURA



Sjedište udruge: Šibenik

Adresa uredništva:

Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska / Croatia

☎ / 📠: +385 (0) 022 218 133

✉: urednistvo@gazette-future.eu / editors@gazette-future.eu

🌐: www.gazette-future.eu

Uređivački odbor / Editorial Board:Izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić – glavni i odgovorni urednik / *Editor-in-Chief*Emilija Friganović, dipl. ing. preh. teh., univ. mag. nutr., v. pred. – zamjenica g. i o. urednika / *Deputy Editor-in-Chief*Ančica Sečan, mag. act. soc. – tehnička urednica / *Technical Editor*

Prof. dr. sc. Željko Španjol – član

Mr. sc. Milivoj Blažević – član

Vesna Štibrčić, dipl. ing. preh. teh. – članica

Antonia Dorbić, mag. art. – članica

Međunarodno uredništvo / International Editorial Board:

Dr. sc. Gean Pablo S. Aguiar – Savezna republika Brazil (Universidade Federal de Santa Catarina)

Prof. dr. sc. Kiril Baheevandzjev – Portugalska Republika (Instituto Politécnico de Coimbra)

Prof. dr. sc. Martin Bobinac – Republika Srbija (Šumarski fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Zvezda Bogevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)

Dr. sc. Bogdan Cvjetković, prof. emeritus – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Margarita Davitkovska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)

Prof. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Josipa Giljanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Semina Hadžiabulić – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Prof. dr. sc. Péter Honfi – Mađarska (Faculty of Horticultural Science Budapest)

Prof. dr. sc. Mladen Ivić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Doc. dr. sc. Anna Jakubczak – Republika Poljska (Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy)

Dr. sc. Željko Jurjević – Sjedinjene Američke Države (EMSL Analytical, Inc., North Cinnaminson, New Jersey)

Prof. dr. sc. Mariia Kalista – Ukrajina (National Museum of Natural History of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv)

Dr. sc. Tajana Krička, prof. emeritus – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Dejan Kojić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Slobodan Kulić, mag. iur. – Helenska Republika (Federation Panhellenique del' Ornithologie)

Prof. dr. sc. Branka Ljevnaić-Mašić – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu)

Prof. dr. sc. Zvonimir Marijanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Semir Maslo, prof. – Kraljevina Švedska (Primary School, Lundäkerskolan, Gislaved)

Prof. dr. sc. Ana Matin – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Elizabeta Miskoska-Milevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana)

Prof. dr. sc. Bosiljka Mustać – Republika Hrvatska (Sveučilište u Zadru)

Prof. dr. sc. Ayşe Nilgün Atay – Republika Turska (Mehmet Akif Ersoy University – Burdur, Food Agriculture and Livestock School)

Doc. dr. sc. Andrea Paut- Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Doc. dr. sc. Nibir Pratim Choudhury – Republika Indija (The Assam Royal Global University, Guwahati, Assam)

Prof. dr. sc. Tatjana Prebeg – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Bojan Simovski – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za šumarski nauki, pejzažna arhitektura i ekoinženering „Hans Em“ Skopje)

Prof. dr. sc. Davor Skejić – Republika Hrvatska (Građevinski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Azra Skender – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihaću)

Akademik prof. dr. sc. Mirko Smoljić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Sveučilište Sjever, Varaždin/Koprivnica, Odjel ekonomije)

Prof. dr. sc. Nina Šajna – Republika Slovenija (Fakulteta za naravoslovje in matematiko)

Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Andrej Šušek – Republika Slovenija (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor)

Prof. dr. sc. Elma Temim – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Doc. dr. sc. Merima Toromanović – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihaću)

Prof. dr. sc. Marko Turk – Republika Hrvatska (Visoka poslovna škola PAR)

Prof. dr. sc. Ivana Vitasović Kosić – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Doc. dr. sc. Bojana Voučko – Republika Hrvatska (Prehrambeno-biotehnoški fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Ana Vujošević – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Sandra Vuković, mag. ing. – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Vesna Židovec – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Denisa Žujo Zekić – Bosna i Hercegovina (Nastavnički fakultet Mostar)

Grafička priprema: Ančica Sečan, mag. act. soc.

Objavljeno: 30. prosinca 2025. godine.

Časopis izlazi u elektroničkom izdanju dva puta godišnje, krajem lipnja i prosinca, a predviđena su i dva specijalna izdanja tijekom godine iz biotehničkog područja.

Časopis je besplatan. Rukopisi i recenzije se ne vraćaju i ne honoriraju.

Autori/ce su u potpunosti odgovorni/e za sadržaj, kontakt podatke i točnost engleskog jezika.

Umnožavanje (reproduciranje), stavljanje u promet (distribuiranje), priopćavanje javnosti, stavljanje na raspolaganje javnosti odnosno prerada u bilo kojem obliku nije dopuštena bez pismenog dopuštenja Nakladnika.

Sadržaj objavljen u Glasilu Future može se slobodno koristiti u osobne i obrazovne svrhe uz obvezno navođenje izvora.

Časopis je indeksiran u CAB Abstract (CAB International).

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

FUTURA – stručno-znanstvena udruga za promicanje održivog razvoja, kulture i međunarodne suradnje, Bana Josipa Jelačića 13 a,
22000 Šibenik, Hrvatska

(2025) 8(5-6) 01–67

SADRŽAJ:

	Str.
Izvorni znanstveni rad (original scientific paper)	
<i>Natalija Brajković, Ines Banjari, Marina Ferenac Kiš, Jelena Balkić Widmann, Ljubica Vazdar</i>	
Dodaci prehrani, polifarmacija i interakcije lijekova i dodataka prehrani u starijoj odrasloj populaciji korisnika ljekarničkih usluga s područja kontinentalne Hrvatske Supplements, polypharmacy and drug-supplement interactions in older pharmacy users from continental Croatia	01–14
<i>Aida Šukalić, Alma Mičijević, Sanela Nazdrajić, Dženita Alibegić, Adelisa Japalak</i>	
The offer and quality of extra virgin olive oils in stores in the area of the Herzegovina-Neretva canton	15–32
<i>Alma Memić, Vedrana Komlen, Ezana Nefer-Imamović, Aleksandra Govedarica-Lučić</i>	
The impact of location and planting time on the morphological characteristics of the domestic ecotype of garlic (<i>Allium sativum</i> L.)	33–42
Stručni rad (professional paper)	
<i>Lucija Vuković, Ivana Vitasović Kosić</i>	
Ekološki aspekti algi i viših biljaka Jadranskog mora Ecological Aspects of Algae and Higher Plants of the Adriatic Sea	43–64
Društvene vijesti i obavijesti (social news and announcements)	
<i>B. Dorbić</i>	
Edukativno-prirodoslovni projekti udruge Futura u 2025. Educational-natural science projects of the Futura Association in 2025	65–65
<i>Upute autorima (instructions to authors)</i>	66–67

Ekološki aspekti algi i viših biljaka Jadranskog mora

Ecological Aspects of Algae and Higher Plants of the Adriatic Sea

Lucija Vuković^{1,2}, Ivana Vitasović Kosić^{1*}

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.8.5-6.4

Citiranje/Citation³

Sažetak

Ovaj rad analizira raznolikost, rasprostranjenost, ugroženost i gospodarski potencijal morskih algi i cvjetnica Jadranskog mora. Na temelju analize dostupne znanstvene i stručne literature obrađeni su aspekti bioraznolikosti, prisutnosti endemskih i invazivnih vrsta te utjecaja antropogenih pritisaka, klimatskih promjena i onečišćenja na ekosustave. Posebna pozornost posvećena je značaju *Posidonia oceanica*, *Laminaria rodriguezii* i invazivnih algi poput *Caulerpa cylindracea* i *C. taxifolia*, koje predstavljaju najveću prijetnju lokalnoj biološkoj raznolikosti. U radu su također prikazane zaštićene vrste i metode praćenja stanja ekosustava, uključujući autonomna plovila (BRIGANTINE) i digitalne platforme (BIOPRESS ADRIA), te primjeri gospodarskog korištenja algi kroz kulinarske projekte i istraživanja tržišnog potencijala. Zaključeno je da alge i morske cvjetnice imaju ključnu ulogu u očuvanju ekološke stabilnosti Jadranskog mora i predstavljaju vrijedan resurs za prehranu, biotehnologiju i ekološke tehnologije. Njihova zaštita zahtijeva unaprijedni monitoring, edukaciju i jasne smjernice za održivo upravljanje.

Ključne riječi: Jadransko more, alge, morske cvjetnice, invazivne vrste, bioraznolikost, gospodarska primjena.

Abstract

This study analyzes the diversity, distribution, threats, and economic potential of marine algae and seagrasses in the Adriatic Sea. Based on the review of available scientific and professional literature, the work addresses biodiversity, the presence of endemic and invasive species, and the impact of anthropogenic pressures, climate change, and pollution on marine ecosystems. Particular attention is

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu botaniku, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska

* E-mail: ivitasovic@agr.hr (dopisna autorica)

² Ms studentica studija Agroekologije

³ Vuković, L., Vitasović Kosić, I. (2025). Ekološki aspekti algi i viših biljaka Jadranskog mora. *Glasilo Future*, 8(5-6), 43–64. / Vuković, L., Vitasović Kosić, I. (2025). Ecological Aspects of Algae and Higher Plants of the Adriatic Sea. *Glasilo Future*, 8(5-6), 43–64.

given to the significance of *Posidonia oceanica*, *Laminaria rodriguezii*, and invasive algae such as *Caulerpa cylindracea* and *C. taxifolia*, which pose major threats to local biodiversity. The study also presents protected species and ecosystem monitoring methods, including autonomous vessels (BRIGANTINE) and digital platforms (BIOPRESS ADRIA), as well as examples of the economic use of algae through culinary projects and market potential research. The study concludes that algae and seagrasses play a key role in maintaining the ecological stability of the Adriatic Sea and represent a valuable resource for food, biotechnology, and ecological technologies. Their conservation requires improved monitoring, education, and clear guidelines for sustainable management.

Key words: Adriatic Sea, algae, seagrasses, invasive species, biodiversity, economic use.

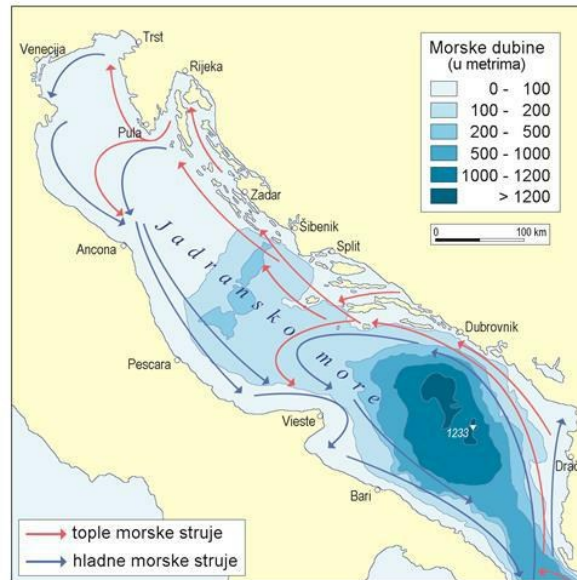
Uvod

Jadransko more smatra se jednim od biološki najraznolikijih dijelova Sredozemlja, s bogatim zajednicama makroalgi i morskih cvjetnica te velikim brojem endemskih svojti. U ranijim istraživanjima značajna se pozornost posvećivala bentoskim i planktonskim algama, njihovoj ekološkoj ulozi, vrijednosti kao pokazateljima kakvoće morskog okoliša te utjecaju klimatskih promjena i antropogenih pritisaka. U novije vrijeme raste interes za održivu primjenu algi u prehrambenoj industriji, biotehnologiji, energetici i ekološkim rješenjima, čime se dodatno naglašava važnost njihove ekologije i biogeografske raznolikosti.

Jadransko more je najsjeverniji izdanak Sredozemnog mora i zauzima oko 4,6 % njegove ukupne površine. Proteže se u smjeru jugoistok–sjeverozapad te obuhvaća oko 138 000 km². Prema batimetrijskim obilježjima (slika 1) dijeli se na vrlo plitki Sjeverni Jadran, srednji Jadran i najdublji južni dio (Viličić, 2014). Najveća zabilježena dubina, 1 233 m, nalazi se u Južnojadranskoj kotlini (Jardas et al., 2008). More je visokog saliniteta, koji u površinskom sloju prosječno iznosi 38,30 ‰, a smanjuje se od juga prema sjeveru. Temperatura ne pada ispod 10–12 °C ni u najdubljim slojevima. Najznačajniji vjetrovi koji utječu na hidrodinamiku Jadrana su bura i jugo (Krželj, 2010). Istočna obala pretežno je kamenita i vrlo razvedena, dok je zapadna obala plitka, slabije razvedena i prekrivena širokim pojasom pjeskovitih sedimenata (Antonić et al., 2005).

Biljna raznolikost Jadranskog mora (slika 2) povećava se od sjevera prema jugu (Dulčić, 2019). Procjenjuje se da u Jadranu obitava između 7 000 i 8 000 vrsta, dok novija istraživanja ukazuju da bi ukupan broj mogao biti veći od 12 000, pa čak i doseći 15 000 svojti (Riedl, 1983). Jadran se izdvaja kao posebna biogeografska cjelina zbog velikog broja endemskih vrsta, koje čine oko 12 % njegove ukupne flore (Kružić, 2023). U Sredozemnom moru poznato je oko 650 vrsta bentoskih algi, od kojih je duž istočne jadranske obale zabilježeno oko 350 svojti, odnosno 55 % ukupnog broja do sada poznatih 638 svojti, dok je u hrvatskom dijelu Jadrana utvrđeno oko 340 svojti (Antolić et al., 2001, 2009, 2010, 2011).

Unatoč visokoj raznolikosti, ekosustav Jadrana suočava se s brojnim ugrozama, uključujući utjecaj klimatskih promjena, eutrofikaciju, onečišćenje komunalnim i industrijskim otpadnim vodama, masovni turizam te neracionalno iskorištavanje morskih resursa. Ovi pritisci dovode do promjena u strukturi i funkciji algalnih zajednica te zajednica cvjetnica, što naglašava potrebu za njihovim sustavnim praćenjem i zaštitom.



Slika 1. Batimetrijska karta Jadranskog mora (<https://proleksis.lzmk.hr/28692/>)
Figure 1. Bathymetric map of the Adriatic Sea (<https://proleksis.lzmk.hr/28692/>)



Slika 2. Biljna raznolikost Jadrana (Dulčić, 2019)
Figure 2. Plant diversity of the Adriatic (Dulčić, 2019)

Materijali i metode

U ovom radu provedena je sveobuhvatna analiza dostupne znanstvene i stručne literature (ukupno 66 referenci) vezane uz raznolikost morskih algi i cvjetnica Jadrana. Prikupljeni su i sistematizirani podaci o biljnoj raznolikosti, uključujući endemične, invazivne i ekološki značajne vrste, kao i informacije o promjenama staništa pod utjecajem prirodnih i antropogenih čimbenika. U razmatranje su uključeni i postojeći modeli praćenja stanja morskih ekosustava, s posebnim naglaskom na autonomne sustave, sustave daljinskog nadzora te nove digitalne platforme za prikupljanje i obradu podataka.

Cilj istraživanja bio je prikupiti, sintetizirati i kritički analizirati relevantne podatke o vrstama morskih algi i cvjetnica Jadrana, njihovoj prostornoj i ekološkoj rasprostranjenosti, stupnju ugroženosti te potencijalnoj primjeni u prehrambenoj, biotehnološkoj i ekološkoj praksi. Metodološki okvir rada temelji se na kvalitativnoj i komparativnoj analizi recentne literature iz područja marinog botaničkog znanja, ekologije mora te zaštite i održivog upravljanja morskim resursima. Ovakav pristup omogućio je integrirano sagledavanje trenutnog stanja i izazova vezanih uz biološku raznolikost morskih algi i cvjetnica Jadranskog mora.

Rezultati i diskusija

Alge u Jadranu

Alge predstavljaju veliku i raznoliku skupinu autotrofnih organizama koji nastanjuju vodena i vlažna staništa. Njihova se veličina kreće od mikroskopskih oblika promjera 0,2–2 mm do velikih višestaničnih organizama koji mogu doseći duljinu i do 60 m (Barsanti i Gaultieri, 2022). U ekološkom i morfološkom smislu dijele se u dvije osnovne skupine: makroalge (morske alge), koje pretežno obitavaju u litoralnoj zoni (slika 4.), te mikroalge, prisutne u bentoskim i litoralnim staništima, ali i u otvorenim oceanskim vodama kao sastavni dio fitoplanktona.

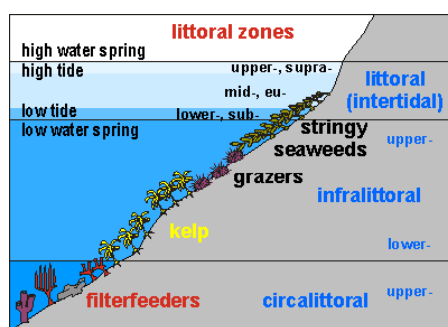
Bentoske alge naseljavaju područje obale i morskog dna u rasponu od zone prskanja valova do najveće dubine na koju može doprijeti dovoljna količina svjetlosti za nesmetanu fotosintezu (slika 5.). Njihov razvoj, struktura zajednica i prostorna rasprostranjenost ovise o složenoj interakciji biotskih čimbenika – među kojima su odnosi s drugim algama i organizmima – te abiotskih fizikalno-kemijskih značajki morskog okoliša (Ministarstvo poljoprivrede, 2023).

Prema pigmentacijskim obilježjima alge se razvrstavaju u tri glavne skupine: zelene (Chlorophyta), smeđe (Phaeophyta) i crvene alge (Rhodophyta) (Ministarstvo poljoprivrede, 2023). Klasifikacijski pregled i osnovne značajke svake skupine prikazani su u tablici 1.

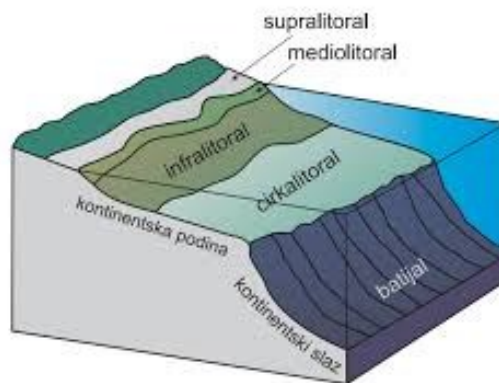
Promjene u sastavu i dinamici zajednica bentoskih i planktonskih algi važni su indikatori ekoloških promjena i razine onečišćenja u morskim ekosustavima (Prvan et al., 2016). Osim svoje ekološke uloge,

alge imaju značajan gospodarski potencijal. Koriste se u prehrani ljudi, u proizvodnji agara, kozmetičkih i farmaceutskih proizvoda, a sve više i kao održivi izvor za razvoj gnojiva i bioplastike (Ministarstvo poljoprivrede, 2023).

Stipković (1983) detaljno opisuje prehrambenu i medicinsku vrijednost morskih algi. Za ljudsku prehranu osobito su zanimljive zbog visokog sadržaja mineralnih soli i vitamina, kao što je slučaj kod vrsta *Chondrus crispus* Stackhouse, *Ulva lactuca* L., *Porphyra* spp., *Laminaria* spp. i drugih. Njihova medicinska vrijednost temelji se prvenstveno na antivirusnim svojstvima, što dodatno potvrđuje njihovu važnost u biomedicinskim i biotehnološkim primjenama.



Slika 4. Litoralne zone
Figure 4. Littoral zones



Slika 5. Podjela bentoskih stepenica u Jadranskom moru (Bakran-Petricioli, 2007)
Figure 5. Division of benthic stages in the Adriatic Sea (Bakran-Petricioli, 2007)

Tablica 1. Klasifikacija i osnovne značajke algi (prilagođeno prema Antolić et al., 2011; Kim, 2012)

Table 1. Classification and basic characteristics of algae (adapted to Antolić et al., 2011; Kim, 2012)

	zelene alge (<i>Chlorophyta</i>)	smeđe alge (<i>Phaeophyta</i>)	crvene alge (<i>Rhodophyta</i>)
Rasprostranjenost s obzirom na dubinu	u zoni plime i oseke	pliće vode	dubokomorske (otok Jabuka - dubina 250 m)
Staništa	češće slatkovodna staništa	obično morska staništa	obično morska staništa
Morsko stanište	stjenovite obale – stvaraju vrlo gusta naselja, potpuno prekrivaju taj dio morskoga dna	stjenovita podloga do 20-30 m dubine	stjenovito dno, nalazimo ih i na pjeskovitom, pjeskovito-muljevitom i muljevitom dnu
Primjena	u prehrambenoj industriji, za izolaciju pigmenata	bogate jodom i alginatima – do 1930. godine glavni izvor za dobivanje joda	izvor agara, najvažnijih proizvoda akvakulture
Zanimljivosti	u Sredozemnom moru pronađeno je otprilike 214 vrsta, u hrvatskom dijelu Jadrana zabilježeno je 118 vrsta	ekonomski značajne – uzgajaju se u količinama većim od 2 milijuna tona godišnje; u Jadranskom moru poznato 170 vrsta iz 11 taksonomskih redova	uspjevaju u uvjetima različitog stupnja onečišćenja mora

Primjena algi u svijetu i u Hrvatskoj

Uzgoj algi predstavlja područje s iznimno velikim potencijalom za različite industrijske sektore, osobito u kontekstu rastućih globalnih ekoloških i gospodarskih izazova. Alge se sve češće ističu kao održiva i ekološki prihvatljiva alternativa tradicionalnim resursima, nudeći rješenja u području prehrane, energetike, biotehnologije i zdravstvene industrije (Ministarstvo poljoprivrede, 2023). U Europskoj uniji bilježi se kontinuirani porast potražnje za biljnim, održivim izvorima hrane, biogorivima te prirodnim zdravstvenim proizvodima, što dodatno potiče razvoj komercijalne proizvodnje algi (slika 6.). U tom kontekstu, tablica 2. prikazuje usporedni pregled primjene algi u svijetu i u Hrvatskoj.

Makroalge, zahvaljujući velikoj morfološkoj i ekološkoj raznolikosti, značajnoj biomasi, širokoj rasprostranjenosti te važnoj ulozi u strukturi morskih ekosustava, smatraju se vrlo osjetljivim i pouzdanim indikatorima ekoloških promjena (Levine, 1984). Brojna su istraživanja potvrdila da urbano i industrijsko onečišćenje negativno utječu na zajednice makroalgi, uzrokujući promjene u njihovoj strukturi, smanjenje brojnosti i nestanak osjetljivih svojti (Munda, 1974, 1980; Littler i Murray, 1975;

Belsher, 1977; Levine, 1984; Gorostiaga i Díez, 1996; Díez et al., 1999; Terlizzi et al., 2002; Arévalo et al., 2007; Wells et al., 2007; Guinda et al., 2008).



Slika 6. Očekivani porast potražnje 2030. za proizvodima na bazi algi (<https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/Alge%20-priru%C4%8Dnik%20finalna%20verzija.pdf>)

Figure 6. Expected increase in demand for algae-based products in 2030 (<https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/Alge%20-priru%C4%8Dnik%20finalna%20verzija.pdf>)

Tablica 2. Primjena algi u svijetu i u Hrvatskoj (prema Samaraweera et al., 2012; Ministarstvo poljoprivrede, 2023; Cofrades et al., 2017; Agatonović-Kustrin i Morton, 2013; Menon, 2011)

Table 2. Application of algae in the world and in Croatia (according to Samaraweera et al., 2012; Ministarstvo poljoprivrede, 2023; Cofrades et al., 2017; Agatonović-Kustrin and Morton, 2013; Menon, 2011)

Primjena algi u svijetu	Primjena algi u Hrvatskoj
Široka primjena: prehrana, biogoriva, kozmetika	Veliki potencijal za uzgoj (obala, sunce, voda)
Alge „superhrana“, stabilizatori, emulgatori	Tržište još u začetku, sektor nerazvijen
Gnojiva, pesticidi, bioindikatori	Raste interes za prehranu i održive proizvode
Uzgoj uz napredne tehnologije, velika potražnja	Postoje prirodni resursi i EU podrška
Aktivno korištenje u industriji i agronomiji	Potrebna ulaganja i strateški razvoj

Pod utjecajem stresnih čimbenika, bilo prirodnih ili antropogenih, zajednice makroalgi pokazuju smanjenje bioraznolikosti, gubitak ključnih vrsta te promjene u ukupnoj biomasi. Posebice u uvjetima povećane eutrofikacije i antropogenog onečišćenja dolazi do značajnog narušavanja strukture bentoskih zajednica (Golubić, 1970; Díez et al., 1999; Orfanidis et al., 2001, 2003).

U Jadranskom moru, za potrebe procjene stanja morskog ekosustava unutar različitih znanstvenih istraživanja i nacionalnih monitoring programa, primjenjuje se niz pokazatelja koji se temelje na

zajednicama makroalgi. Najčešće korišteni parametri obuhvaćaju brojnost, raznolikost, biomasu te kvalitativnu i kvantitativnu dominaciju pojedinih skupina (Iveša et al., 2009; Slišković et al., 2011). Ovakav pristup omogućuje dugoročno praćenje promjena u obalnim ekosustavima te predstavlja temelj za učinkovitije upravljanje i zaštitu morskih resursa.

Više bilje Jadranskog mora

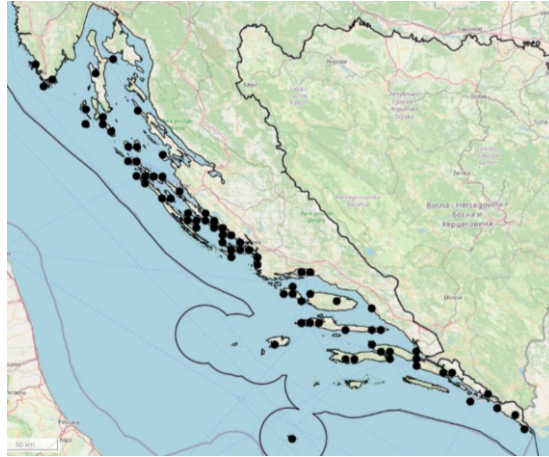
Livade morskih cvjetnica predstavljaju ključni segment infralitorala, dijela morskog dna koji je kontinuirano pod morem. Ove zajednice oblikuju guste livade koje mogu prekrivati vrlo velike površine, od plićih zona do dubina od približno 50 m, te spadaju među najvrjednija i najbogatija staništa Jadranskog mora (Antolić et al., 2011). Njihova struktura i prostorna rasprostranjenost izravno doprinose biološkoj raznolikosti, stabilnosti morskog dna i ekološkim procesima poput proizvodnje kisika i taloženja sedimenta.

Iako su nekoć bile široko rasprostranjene, tijekom posljednjih dvadesetak godina zabilježeno je značajno smanjenje površina livada morskih cvjetnica. Danas se one uglavnom zadržavaju u izoliranim i zaštićenim uvalama, što upućuje na snažan pritisak okolišnih promjena i antropogenih aktivnosti (Odak i Treer, 2000).

U Jadranskom moru prisutne su četiri autohtone vrste morskih cvjetnica: posidonija ili oceanski porost (*Posidonia oceanica*), morska svilina (*Zostera marina* L.), patuljasta svilina (*Zostera noltii* Hornemann) te čvorasta morska resa (*Cymodocea nodosa* (U.) Ascherson) (HAOP, 2017). Svaka od ovih vrsta ima važnu ulogu u očuvanju ekološke ravnoteže, osiguravanju staništa mnogim morskim organizmima i održavanju ekosustavne stabilnosti obalnih područja Jadrana.

Posidonia oceanica (L.) Delile

Posidonija endem je Sredozemnog mora i najrasprostranjenija vrsta morskih cvjetnica u Jadranu (slika 7.). Stvara prostrane morske livade na muljevito-pjeskovitom dnu, a s površine mora uočljiva je kao tamne mrlje (HAOP, 2017). Budući da za fotosintezu zahtijeva obilje sunčeve svjetlosti, prozirnost mora glavni je čimbenik njezina dubinskog raspona. Cvjeta u kasnu jesen i početkom zime, i to ne svake godine. Zbog izrazito sporog rasta, pojedini primjerci mogu biti stariji od 1000 godina, što je čini jednim od najdugovječnijih organizama Sredozemlja (HAOP, 2017).



Slika 7. Rasprostranjenost *P. oceanica* u Jadranskom moru

Figure 7. Distribution of *P. oceanica* in the Adriatic Sea

Livade posidonije (slika 8.) važna su „tvornica“ kisika i žarišta velike biološke raznolikosti. U njima obitava više od 20% poznatih sredozemnih vrsta. Na svakom listu može se naći više od 30 vrsta algi, a livade služe kao obitavališta, mrijestilišta i hranilišta za više od 100 vrsta riba, od kojih je većina gospodarski značajna. Gusta mreža položenih stabljika i uspravnih izdanaka smanjuje odnošenje sedimenta morskim strujama te ima važnu ulogu u kruženju hranjivih soli (HAOP, 2017).

Posidonija svake godine odbacuje staro i obnavlja novo lišće. Naplavljeno lišće krajem ljeta i početkom jeseni nakuplja se na obali. U prošlosti se, diljem Sredozemlja, suho lišće koristilo za termoizolaciju štala, ishranu stoke, punjenje madraca i jastuka te za zaštitu venecijanskog stakla tijekom transporta. Egipćani su svježem lišću pripisivali ljekovita svojstva kod bolnog grla i kožnih tegoba. Iako se danas više ne koristi za te svrhe, naplavljene naslage imaju važnu ulogu u ublažavanju obalne erozije, posebno tijekom jakih valova, dok se brojni organizmi hrane detritusom nastalim razgradnjom lišća (HAOP, 2017).



Slika 8. *Posidonia oceanica* (L.) Delile (<https://www.haop.hr/hr/morske-cvjetnice>)

Figure 8. *Posidonia oceanica* (L.) Delile (<https://www.haop.hr/hr/morske-cvjetnice>)

Livade posidonije smatraju se najvažnijim priobalnim ekosustavom Sredozemnog mora, ali se razvijaju upravo u područjima pod snažnim pritiskom ljudskih aktivnosti. Sidrenje plovila oštećuje mrežu položenih stabljika, čineći je osjetljivom na razaranje valova. Ugrožavaju je i invazivne vrste, onečišćenje otpadnim vodama, gradnja i nasipavanje, uzgajališta riba i školjkaša, marine i lučice te pojedini ribolovni alati. Zbog svoje ekološke važnosti, osjetljivosti i ugroženosti, posidonija je u Hrvatskoj strogo zaštićena Zakonom o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19), a na razini Europske unije štiti je Direktiva o očuvanju prirodnih staništa te divlje faune i flore (HAOP, 2017).

Laminaria rodriguezii B.

Laminaria rodriguezii endemska je dubokomorska sredozemna makroalga, građena od razgranatog korijena, stručka i nepodijeljene ploške veličine do 150 × 30 cm (Beck, 1896). Rasprostranjena je u zapadnom Sredozemlju i Jadranskom moru (Žuljević et al., 2016), pri čemu se glavne populacije nalaze oko Balearskih otoka (Joher et al., 2012) te u Tirenskom moru (Giaccone, 1967; Bo et al., 2011). U Jadranu je potvrđena isključivo u središnjem dijelu, uključujući područja Jabuke, Biševa i Palagruže, uglavnom na dubinama većim od 70 m, iako se može pojaviti i pliće, ovisno o okolišnim uvjetima (Žuljević et al., 2016). Najveća zabilježena dubina iznosi 260 m (Ercegović, 1960). Vrsta raste na strmim podmorskim strukturama u čistim vodama otvorenog mora, a zbog preklapanja njezina staništa s područjima koćarenja postoji opravdana zabrinutost za njezin opstanak (Žuljević et al., 2016).

Biologija vrste još uvijek nije dovoljno istražena, ponajprije zbog otežanog prikupljanja živih primjeraka. Genetska istraživanja talusa iz Jadrana i zapadnog Sredozemlja pokazuju njezinu blisku filogenetsku povezanost s atlantskim vrstama roda *Laminaria* (Žuljević et al., 2016). Usporedba povijesnih i suvremenih podataka o rasprostranjenosti otkrila je drastičan pad—prema kriterijima IUCN-a, rasprostranjenost vrste u Jadranu smanjila se za više od 85%, ponajviše zbog izravnih i neizravnih učinaka koćarenja (Žuljević et al., 2016).

Sukladno IUCN kriterijima predloženo je da se vrsta klasificira kao ugrožena te da se izradi plan upravljanja za njezino očuvanje, osobito na području otoka Palagruže, koji predstavlja posljednje poznato utočište *L. rodriguezii* u Jadranu i istočnom Sredozemlju (Žuljević et al., 2016).

U proljeće 2010. godine provedeno je istraživanje dubokomorskih naselja ove alge brodom BIOS DVA, tijekom kojeg su pretražene lokacije od Jabuke do Palagruže, na kojima je ranije bila zabilježena. Alga je pronađena (slika 9.) jedino u blizini Palagruže (IZOR, 2010).



Slika 9. *Laminaria rodriguezii* snimljena kraj otoka Palagruža (IZOR, 2010)

Figure 9. *Laminaria rodriguezii* photographed near the island of Palagruža (IZOR, 2010)

Invazivne vrste algi

Tijekom posljednjih dvadesetak godina u Jadranskom moru zabilježen je značajan porast stranih toplofilnih vrsta algi, beskralježnjaka i riba, od kojih mnoge pokazuju invazivne karakteristike. Riječ je o južno-sredozemnim vrstama koje prirodnim širenjem ulaze u Jadran, migrantima iz Crvenog mora koji prelaze kroz Sueski kanal te vrstama koje su, vjerojatno, unesene balastnim vodama (AZO, 2014; Grbec, 2000; Despalatović et al., 2008). Već 2006. godine najmanje 30 od 100 najgorih invazivnih vrsta Sredozemlja bilo je prisutno u Jadranu, a od 19 najinvazivnijih algi čak 11 živi u njegovim vodama (Despalatović et al., 2008; Cheung et al., 2009; Streftaris i Zenetos, 2006).

Najveću prijetnju biološkoj i ekološkoj raznolikosti Jadranskog mora predstavljaju tropske zelene alge *Caulerpa taxifolia* (M. Vahl) C. Agardh i *C. cylindracea* S. (sin. *C. racemosa* var. *cylindracea*). Ove vrste su izrazito invazivne, učinkovito koloniziraju naseljena i nenaseljena staništa (Streftaris i Zenetos, 2006), potiskuju pridnene životinje, osobito spužve i koralje, kao i druge alge te morske cvjetnice (Žuljević, 2005). Širenjem mogu potpuno prekriti morsko dno te izmijeniti prirodna staništa i biocenoze (Žuljević et al., 2011). Njihova invazivnost proizlazi iz brze prilagodljivosti, otpornosti na širok raspon ekoloških uvjeta te izostanka prirodnih neprijatelja (Žuljević, 2005a). Budući da ne sudjeluju u prehrambenim lancima, njihov je ekološki utjecaj dodatno naglašen. Najintenzivnije širenje i povećanje biomase ovih algi bilježi se od svibnja do rujna. U Jadranu su prisutne tri vrste zelenih algi iz roda *Caulerpa*: *C. taxifolia*, *C. racemosa* (sin. *C. cylindracea*) i autohtona *C. prolifera* (<https://www.akvarij.net/zanimljivosti/ekologija/more-ekologija/196-caulerpa-taxifolia-i-caulerpa-racemosa>).

Caulerpa cylindracea Sonder

Caulerpa cylindracea u Jadranu je prvi put zabilježena 2000. godine u blizini Paklinskih otoka, odakle se proširila velikim dijelom južnog i srednjeg Jadrana (Bratoš Cetinić et al., 2013). Riječ je o invazivnoj zelenoj algi podrijetlom iz Crvenog mora (slika 10.), koja se zbog iznimno brzog širenja i agresivnog

rasta smatra ozbiljnom prijetnjom sredozemnim ekosustavima (Milovan, 2024). Prema IUCN-ovom popisu svrstana je među 100 najgorih invazivnih vrsta, a na područjima na kojima se nastani potiskuje autohtone vrste algi, čime značajno smanjuje bioraznolikost.



Slika 10. *Caulerpa cylindracea* (Sonder) (<https://www.zastita-priode-dnz.hr/invazivna-vrsta-alge-grozdasta-kaulerpa/>)

Figure 10. *Caulerpa cylindracea* (Sonder) (<https://www.zastita-priode-dnz.hr/invazivna-vrsta-alge-grozdasta-kaulerpa/>)

Caulerpa taxifolia (M.Vahl) C. Agardh

Caulerpa taxifolia unesena je u Sredozemno more 1984. godine iz akvarija kod Monaka, odakle se brzo proširila čitavim Sredozemljem i Jadranom. Najveće naselje zabilježeno je u Starogradskom zaljevu na otoku Hvaru (Turk et al., 2011). Poznata i kao „alga ubojica“ (slika 11.), pokazuje stalno širenje i visoku otpornost, a prema dosadašnjim spoznajama nije moguće potpuno ukloniti ni kemijskim ni fizičkim metodama. Djelotvorna se mjera pokazalo pokrivanje rubnih dijelova tamnom folijom oko tri mjeseca, dok se obećavaju rezultati bioloških studija, uključujući primjenu morskih puževa koji se isključivo hrane kaulerpom (Odak i Treer, 2000). Rasprostranjenju alge pridonose sidra brodova i ribolovne mreže koje je prenose na velike udaljenosti.

U Jadranu je širenje *C. taxifolia* posebno ugrožavajuće za posidoniju (*Posidonia oceanica*), pri čemu je u nekim područjima zabilježeno smanjenje populacija i do 45 % (Streftaris i Zenetos, 2006). Nakon 2009. godine primijećen je značajan pad brojnosti livada *C. taxifolia* u većini napadnutih područja, što se povezuje s velikim godišnjim promjenama temperature Sredozemnog mora, budući da alga pokazuje osjetljivost na hladnije uvjete (Tejada i Sureda, 2013; Montefalcone et al., 2015). Oko 2007. i 2008. godine, *C. taxifolia* je masovno opala u cijelom Sredozemlju (Meinesz et al., 2010), a u Jadranu je preostalo jedino nalazište u Starogradskom zaljevu, gdje je kolonija s površinom od 70 ha smanjena za više od 90 %. Glavni uzrok masovnog izumiranja tada se povezuje s biljnom bolesti (Žuljević et al., 2019).



Slika 11. *Caulerpa taxifolia* (M.Vahl) C. Agardh (<https://www.biologiamarina.org/caulerpa-taxifolia/>)

Figure 11. *Caulerpa taxifolia* (M.Vahl) C. Agardh (<https://www.biologiamarina.org/caulerpa-taxifolia/>)

Zaštićene vrste

Jadransko more dom je mnogim vrstama biljaka, od kojih su neke zaštićene zbog ekološkog značaja i ugroženosti. Prema dostupnim podacima, do sada je u Jadranu zabilježeno 2.597 vrsta algi, od čega 152 endema. Srednji Jadran ističe se najvećim brojem endemskih vrsta, s 535 identificiranih vrsta zelene, smeđe i crvene alge (HAOP, 2017a; Prvan et al., 2016).

Među najvažnijim zaštićenim vrstama morske flore, koje imaju ključnu ulogu u održavanju ravnoteže ekosustava, nalaze se morske cvjetnice i alge. To uključuje posidoniju (*Posidonia oceanica*), čvorastu morsku resu (*Cymodocea nodosa*), morsku svilinu (*Zostera marina*), patuljastu svilinu (*Zostera noltii*) te smeđu algu *Fucus virsoides* J. Agardh, poznatu kao jadranski bračić.

Jadranski bračić (*Fucus virsoides*, slika 12.) je strogo zaštićena smeđa alga Jadranskog mora, čije su populacije osobito ugrožene degradacijom staništa i onečišćenjem obalnog pojasa. Ova endemska alga naseljava sjeverne dijelove Jadrana, a njezino prisustvo smatra se pouzdanim pokazateljem čistoće mora i očuvanosti ekosustava (<https://zastita-prirode.hr/zasticena-priroda/vrste-i-stanista/jadranski-bracic-smeda-alga-jadrana/>).



Slika 12. *Fucus virsoides* J.Agardh ([https://zastita-priode.hr/zasticena-prioda/vrste-i-stanista/jadranski-bracic-smeda-alga-jadrana/](https://zastita-priode.hr/zasticena-priroda/vrste-i-stanista/jadranski-bracic-smeda-alga-jadrana/))

Figure 12. *Fucus virsoides* J.Agardh (<https://zastita-priode.hr/zasticena-prioda/vrste-i-stanista/jadranski-bracic-smeda-alga-jadrana/>)

Glavni uzroci ugroženosti morskih alga i cvjetnica

Ugroženost morskih alga i cvjetnica posljedica je direktnih i indirektnih čimbenika. Direktni utjecaji uključuju gradnju i nasipanje obale, dok indirektni obuhvaćaju prelov riba, što može uzrokovati prekomjerni razvoj ježinaca, te onečišćenja komunalnim i industrijskim otpadnim vodama (Prvan et al., 2016).

Posebnu prijetnju predstavljaju bakreni spojevi, poput modre galice, koji se unose ispiranjem s vinograda ili lokalnom primjenom u turističkim naseljima radi ubijanja ježinaca. Takve aktivnosti rezultirale su drastičnim ugibanjem algi i *Posidonia oceanica*, dok populacije ježinaca ostaju nepromijenjene (Prvan et al., 2016).

Fizička oštećenja nastaju i zbog pojačanog sidrenja plovila i povlačenja mreža po morskom dnu, osobito u livadama *P. oceanica* (slika 13.). Povijesno, dinamit se također koristio za ribolov, što je dovelo do dugotrajnih oštećenja livada čija regeneracija zahtijeva više od stotinu godina (Prvan et al., 2016). Klimatske promjene zasad nisu izravno povezane s nestankom vrsta, no primjerice endemska alga *Fucus virsoides* bila je sedamdesetih godina prošlog stoljeća široko rasprostranjena oko Splita, dok u posljednjih deset godina nije zabilježena (Prvan et al., 2016).

Odabir vrsta za Crveni popis morskih algi i cvjetnica Republike Hrvatske temelji se na znanstvenim i stručnim radovima, internim podacima Instituta za oceanografiju i ribarstvo te procjeni stručnjaka. Međutim, nepostojanje sustavnog kartiranja morske flore otežava preciznu procjenu ugroženosti. Primjena IUCN kriterija na alge dodatno je ograničena zbog teškoće određivanja bioloških karakteristika poput broja jedinki ili generacijskog vremena, što je posljedica njihove filogenetske raznolikosti (Prvan et al., 2016).



Slika 13. Uništavanje morskih cvjetnica sidrenjem u livadama (https://sunce-st.org/wp-content/uploads/2021/01/Prirucnik_za_zastitu_mora_Final_screen.compressed.pdf)

Figure 13. Destruction of seagrasses by anchoring in meadows (https://sunce-st.org/wp-content/uploads/2021/01/Prirucnik_za_zastitu_mora_Final_screen.compressed.pdf)

Gospodarske mogućnosti algi

U okviru promicanja održivog korištenja morskih resursa i očuvanja bioraznolikosti Jadranskog mora, tijekom posljednjeg desetljeća pokrenut je niz projekata usmjerenih na istraživanje i razvoj potencijala algi i morskih cvjetnica. Ovi projekti obuhvaćaju različite sektore, uključujući prehrambenu industriju, biotehnologiju, farmaceutsku proizvodnju te primjenu u ekološkim i energetske rješenjima. Pregled odabranih projekata prikazan je u tablici 3.

Tablica 3. Prikaz projekata koji istražuju potencijal algi i morskih cvjetnica (prema: IRB, 2024; JU More i krš, 2024; <https://native.24sata.hr/proveli-smo-dan-s-davidom-skokom-evo-stonam-je-otkrio/>; Tomić Maksan et al., 2025)

Table 3. Overview of projects exploring the potential of algae and seagrasses (according to: IRB, 2024; JU More i krš, 2024; <https://native.24sata.hr/proveli-smo-dan-s-davidom-skokom-evo-stonam-je-otkrio/>; Tomić Maksan et al., 2025)

Jestive alge u Jadranu: kulinarški projekt Davida Skoke za popularizaciju konzumacije algi	Makroalge kao hrana 21. stoljeća: istraživanje potrošača i tržišnog potencijala algi u Hrvatskoj	BRIGANTINE: autonomna plovila za praćenje stanje livada i očuvanje bioraznolikosti	BIOPRESS ADRIA: digitalna rješenja za sprječavanje štete od sidrenja i turizma
Alge predstavljaju vrijedan, ali nedovoljno iskorišten resurs Jadrana. Kroz projekt kuhar David Skoko nastojao je približiti alge široj	U okviru znanstveno-stručnog skupa istraženo je tržišno prihvaćanje algi u Hrvatskoj. Pokazalo se da postoji interes za njihovu konzumaciju,	U okviru istraživanja, znanstvenici koriste autonomna plovila opremljena kamerama i senzorima za mapiranje podmorja, praćenje stanja algi i	Projekt BIOPRESS ADRIA usmjeren je na zaštitu morskih cvjetnica u Jadranu, s ciljem smanjenja negativnog utjecaja turizma i sidrenja

Jestive alge u Jadranu: kulinarski projekt Davida Skoke za popularizaciju konzumacije algi	Makroalge kao hrana 21. stoljeća: istraživanje potrošača i tržišnog potencijala algi u Hrvatskoj	BRIGANTINE: autonomna plovila za praćenje stanje livada i očuvanje bioraznolikosti	BIOPRESS ADRIA: digitalna rješenja za sprječavanje štete od sidrenja i turizma
javnosti i potrošačima, promovirajući njihovu konzumaciju u svakodnevnoj prehrani. Projekt je postigao značajan edukativni uspjeh, no komercijalna primjena zaustavljena je zbog nejasne zakonske regulative. Unatoč tome, neke vrste jadranskih algi odlikuju se posebnim nutritivnim svojstvima i specifičnim okusom, različitim od poznatih azijskih vrsta.	osobito među zdravstveno osviještenim potrošačima. Ključni čimbenici koji potiču konzumaciju uključuju podršku obitelji i liječnika, dostupnost algi u restoranima te brigu za osobno zdravlje. S druge strane, glavne prepreke širem prihvaćanju algi su visoka cijena proizvoda i zabrinutost zbog mogućeg prisustva toksina.	morskih cvjetnica te prikupljanje kemijskih podataka o kvaliteti morske vode. Dobiveni podaci omogućuju bolje razumijevanje ugroženih područja te razvoj učinkovitih mjera za zaštitu i očuvanje bioraznolikosti Jadranskog mora.	plovila. Kroz primjenu digitalnih rješenja i sustava praćenja stanja staništa, projekt omogućuje kontinuirano prikupljanje podataka o ekološkoj kvaliteti livada. Posebna pozornost posvećena je uključivanju lokalne zajednice u očuvanje i održivo upravljanje morskim resursima. Projekt se provodi u Hrvatskoj i Italiji, kombinirajući tehnologiju i edukaciju za zaštitu osjetljivih ekosustava.

Zaključak

Istraživanje je potvrdilo da su alge i morske cvjetnice ključni čimbenici ekološke stabilnosti Jadranskog mora te važni bioindikatori stanja okoliša. Unatoč visokoj bioraznolikosti, mnoge vrste suočene su s ugroženošću uzrokovanom antropogenim pritiscima, onečišćenjem, sidrenjem i širenjem invazivnih algi. Istovremeno, njihov potencijal u prehrani, biotehnologiji i ekološkim tehnologijama ostaje značajan, ali nedovoljno iskorišten. Za učinkovito očuvanje i održivo upravljanje ovim resursima nužno je unaprijediti monitoring, pojačati edukaciju i razviti jasne smjernice za gospodarsku primjenu algi i morskih cvjetnica.

Napomena

Rad se temelji na rezultatima završnog rada studentice Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, Lucije Vuković, bacc. ing. agr. (vidi literaturu).

Literatura

Agatonović-Kustrin, S., Morton, D. (2013). Cosmeceuticals derived from bioactive substances found in marine algae. *Oceanography*, 1(2), 106. DOI: 10.4172/ocn.1000106

Antolić, B., Nikolić, V., Žuljević, A. (2011). Crveni popis morskih alga i morskih cvjetnica Hrvatske. Laboratorij za bentos, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

Antolić, B., Špan, A., Nikolić, V., Grubelić, I., Despalatović, M., Cvitković, I. (2010). A checklist of the benthic marine macroalgae from the eastern Adriatic coast: II. Heterokontophyta: Phaeophyceae. *Acta Adriatica*, 51(1), 9-34.

Antolić, B., Špan, A., Žuljević, A., Vuković, A. (2001). Check list of the benthic marine macroalgae on the eastern Adriatic coast: I. Chlorophyta. *Acta Adriatica*, 42(2), 43-58.

Antolić, B., Žuljević, A., Nikolić, V. (2009). Rijetke i nove svojte bentoskih makroalga uz istočnu obalu Jadrana. In: Hrvatski biološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem 10, 216-216.

Antonić, O., Kušan, V., Jelaska, S. D., Bukovec, D., Križan, J., Bakran-Petricioli, T., Gottstein-Matočec, S., Pernar, R., Hećimović, Ž., Janeković, I., Grgurić, Z., Hatić, D., Major, Z., Mrvoš, D., Peternel, H., Petricioli, D., Tkalčec, S. (2005). Kartiranje staništa Republike Hrvatske (2000-2004), vol. 1., www.drypis.info (ISSN 1845-4976).

Arévalo, R., Pinedo, S., Ballesteros, E. (2007). Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky–shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin* 55, 104–113. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.08.023.

Bakran-Petricioli, T. (2007). *Morska staništa. Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja*. Zagreb: Državni zavod za zaštitu prirode.

Barsanti, L., Gualtieri, P. (2022). *Algae: anatomy, biochemistry, and biotechnology*. CRC press.

Beck, G. (1896). *Eine neue Laminarie aus der Adria*. Verhandlungen der kaiserlich-königlichen zoologisch-botanischen Gesellschaft zu Wien 1896:50.

Belsher, T. (1977). Analyse de répercussions de pollutions urbaines sur les macrophytobenthos de Méditerranée (Marseille, Port–Vendres, Port–Cros). Doktorska disertacija. Université d’Aix–Marseille II. 287.

Bo, M., Bertolino, M., Borghini, M., Castellano, M., Harriague, A. C., Di Camillo, C. G., Gasparini, G., Mišić, C., Povero, P., Pusceddu, A., Schroeder, K., Bavestrello, G. (2011). Karakteristike mezofotskih

megabentoskih sklopova Vercelli Seamount (North Tyrrhenian Sea). *PLoS ONE*, 6(2), e16357. DOI: 10.1371/journal.pone.0016357.

Bratoš Cetinić, A., Čalić, M., Dulčić, J., Mikuš, J., Pećarević, M. (2013). Introduced marine species in Croatian waters (Eastern Adriatic Sea). *Mediterranean Marine Science* 14(1), 224-237. DOI: 10.12681/mms.383.

Cheung, W. W., Lam, V. W., Sarmiento, J. L., Kearney, K., Watson, R., Pauly, D. (2009). Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and fisheries*, 10(3), 235-251. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2008.00315.x.

Cofrades, S., Benedí, J., Garcimartín, A., Sánchez-Muniz, F. J., Jimenez-Colmenero, F. (2017). A comprehensive approach to formulation of seaweed-enriched meat products: From technological development to assessment of healthy properties. *Food research international*, 99, 1084-1094. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.06.029>.

Despalatović, M., Grubelić, I., Nikolić, V., Dragičević, J., Dulčić, J., Žuljević, A., Cvitkov, I., Antolić, B. (2008). Allochthonous warm water species in the benthic communities and ichthyofauna of the eastern part of the Adriatic Sea. In: Climate warming and related changes in Mediterranean marine biota, Briands, F. (ed.), *CIEMS Workshop Monographs*, 35, 51-59.

Díez, I., Secilla, A., Santolaria, A., Gorostiaga, J.M. (1999). Phytobenthic intertidal community structure along an environmental pollution gradient. *Marine Pollution Bulletin* 38, 463–472. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(98\)90161-8](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(98)90161-8).

Dulčić, J. (2019). Biološka raznolikost jadranske ihtiofaune. Preuzeto s: <https://gorgonija.com/2019/04/25/bioloska-raznolikost-jadranske-ichtiofaune-1/> (pristupljeno 19. listopada 2025.)

Ercegovic, A. (1960). La végétation des algues sur les fonds pêcheurs de l'Adriatique= Vegetacija alga na ribarskim dnima Jadrana. *Izvesjeca-reports: Researches into fisheries biology the MV Hvar cruises= Ribarstveno-biološka ekspedicija m/b Hvar*, (4).

Giaccone, G. (1967). Popolamenti a *Laminaria rodriguezii* Bornet sul Banco Apollo dell'isola di Ustica (mar Tirreno). *Nova thalassia*, 3(6), 1-9

Golubić, S. (1970). Effect of organic pollution on the benthic communities. *Marine Pollution Bulletin*, 1, 56–57.

Gorostiaga, J.M., Díez, I. (1996). Changes in the sublittoral benthic marine macroalgae in the polluted area of Abra de Bilbao and proximal coast (northern Spain). *Marine Ecology Progress Series*, 130, 157–167. DOI: 10.3354/meps130157.

Grbec, B. (2000). Climate change and Adriatic ichthyofauna. *Fisheries Oceanography*, 9(2), 187-191. DOI: 10.1046/j.1365-2419.2000.00128.x.

Guinda, X., Juanes, J.A., Puente, A., Revilla, J.A. (2008). Comparison of two methods for quality assessment of macroalgae assemblages, under different pollution types. *Ecological Indicators* 8, 743–753. DOI: 10.1016/j.ecolind.2008.01.004.

Hrvatska agenciju za okoliš i prirodu (HAOP) (2017). Morske cvjetnice. Preuzeto s: <https://www.haop.hr/hr/morske-cvjetnice> (pristupljeno 19. listopad 2025.).

Hrvatska agenciju za okoliš i prirodu (HAOP) (2017a). Morske vrste. Preuzeto s: <https://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/bioraznolikost/morske-vrste> (pristupljeno 19. listopad 2025.).

Institut Ruđer Bošković (IRB) (2024). Autonomna plovila u službi zaštite Jadranskog mora: Kako projekt BRIGANTINE pomaže očuvanju morskih livada. Preuzeto s: <https://www.irb.hr/Zamjedije/Priopcenja/Arhiva-priopcenja/2024/Autonomna-plovila-u-sluzbi-zastite-Jadranskog-mora-Kako-projekt-BRIGANTINE-pomaze-ocuvanju-morskih-livada> 23.11.2025 (pristupljeno 19. listopad 2025.).

Institut za oceanografiju i ribarstvo (IZOR) (2010). Godišnji izvještaj 2009 – 2010. Preuzeto s: https://jadran.izor.hr/~zuljevic/godisnjak/IOR_godisnjak_2009-2010.pdf (pristupljeno studeni 2025.).

Iveša, Lj., Lyons, D.M., Devescovi, M. (2009). Assessment of the ecological status of North– Eastern Adriatic coastal waters (Istria, Croatia) using macroalgal assemblages for the European Union Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater* 19, 14–23. DOI: 10.1002/aqc.964.

Jardas, I., Pallaoro, A., Vrgoč, N., Jukić-Peladić, S., Dadić, V. (2008). *Crvena knjiga morskih riba Hrvatske*. Zagreb: Ministarstvo kulture i medija Republike Hrvatske.

Joher, S., Ballesteros, E., Cebrian, E., Sánchez, N., Rodríguez-Prieto, C. (2012). Deep-water macroalgal-dominated coastal detritic assemblages on the continental shelf off Mallorca and Menorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Botanica marina*, 55(5), 485-497. DOI: 10.1515/bot-2012-0113.

JU More i krš (2024). BIOPRESS ADRIA – Prekogranična integrirana strategija usmjerena na smanjenje gubitka bioraznolikosti zbog antropogenih pritisaka duž Jadranske obale. Preuzeto s: <https://moreikrs.hr/more-i-krs/more-i-krs-projekti/> (pristupljeno 23. studenog 2025.).

Kim, S.-K. (2012). *Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology*. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 608.

Kružić, P. (2023). Promjene bioraznolikosti Jadrana – indikator klimatskih promjena. Preuzeto s: <https://np-mljet.hr/odrzano-predavanje-promjene-bioraznolikosti-jadrana-indikator-klimatskih-promjena/> (pristupljeno 16. svibanj 2025.)

Krželj, M. (2010). Utjecaj klimatskih promjena na morski okoliš. *Paediatr Croat* 54(1), 18-23.

Levine, H.G. (1984). *The use of seaweeds for monitoring coastal waters*. U: Shubert E. (ur.) *Algae as Ecological Indicators*. Academic Press, London., 189–210.

Littler, M. M., Murray, S. N. (1975). Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macroorganisms. *Marine Biology* 30, 277– 291.

Meinesz, A., Chancollon, O., Cottalorda, J. M. (2010). Observatoire sur l'expansion de *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* en Méditerranée: campagne janvier 2008-juin 2010. Université Nice Sophia Antipolis, EA, 4228, 1-50.

Menon, V. V. (2011). *Seaweed polysaccharides—food applications*. Handbook of marine macroalgae, 541-555.

Milovan, N. (2024). Lokacije alge kaulerpe u Istri. Preuzeto s: <https://civ.iptpo.hr/lokacije-alge-kaulerpe-u-istri/> (pristupljeno 19. studeni 2025.)

Ministarstvo poljoprivrede (2023). Vodič za inovaciju i održivost u akvakulturi – uzgoj algi. Preuzeto s <https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/Alge%20-priru%C4%8Dnik%20finalna%20verzija.pdf> (pristupljeno 1. travnja 2025.)

Montefalcone, M., Morri, C., Parravicini, V., Bianchi, C. N. (2015). A tale of two invaders: divergent spreading kinetics of the alien green algae *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa cylindracea*. *Biological Invasions*, 17, 2717-2728. DOI: 10.1007/s10530-015-0908-1.

Munda, I. (1974). Changes and succession in the benthic algal associations of slightly polluted habitats. *Revue Internationale Oceanographie Méditerranéenne* 24, 37–52.

Munda, I. (1980). Changes in the benthic algal associations of the vicinity of Rovinj (Istrian coast, North Adriatic) caused by organic wastes. *Acta Adriatica* 21(2), 299–332.

- Odak, T., Treer, T. (2000). Pregled istraživanja vodenih makrofita u Hrvatskoj. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, 58(3), 101-109.
- Orfanidis, S., Panayotidis, P., Stamatis, N. (2001). Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Science* 2, 45–65.
- Orfanidis, S., Panayotidis, P., Stamatis, N. (2003). An insight to the ecological evaluation indeks (EEI). *Ecological Indicators* 3, 27–33.
- Prvan, M., Berković, B., Jakl, Z., Žuljević, A., Bitunjac, I., Plepel, I. Dragičević, B., Pleslić, G., Holcer, D. (2016). *Priručnik za zaštitu mora i prepoznavanje živog svijeta Jadrana*. Split: Udruga za prirodu, okoliš i održivi razvoj Sunce.
- Riedl, R. (1983). *Fauna und Flora des Mittelmeeres; ein systematischer Meeresfuehrer fuer Biologen und Naturfreunde*. Hamburg (Germany, F.R.).
- Samaraweera, A. M., Vidanarachchi, J. K., Kurukulasuriya, M. S. (2012). Industrial applications of macroalgae. In: *Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology*, ed. Se-Kwon Kim, 500-521. DOI:10.1002/9781119977087.
- Slišković, M., Jelić–Mrčelić, G., Antolić, B., Aničić, I. (2011). The fouling of fish farm cage nets as bioindicator of aquaculture pollution in the Adriatic Sea (Croatia). *Environmental Monitoring and Assessment* 173, 519–532. DOI: 10.1007/s10661-010-1402-y.
- Stipković, F. (1983). Medicinska istraživanja o upotrebi morske flore i faune. *Morsko ribarstvo*, 2, 68-69.
- 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: 10.12681/mms.180.
- Tejada, S., Sureda, A. (2013). A new approach using biomarkers to elucidate the regression state of the invasive alga *Caulerpa taxifolia* in waters around the Balearic Islands (Western Mediterranean Sea). *Marine and freshwater research*, 64(10), 986-991. DOI: 10.1071/MF13012.
- Terlizzi, A., Frascetti, S., Guidetti, P., Boero, F. (2002). The effects of sewage discharge on shallow hard substrate sessile assemblages. *Marine Pollution Bulletin* 44: 544–550. DOI: 10.1016/S0025-326X(01)00282-X.
- Tomić Maksan, M., Matulić, D., Mesić, Ž., Memery, J. (2025). Segmenting and profiling seaweed consumers: A cross-cultural comparison of Australia, the United Kingdom and Croatia. *Food quality and preference*, 122, 105305. DOI: 10.1016/j.foodqual.2024.105305.

- Turk, T., Richter, M., Kružić, P. (2011). *Pod površinom Mediterana*. Zagreb: Školska knjiga, 30-35.
- Viličić, D. (2014). Specifična oceanološka svojstva hrvatskog dijela Jadrana. *Hrvatske vode* 90, 297-314.
- Wells, E., Wilkinson, M., Wood, P., Scanlan, C. (2007). The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 151– 161. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.08.031.
- Vuković, L. (2025). Ekologija algi i viših biljaka Jadrana. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
- Žuljević, A., Cvitković, I., Despalatović, M., Lučić, P., Žunec, A., Lušić, J. (2019). Decline of *Caulerpa taxifolia* in the Adriatic. In: 1st Mediterranean Symposium on the NonIndigenous Species, 82-87.
- Žuljević, A., Peters, A. F., Nikolić, V., Antolić, B., Despalatović, M., Cvitković, I., Isajlović, I., Mihanović, H., Matijević, S., Shewring, D. M., Canese, S., Katsaros, C., Küpper, F. C. (2016). The Mediterranean deep-water kelp *Laminaria rodriguezii* is an endangered species in the Adriatic Sea. *Marine biology*, 163, 1-12. DOI: 10.1007/s00227-016-2821-2.
- Žuljević, A., Thibaut, T., Despalatović, M., Cottalorda, J. M., Nikolić, V., Cvitković, I., Antolić, B. (2011). Invasive alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* makes a strong impact on the Mediterranean sponge *Sarcotragus spinosulus*. *Biological Invasions*, 13, 2303-2308. DOI: 10.1007/s10530-011-0043-6.
- Žuljević, A. (2005). Rod *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyta) u Jadranskom moru. Doktorska disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Žuljević, A. (2005a). *Rod Caulerpa u Jadranskom moru*, Zagreb: Ljevak.

Primljeno: 2. prosinca 2025. godine

Received: December 2, 2025

Prihvaćeno: 30. prosinca 2025. godine

Accepted: December 30, 2025