



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |



Institut
Ruđer
Bošković

Klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora

*Climate change and preservation of marine ecosystems
in the Adriatic Sea*



Climate change and preservation
of marine ecosystems in the
Adriatic Sea

KNJIGA SAŽETAKA / BOOK OF ABSTRACTS

Crikvenica, Hrvatska
02. do 05. listopada 2025

Crikvenica, Croatia
02. to 05. October, 2025

KNJIGA SAŽETAKA

MEĐUNARODNOG VI. ZNANSTVENOG I STRUČNOG SKUPA

Klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora

BOOK OF ABSTRACTS

INTERNATIONAL 6th SCIENTIFIC-EXPERT CONFERENCE

Climate change and preservation of marine ecosystems in the Adriatic Sea

Urednici / Editors

Slavica Čolak, Rina Milošević, Tomislav Šarić

Nakladnik / Publisher

Sveučilište u Zadru

University of Zadar

Crikvenica, 2025.

ISBN: 978-953-331-590-4

Knjiga sažetaka međunarodnog VI. znanstvenog i stručnog skupa Klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora, Crikvenica, 2025. / *Book of abstracts, 6th International scientific-expert conference Climate change and preservation of marine ecosystems in the Adriatic Sea*



**MEĐUNARODNI VI. ZNANSTVENI I STRUČNI SKUP / INTERNATIONAL 6th
SCIENTIFIC AND EXPERT CONFERENCE**

Klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora

Climate change and preservation of marine ecosystems in the Adriatic Sea

Crikvenica, od 02. do 05. listopada 2025.
Crikvenica, 02nd to 05th October 2025

**KNJIGA SAŽETAKA
BOOK OF ABSTRACTS**

Urednici / Editors
Slavica Čolak, Rina Milošević, Tomislav Šarić

Crikvenica, 2025.



Klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora se održava pod **pokroviteljstvom predsjednika Republike Hrvatske, Ministarstva mora, prometa i infrastrukture, Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije republike Hrvatske i Primorsko-goranske županije**

INTERNATIONAL 6th SCIENTIFIC AND EXPERT CONFERENCE

Climate change and preservation of marine ecosystems in the Adriatic Sea is held with **support of the president of the Republic of Croatia, the Ministry of Maritime Affairs, Transport and Infrastructure, the Ministry of Environmental Protection and Green Transition, Republic of Croatia and Primorje-Gorski Kotar County**

ORGANIZATORI/ORGANIZATORS

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru / *Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture University of Zadar*
Udruga morski obrazovni centar Pula / *Marine Education Centre Pula Aquarium Pula*
Institut Ruđer Bošković / *Ruđer Bošković Institute*

SUORGANIZATORI / COORGANIZERS

Znanstveno vijeće za prirodnoznanstvena istraživanja Jadrana HAZU / *Scientific Council for Adriatic Natural Science Research, Croatian Academy of Science and Arts*
Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci / *Faculty of Civil Engineering, University of Rijeka*
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu / *Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb*
Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu / *Faculty of Architecture, University of Zagreb*
Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci / *Faculty of Engineering University of Rijeka*
Institut za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku / *Institute for Marine and Coastal Research, University of Dubrovnik*
Hrvatski veterinarski institut Zagreb / *Croatian Veterinary Institute Zagreb*
Institut za oceanografiju i ribarstvo / *Institute of Oceanography and Fisheries, Split*
Fakultet prirodnih znanosti Sveučilišta Jurja Dobrila u Puli / *Faculty of Natural Sciences, Juraj Dobrila University in Pula*
Sveučilište obrane i sigurnosti "Dr. Franjo Tuđman" / *University of Defence and Security "Dr. Franjo Tuđman"*
Prirodoslovni muzej Rijeka / *Natural History Museum Rijeka*
Javna ustanova Priroda / *Public Institution Priroda*
MareMundi Institut / *MareMundi Institute*

ORGANIZACIJSKI ODBOR / ORGANIZING COMMITTEE

Milvana Arko-Pijevac, Prirodoslovni muzej Rijeka / *Natural History Museum Rijeka*

Rina Milošević, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru / *Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, Centar za geoprostorne tehnologije, Sveučilište u Zadru / Center for Geospatial Technologies, University of Zadar*

Tamara Sović Čalić, Aquarium Pula

ZNANSTVENI ODBOR / SCIENTIFIC COMMITTEE

Dr. sc. Irena Ciglenečki Jušić, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, **predsjednica** / *Dr. sc. Irena Ciglenečki Jušić, Division for Marine and Environmental Research, Ruđer Bošković Institute, Zagreb, president*

Prof. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu / *Department of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb*

Dr. sc. Mirna Batistić, Institut za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku / *Institute for Marine and Coastal Research, University of Dubrovnik*

Dr. sc. Nina Bilandžić, Hrvatski veterinarski institut, Zagreb / *Croatian Veterinary Institute, Zagreb*

Dr. sc. Nikola Biliškov, Institut Ruđer Bošković, Zagreb; McGill University, Montréal, Kanada /

Dr. sc. Nikola Biliškov, Ruđer Bošković Institute, Zagreb; McGill University, Montréal, Canada

Prof. dr. sc. Dalibor Carević, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu / *Prof. Dalibor Carević, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb*

Doc. dr. sc. Slavica Čolak, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru / *Doc. dr. sc. Slavica Čolak, Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, University of Zadar*

Prof. dr. sc. Matej Dolenec, Department of Geology, Faculty of Natural Sciences and Engineering, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia / *Prof. Matej Dolenec, Department of Geology, Faculty of Natural Sciences and Engineering, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia*

Prof. dr. sc. Dario Đerđa, Katedra za upravno pravo, Pravni fakultet Sveučilišta u Rijeci / *Prof. Dario Đerđa, Department of Administrative Law, Faculty of Law, University of Rijeka*

Dr. sc. Rade Garić, Institut za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku / *Dr. sc. Rade Garić, Institute for Marine and Coastal Research, University of Dubrovnik*

Prof. dr. sc. Sanja Gašparović, Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu / *Prof. Sanja Gašparović, Faculty of Architecture, University of Zagreb*

Dr. sc. Neven Iveša, Fakultet prirodnih znanosti, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli / *Dr. sc. Neven Iveša, Faculty of Natural Sciences, Juraj Dobrila University Pula*

Izv. prof. dr. sc. Andrej Jaklin, Centar za istraživanje mora Rovinj Instituta Ruđer Bošković / *Assoc. Prof. Andrej Jaklin, Center for Marine Research Rovinj, Ruđer Bošković Institute*

Dr. sc. Silvija Kipson, SeaFan Zagreb / *Dr. sc. Silvija Kipson, SeaFan Zagreb*

Izv. prof. dr. sc. Ines Kovačić, Fakultet prirodnih znanosti, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli / *Assoc. Prof. Ines Kovačić, Faculty of Natural Sciences, Juraj Dobrila University Pula*

Dr. sc. Romina Kraus, Centar za istraživanje mora, Institut Ruđer Bošković, Rovinj / *Dr. sc. Romina Kraus, Center for Marine Research, Ruđer Bošković Institute, Rovinj, Croatia*

Prof. dr. sc. Davor Lučić, Institut za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku / *Prof. Davor Lučić, Institute for Marine and Coastal Research, University of Dubrovnik*

Dr. sc. Vesna Mačić, Institute of Marine Biology, University of Montenegro, Kotor, Montenegro / *Dr. sc. Vesna Mačić, Institute of Marine Biology, University of Montenegro, Kotor, Montenegro*

Dr. sc. Milena Mičić, Aquarium Pula / *Dr. sc. Milena Mičić, Aquarium Pula*

Izv. prof. dr. sc. Dragan Mišetić, Sveučilište obrane i sigurnosti „Dr. Franjo Tuđman“ / *Assoc. Prof. Dragan Mišetić, University of Defence and Security “Dr. Franjo Tuđman”*

Izv. prof. dr. sc. Kristina Pikelj, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu / *Assoc. Prof. Kristina Pikelj, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb*

Izv. prof. dr. sc. Igor Ružić, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci / *Assoc. Prof. Igor Ružić, Faculty of Civil Engineering, University of Rijeka*

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Šarić, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru / *Assoc. Prof. Tomislav Šarić, Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, University of Zadar*

Dr. sc. Vjekoslav Tičina, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split / *Dr. sc. Vjekoslav Tičina, Institute of Oceanography and Fisheries, Split*

Dr. sc. Ivica Vilibić, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Zagreb / *Dr. sc. Ivica Vilibić, Division for Marine and Environmental Research, Ruđer Bošković Institute, Zagreb*

Dr. sc. Barbara Zorica, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split / *Dr. sc. Barbara Zorica, Institute of Oceanography and Fisheries, Split*

PREDGOVOR

Jadransko more, u usporedbi s ostalim morima, zauzima vrlo malu površinu – tek 4,6% ukupne površine Sredozemnog mora. Jadran je poluzatvoreno i plitko more, izrazito osjetljivo na sve intenzivnije utjecaje ljudskih aktivnosti: turizma, ribarstva, pomorskog prometa, marikulture, eksploatacije ugljikovodika, ali i na snažne utjecaje koje donose klimatske promjene. Povećanjem temperature mora u Jadranu se sve više pojavljuju različite nedomicilne termofilne vrste riba, algi, bakterija i želatinoznih organizama. Svjedočimo izrazito visokim temperaturama mora, i do 30°C kao što je zabilježeno zadnjih godina (2022-2024.) tijekom ljetnih mjeseci. Sve se češće i ranije pojavljuju cvjetanja fitoplanktona, a razni patogeni uzrokuju veće pomore organizama. Dolazi do promjene areala rasprostranjenosti vrsta unutar Jadranskog mora, kao i do promjena u dotocima voda i hranjivih tvari putem rijeka, što posljedično utječe na salinitet, razinu mora i cirkulaciju vode. Sve su češći i intenzivniji donosi saharskog pijeska koji dodatno može utjecati na biološku aktivnost. Djelatnostima čovjeka u more dospijevaju veće količine hranjivih i različitih štetnih tvari koje imaju svojstvo bioakumulacije i biomagnifikacije te postaju dijelom hranidbene mreže.

Jadransko je more prirodni resurs neophodan za život, kako morskih organizama tako i čovjeka. Promjene koje se događaju imaju utjecaj na gospodarstvo i kvalitetu življenja čovjeka te se provođenje aktivne zaštite Jadranskog mora nameće kao nužnost i jedino rješenje koje omogućuje daljnji održivi razvoj. Za to je nužno razumijevanje povezanosti funkcioniranja svih procesa more-kopno te upoznavanje donosilaca odluka sa znanstvenim spoznajama na svim razinama. Vrlo je bitno upoznati i širu društvenu zajednicu, uključujući i najmlađe članove s temeljnim znanjima o utjecaju klimatskih promjena na more, procese i živi svijet u njemu, kao i o mogućim posljedicama našeg nedovoljno ozbiljnog shvaćanja te problematike za čovjeka.

S ciljem osvještavanja šire društvene zajednice o utjecaju klimatskih promjena u kombinaciji s drugim pogubnim ljudskim aktivnostima na Jadransko more, a u kontekstu UN-ovog desetljeća oceanske znanosti za održivi razvoj 2021. - 2030. (oceansko desetljeće) planiramo u suradnji s relevantnim znanstvenim i edukativnim institucijama u RH organizirati međunarodni VI. znanstveni i stručni skup: Klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora na kojem će biti razmatrani negativni utjecaji - od djelatnosti čovjeka do klimatskih promjena - na ekosustav Jadranskog mora te moguće prilagodbe brzim promjenama koje se u morima događaju i nužnost provođenja aktivne zaštite morskih ekosustava.

Naglasak Skupa je na znanstveno-istraživačkom, edukacijskom, socioekonomskom i humanističkom pristupu razmatranju prilagodbi, mjera i dobrih praksi u rješavanju problema izazvanih klimatskim promjenama, naročito s aspekta zaštite i očuvanja morskih ekosustava. Želja organizatora je motivirati sudionike na razmjenu ideja, znanja i iskustava s mogućnošću suradnje na postojećim i iniciranju novih multi- i interdisciplinarnih projekata te prosljeđivanju znanja široj društvenoj zajednici, posebno tijelima upravljanja na lokalnoj i državnoj razini.

Jasno definirani zaključci Skupa o važnosti ove teme bit će predstavljeni široj javnosti putem medija i brošura, s ciljem podizanja svijesti o potrebi provedbe plavog i održivog razvoja. Skup će se sastojati od plenarnih predavanja, usmenih i posterskih izlaganja iz područja prirodnih, biotehničkih, tehničkih, društvenih i humanističkih znanosti prema sljedećim temama:

- Klimatske promjene i njihov utjecaj u Jadranskom moru, brzina klimatskih promjena
- Utjecaj klimatskih promjena na ranjivost sektora marikulture i ribarstva te moguće mjere prilagodbi, prekomjerno iskorištavanje morskih resursa
- Mjere i dobri primjeri pristupa klimatskim promjenama, moguće prilagodbe i mjere u praksi, plava ekonomija
- Zagađenje mora, uključujući buku i biološko zagađenje invazivnim stranim vrstama
- Mehanička uništavanja staništa i pridnenih zajednica
- Utjecaj klimatskih promjena na morske sustave u školskim programima
- Morski ekosustavi i klimatske promjene u zakonskoj regulativi RH
- Strategija prilagodbi i mjera za očuvanje staništa i vrsta Jadranskog mora
- Nove tehnologije u istraživanjima mora povezanim s promjenom klime, klimatsko modeliranje
- Pismenost o oceanu, građanska znanost i sinergija između znanosti i umjetnost
- Socijalna ekologija i društveni mehanizmi klimatskih promjena, sinergija između ekologije i ekonomije, zaštita okoliša i obrambena sigurnost

Ispred Organizacijskog odbora:

Milvana Arko-Pijevac, predsjednica

Ispred Znanstvenog odbora:

Irena Ciglencečki Jušić, predsjednica

FOREWORD

The Adriatic Sea is very small in relation to the surface of all seas, constituting only 4.6% of the total surface of the Mediterranean Sea. The Adriatic is a semi-enclosed and shallow sea, extremely sensitive to the increasingly intense impacts of human activities: tourism, fisheries, maritime traffic, mariculture, hydrocarbon exploitation, and the strong impacts of climate change. With the increase of sea temperature in the Adriatic, various non-indigenous thermophilic species of fish, algae, bacteria and gelatinous organisms are more frequently appearing. We are witnessing extremely high sea temperatures, up to 30°C as recorded in recent years (2022-2024) during the summer months. Phytoplankton blooms appear earlier and more frequently, and various pathogens cause mass mortalities of organisms. There is also a change in the abundance and distribution of species within the Adriatic Sea. The changes are visible in sea currents as well as in inflows of freshwater and nutrients from rivers, resulting in salinity changes. Penetrations of Saharan dust are becoming more frequent and intense, which can further affect biological activity. The sea level is also rising, and the circulation of water in the Adriatic is changing. Due to human activities, larger amounts of nutrients and various harmful substances with the tendency of bioaccumulation and biomagnification reach the sea and become part of the food web.

The Adriatic Sea is a natural resource necessary for life, both, for organisms and humans. The changes that are taking place impact the economy and the quality of human life. So, the implementation of active protection of the Adriatic Sea is vital and the only solution to support sustainable development. However, to effectively implement the protection of the Adriatic, it is necessary to understand the connection between the functioning of all sea-land processes and to present scientific knowledge to decisionmakers at all levels. It is also important to educate the broader community, including the youngest members, about the basic knowledge of the impact of climate change on the sea, processes and living organisms, and the potential consequences of our insufficient knowledge of this issue.

To achieve the awareness of the broader social community about the impact of climate change in combination with other negative human activities on the Adriatic Sea, and in the context of the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development 2021-2030 (Ocean Decade), we plan to organize the International 6th Scientific and Expert Conference: Climate Change and Conservation of the Marine Ecosystems of the Adriatic Sea. The conference will address the negative impacts - from human activities to climate change - on ecosystems of the Adriatic Sea, as well as possible adaptations to rapid changes occurring in the seas and the necessity of active protection of marine ecosystems.

The conference's emphasis is on scientific research, educational, socio-economic, and humanistic approaches to considering adaptations, measures, and best practices in addressing issues caused by climate change, particularly from the perspective of protecting and conserving marine ecosystems. The organizers aim to motivate participants to exchange ideas, knowledge, and experiences with the possibility of collaboration on existing projects and initiating new multi- and interdisciplinary projects. Another aim is to disseminate knowledge to the broader community, especially to local and state-level governance bodies, which is encouraged by organizing the Conference each year on a different location along the Adriatic coast. Clearly defined conclusions of the Conference on the importance of these topics will be presented to the general public through the media and brochures, with the aim of raising awareness of the need to implement blue and sustainable development.

The program of the Conference is including plenary sessions, oral and poster presentations in the field of natural, biotechnical, technical, social and humanistic sciences addressing the following topics:

- Climate change and its impact in the Adriatic Sea, speed of climate change
- Impact of climate change on vulnerability of mariculture and fisheries sectors and
- Examples of good approaches to climate change, possible adaptations to climate change and measures in practice, blue economy
- Climate change and its impact in the Adriatic Sea
- Marine pollution, including noise and bio pollution with invasive non-indigenous species
- Mechanical destruction of marine benthic habitats and benthic communities
- Climate change impact on marine ecosystems in school curricula
- Marine ecosystems and climate change in the legislation of the Republic of Croatia
- Adaptation strategies and measures for preservation of habitats and species of the Adriatic Sea
- New technologies in marine research dealing with climate change, climate modelling
- Ocean literacy, Citizen science, and synergy between Science and Arts
- Social ecology and social mechanisms of climate change, synergy between ecology and economy, environmental protection and defense security

On behalf of the Organizing Committee:

Milvana Arko-Pijevac, president

On behalf of the Scientific Committee:

Irena Ciglencečki Jušić, president

SADRŽAJ/CONTENT

PROGRAM / PROGRAMME	2
PLENARNO PREDAVANJE / PLENAR PRESENTATION	13
USMENE PREZENTACIJE / ORAL PRESENTATION	15
POSTER PREZENTACIJE / POSTER PRESENTATION	103

PROGRAM SKUPA

Četvrtak, 2. 10. 2025. Dvorana Zora, Vinodolska 1, Grad Crikvenica

10.00 – 20.00 Dolazak i smještaj sudionika

20.00 – 21.00 Piće dobrodošlice i neformalna rasprava

Petak, 3.10. 2025. Dvorana Zora, Vinodolska 1, Grad Crikvenica

8.30 -9.30 Dolazak i registracija sudionika, postavljanje postera ispred Dvorane Zora (2.kat)

9.30 Otvorenje skupa i uvodni govor

Moderator: Tatjana Bakran-Petricioli

Plenarno priopćenje:

10.00 Lav Bavčević, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru
Proizvodnja bjelančevina u marikulturi i klimatske promjene
Protein production in mariculture and the climate change

Usmena priopćenja:

10.45 Ivica Vilibić, Elena Terzić

Zašto bi nas trebala zabrinuti brzina promjena u dubokom Jadranu?

Why should we be concerned about the rate of change in the deep Adriatic?

11.00 Patricija Mozetič, Mirna Batistić, Janja Francé, Rade Garić, Marijana Hure, Nenad Jasprica, Nika Pasković, Valentina Tirelli, Martin Vodopivec

Suprotni obrasci oceanografskih svojstava i dinamike planktona u sjevernom i južnom Jadranu u uvjetima klimatskih promjena

Contrasting patterns of oceanographic properties and plankton dynamics in the northern and southern Adriatic under climate change

11.15 Ivano Vascotto, Patricija Mozetič, Fabrizio Bernardi Aubry, Mauro Bastianini, Stefania Finotto, Janja Francé

Narušena periodičnost i oslabljena povezanost: dinamika fitoplanktona pod klimatskim pritiskom u sjevernom Jadranu

Disrupted periodicity and weakened connectivity: Phytoplankton dynamics under climate pressure in the northern Adriatic

11.30 Joško Trošelj, Iva Dominović, Jadranka Pečar Ilić, Irena Ciglencečki, Ivica Vilibić
Mehanizmi međudnosa gustoće, stratifikacije i oscilatorne frekvencije vodenog stupca morskog jezera Zmajevog oko kod Rogoznice u Hrvatskoj

Interaction Mechanisms among Density, Stratification and Oscillatory Frequency of the Water Column in the Marine Lake Zmajevsko oko near Rogoznica in Croatia

11.45 Iva Dominović Novković, Peter Robins, Irena Ciglencčki, Ivica Vilibić

Numeričko modeliranje morskog jezera Zmajevsko oko (Rogoznica)

Numerical modelling of the marine lake Zmajevsko oko (Rogoznica)

12.00 Pauza za kavu / Pregledavanje postera ispred Dvorane Zora

Moderator: Kristina Pikelj

12.30 Nenad Jasprica, Mirna Batistić, Rade Garić, Nika Pasković

Ekološki uvjeti u Malostonskom zaljevu: trenutno stanje i perspektive očuvanja

Ekološki uvjeti u Malostonskom zaljevu: trenutno stanje i perspektive očuvanja

12.45 Niki Simonović, Doris Potočnik, Paolo Paliaga, Marija Marguš, Nives Ogrinc, Irena Ciglencčki

Izotopna analiza organske tvari u složenim uzorcima Jadranskog mora

primjenom masene spektrometrije omjera izotopa

Isotopic analysis of organic matter in complex samples from the Adriatic Sea using

isotope ratio mass spectrometry

13.00 Jelena Dautović, Niki Simonović, Iva Dominović Novković, Irena Ciglencčki

Organski ugljik u površinskom sedimentu i vodenom stupcu istočnog Jadrana, priobalne i prijelazne vode

Organic carbon in coastal sediments and water column of the eastern Adriatic Sea, coastal and transitional waters

13.15 Boris Mifka, Andreina Belušić Vozila, Maja Telišman Prtenjak, Irena Ciglencčki, Kristijan Vidović

Utjecaj daljinskog atmosferskog transporta na formiranje sulfatnih aerosola iznad sjevernog Jadrana

Influence of the Long-Range Atmospheric Transport on the Formation of Sulfate Aerosols over the North Adriatic

13.30 Alexey Kamyshny, Irena Ciglencčki, Željka Fiket

Evaluacija redoks statusa hrvatskih stratificiranih jezera

Evaluation of the redox status of stratified Croatian lakes

13.45 Pauza za ručak

Moderator: Irena Ciglenečki-Jušić

15.30 Kristina Pikelj, Lea Lelas

Dubina odobalnog transporta sedimenta u Omišu i Dućama – otkud možemo vaditi pijesak za nasipavanje prirodnih pješčanih plaža?

Depth of closure in Omiš and Duće – Where can we get sand to fill natural sandy beaches?

15.45 Igor Ružić, Sanja Dugonjić Jovančević, Čedomir Benac

Odroni stijena kao izvor sedimenta žala na stjenovitim obalama

Rockfalls as a Source of Beach Sediment on Rocky Coasts

16.00 Matea Zupičić, Igor Ružić

Morfodinamičke promjene plaže u Brovinju

Beach morphodynamics in Brovinje

16.15 Donat Petricioli, Tatjana Bakran-Petricioli, Hrvoje Mihanović, Milena Ramov

Utjecaj klimatskih promjena na populaciju mesojedne spužve *Lycopodina hypogea* u hladnomorskoj jami na otok Veli Garmenjask

Climate change impact on *Lycopodina hypogea* carnivorous sponge population in cold water pit on Veli Garmenjask Island

16.30 Silvija Kipson, Josip Boban, Jelena Kurtović-Mrčelić

Novi greben u kvartu: biokonstrukcija busenastog koralja *Cladocora caespitosa* u priobalju Omiša (istočna obala Jadranskog mora)

New bank on the block: Bushy coral *Cladocora caespitosa* bioconstruction near the coast of Omiš (Eastern Adriatic Sea)

16.45 Marija Jurica, Slavica Čolak

Monitoring busenastog koralja *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) u akvatoriju otoka Iža na rtu Parda

Monitoring of the bushy coral *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) in the waters around the island of Iž at Cape Parda

17.00 Rasprava i Zaključci skupa I. dan

18.00 Razgledavanje izložbe „Malo o vremenu i klimi“, Muzej grada Crikvenice, Preradovićeve 1, Crikvenica

19.00 Zajednička večera za sudionike skupa

8.00 -9.00 Dolazak i registracija sudionika

Moderator: Silvija Kipson

Usmena priopćenja:

9.00 Jakov Dulčić

Novopridošle vrste riba u Jadranskom moru u razdoblju 2021.-2025.

New fish species in the Adriatic Sea, period 2021-2025

9.15 David Udovičić

Uloga građanske znanosti u prikupljanju podataka o morskim psima s osvrtom na važne recentne nalaze u Jadranskom moru

The Role of Citizen Science in Collecting Data on Sharks with a Focus on Important Recent Findings in the Adriatic Sea

9.30 Vjekoslav Tičina

Luc – “novi igrač” u ekosustavu sjevernog Jadrana: jedna od posljedica klimatskih promjena

Little tunny – “new player” in the North Adriatic’s ecosystem: a consequence of climate change

9.45 Romina Kraus, Nastjenjka Supić

Utjecaj klimatskih promjena na populaciju incuna (*Engraulis encrasicolus*) u Jadranskom moru

The impact of climate change on anchovy (*Engraulis encrasicolus*) stocks in the Adriatic Sea

10.00 Petar Zuanović, Lav Bavčević, Tomislav Šarić, Ivan Župan

Kondicioniranje Mediteranske dagnje (*Mytilus galloprovincialis*)

Conditioning of the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*)

10.15 Ena Radić Manestar, Neven Iveša, Ljiljana Iveša, Gioconda Milotti, Ines Kovačić, Emina Pustijanac, Moira Buršić, Paolo Paliaga

Preliminarni podaci o značajkama prehrane odraslih jedinki salpe, *Sarpa salpa* (Linnaeus 1758) u Medulinskom zaljevu

Preliminary data on the diet characteristics of adult salema porgy, *Sarpa salpa* (Linnaeus 1758) in the Medulin Bay

10.30 Natalija Džafić, Barbara Boljkovac Begić, Karmela Nina Barać, Kristina Kvrgić, Dijana Mišetić Ostojić, Sara Džafić, Miroslav Benić

Globalno zatopljenje i pojavnost *Vibrio* spp. u školjkašima

Global warming and the occurrence of *Vibrio* spp. in shellfish

- 10.45 **Željko Pavlinec, Milena Mičić, Gaetano Catanese, Žarko Jaković, Ludovica Rodriguez, Nikolina Premate**
Razvoj metode za otkrivanje prisutnosti i razgradnje DNA vrste *Haplosporidium pinnae* u okolišu
Methodological approach for detecting the presence and environmental degradation of *Haplosporidium pinnae* DNA
- 11.00 **Rade Garić, Mirna Batistić, Marijana Hure, Marija Rusković, Nika Pasković**
Metode detekcije alohtonih vrsta zooplanktona te nove vrste zooplanktona za znanost opisane u Jadranu u kontekstu klimatskih promjena
Methods for detecting allochthonous zooplankton species and newly described zooplankton species in the Adriatic Sea in the context of climate change
- 11.15 Pauza za kavu / Pregledavanje postera u atriju Gradske Vijećnice
- Moderator: Tatjana Bakran-Petricioli*
- 11.45 **Saša Zelenika, Alberto Doria, Petar Gljušić, Ilaria Palomba**
Autonomni senzorski čvorovi za praćenje stanja mora
Autonomous sensor nodes for sea monitoring
- 12.00 **Nikola Biliškov**
Mehanokemijom do korisnih materijala iz biootpada rakova
Valorization of crustacean biowaste by mechanochemistry
- 12.15 **Anita Mustač, Zrinka Klarin**
Metodologija uzorkovanja i analize mikroplastike u Zadarskom kanalu
Methodology for Sampling and Analysis of Microplastics in the Zadar Channel
- 12.30 **Josipa Poduje**
Mikroplastika u morskom ekosustavu
Microplastics in the Marine Ecosystem
- 12.45 **Nikola Biliškov**
Humanistička perspektiva klimatskih promjena
A humanistic perspective on climate change
- 13.00 **Bruno Polonijo, Neven Iveša**
Elaborati o utjecaju na morski okoliš Jadrana: prividna optimizacija web resursima vs. imperativ terenske verifikacije
Adriatic Marine EIA: Apparent Web Resource Optimization vs. Field Verification Imperative

13.15 Milvana Arko-Pijevac

Elaborati ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš (OPUO) – forma vs. mjera zaštite prirode i okoliša (II. dio)

Evaluation Reports on the Need for Environmental Impact Assessment (EIA Screening): Form vs. Nature and Environmental Protection Measures (Part II)

13.30 Pauza za ručak

Moderator: Kristina Pikelj

15.00 Lidija Runko Luttenberger

Izazovi integralnog upravljanja obalnim područjem u Hrvatskoj

The challenges of integrated coastal zone management in Croatia

15.15 Dalibor Carević, Hanna Miličević

Razvoj turističke infrastrukture na pomorskom dobru u kontekstu održivosti

Development of tourism infrastructure on maritime domain in the context of sustainability

15.30 Igor Ružić, Filip Trinajstić, Ivan Marović

Održiva izgradnja i prilagodba komunalnih luka u kontekstu klimatskih promjena

Sustainable Development and Adaptation of Small Coastal Ports in the Context of Climate Change

15.45 Sanjin Vranković, Igor Ružić

Obalni javni prijevoz plovilima: potencijal za održivu mobilnost riječkog zaljeva / Coastal Public Transport by Vessels: Potential for Sustainable Mobility in Rijeka Bay

16:00 Čorić Domagoj, Smiljanić Dražen, Pernek Toni

Analiza profitabilnosti plave ekonomije Augmented Dickey Fuller testom i Grangerovom kauzalnosti

Analyzing blue economy profitability using Augmented Dickey Fuller test and Granger causality

16.15 Pauza za kavu / Pregledavanje postera ispred Dvorane Zora

Moderator: Silvija Kipson

16.45 Ante Sikirica, Zvonimir Mrle, Marta Alvir, Ivana Lučin, Zoran Čarija

Jačanje kompetencija mladih inženjera u području obnovljivih izvora energije, EVERYONE Erasmus+ projekt

Improving competences of young engineers in the field of renewable energy harvesting, EVERYONE Erasmus+ project

17.00 Dora Hodap, Neven Iveša, Emina Pustijanac, Moira Buršić, Gioconda Millotti, Petra

Burić, Paolo Paliaga, Ines Kovačić

Oceanska pismenost studenata u Republici Hrvatskoj

Ocean Literacy of Students in the Republic of Croatia

- 17.15 Cene Fišer, Nataša Beltran, Borut Mavrič, Maja Kajan, Katarina Pogačnik**
Istraživačko-razvojni centar Rt Zidine na Rabu 2.0.
Educational-Research Center Rt Zidine of Lopar on Island of Rab 2.0
- 17.30 Natalija Dunić, Suzana Antunović, Marijana Balić, Maja Karlović, Marina Kranjac, Marko Mlinar, Krešimir Ruić, Jadranka Šepić, Marin Vojković**
Od znanosti do zajednice: iskustva inicijative “Oceanografi na otoku”
From Science to Community: Experiences from the “Oceanographers on the Island” Initiative
- 17.45 Melita Mokos, Ivana Zubak Čižmek, Ivana Klarica, Igor Radeka, Vesko Nikolaus**
Kako unaprijediti znanje o moru u obrazovnom sustavu? – BlueLightS projekt
How to improve ocean literacy in the education system – BlueLightS project
- 18.00 Kristina Kaštelanić, Marica Kučan**
Kako najmlađima približiti brigu za more i morski okoliš?
How to teach the youngest about caring for the sea and the marine environment?
- 18.15 Jasna Lovrinčević**
Sinergija umjetnosti i znanosti i umjetna inteligencija
Synergy of Art and Science and the Artificial Intelligence
- 18.30 Rasprava i zaključci skupa II. dan i prijedlog teme za 2026. godinu**
- 19.00 Informacije o stručnom izletu**

Nedjelja, 5. 10. 2025. Stručni izlet brodom do Jadranova

9.00 Okupljanje sudionika na glavnoj crkveničkoj rivi

9.30 Ukcavanje na brod i plovdba do Jadranova s razgledavanjem obale, izložbe „Ispod vala Tihog kanala, Kućica od ribari i arheološko nalazište s edukativnom stazom od uvale Lokvišće do uvale Havišće

13.00 Zajednički ručak za sudionike skupa

Posterska priopćenja:

1. Bruna Petani, Branko Ančić, Bosiljka Mustać, Dražen Cepić

Lokalno ekološko znanje o ribarstvu u istočnom Jadranskom moru (Hrvatska)

Fisheries local ecological knowledge in the eastern Adriatic Sea (Croatia)

2. Mirna Batistić, Rade Garić, Marijana Hure

Povezanost ubrzanog zagrijavanja Jadranskog mora i dolaska tropskih indopacifičkih zooplanktonskih vrsta

Accelerated warming of the Adriatic Sea coincides with arrival of tropical indopacific zooplankton species

3. Nadia Dunato Pejnović, Čedomir Benac, Kristina Pikelj, Igor Ružić

Klimatske promjene i obalna erozija na otoku Krku

Climate change and coastal erosion on the Krk Island

4. Gioconda Millotti, Ines Kovačić, Emina Pustijanac, Neven Iveša, Paolo Paliaga, Moira Buršić, Petra Burić, Mauro Štifić, Pia Juričić, Ursula Balas, Lada Jagadić

Invazivna morska alga *Caulerpa cylindracea*: prvi podaci o nutritivnim vrijednostima i sadržaju aminokiselina

Invasive seaweed *Caulerpa cylindracea*: first data on nutritional values and amino acid content

5. Rina Milošević, Marija Jurica, Bruna Petani, Slavica Čolak

Primjena podvodne fotogrametrije za kvantifikaciju stanišne strukture kamenog koralja

Cladocora caespitosa kod otoka Iža

Application of underwater photogrammetry for quantifying the habitat structure of the cushion coral *Cladocora caespitosa* near the Island of Iž

6. Zvezdana Popović Perković, Josip Boban, Jelena Kurtović-Mrčelić, Karla Marinić

Biološka raznolikost školjkaša na kolektorima ličinki školjkaša u dva Natura 2000 područja Splitsko-dalmatinske županije

Biodiversity of bivalve molluscs on a bivalve larval collectors in two Natura 2000 sites of Split-Dalmatia County

7. Valentina Šebalj, Ivan Župan, Matija Bumbak, Petar Zuanović, Simone Caiazza

Prikupljanje mlađi jakobove kapice *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) iz prirode
The Mediterranean scallop *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) wild spat collection

8.Bojan Hamer, Luca Privileggio, Kristina Grozić, Dijana Pavičić-Hamer, Andrej Jaklin, Anđela Premzl, Nina Bednarsek, Tjaša Kanduč, Sonja Lojen

I školjkašima u uzgajalištu je vruće!

Even the shellfish in the farm are feeling the heat!

9.Ivona Onofri, Barbara Gangai Zovko

Odraz razvoja: Koliko otpada pluta u luci Dubrovnik?

Reflection on development: How much waste is floating in Dubrovnik harbour?

10.Nina Marn, Marina Veseli, Ines Haberle, Marija Purgar Filjak, Sunčana Geček

Onečišćenje mora plastikom: analiza znanstvene literature globalnog problema prisutnog i u Jadranu

Marine plastic pollution: scientific literature analysis of on a global issue also present in the Adriatic Sea

11.Vlatka Filipović Marijić, Marija Kuštro, Martina Ugrinović, Sara Šariri, Tatjana Mijošek Pavin, Fabio Faraguna, Dajana Kučić Grgić

Usporedba prisutnosti mikroplastike u različitim tkivima indikatorskih organizama iz Jadranskog mora

Comparison of the presence of microplastics in different tissues of indicator organisms from the Adriatic Sea

12.Nina Bilandžić, Ines Varga, Jelena Kaurinović, Božica Solomun Kolanović, Marija Sedak, Ivana Varenina, Maja Đokić, Bruno Čalopek, Tanja Bogdanović, Sandra Petričević, Bosiljka Mustać, Bruna Petani, Slavica Čolak

Perfluoroalkilne tvari (PFAS) u ribama iz Jadranskog mora

Peryfluoroalkyl substances (PFAS) in fishes from the Adriatic Sea

13.Martina Ivić, Marta Alvir, Darija Vukić Lušić, Lado Kranjčević

Utjecaj desalinizacijskog postrojenja na morski okoliš

Impact of the desalination plant on the marine environment

14.Renata Rubčić, Romina Kraus, Renato Ivče

Upravljanje balastnim vodama u jadranskim lukama zatvorenog tipa

Ballast Water Management in Closed-Type Adriatic Ports

15.Lucija Petricioli, Patrick Kaleta, Predrag Pale, Marija Vurnek

ClimEmpower, projekt Obzor Europe: Korištenje procjene klimatskog rizika projekta CLIMAAX
ClimEmpower, a Horizon Europe Project: Leveraging CLIMAAX Climate Risk Assessment

16.Ivica Kinder

Pravni aspekti određivanja pravaca za polaganje prekograničnih podmorskih kabela: hrvatska perspektiva

Legal Aspects of Delineating Courses for the Laying of Transboundary Submarine Cables: The Croatian Perspective

17. Katarina Kazić, Sanja Gašparović

Mikroklimatske prilagodbe kao pristup oblikovanju javnih prostora obalnih gradova

Microclimatic adaptations as an approach to designing public spaces in coastal cities

18. Tamara Banović, Marina Fisatanić, Martina, Milina

Razvoj oceanske pismenosti kroz igru i suradnju među učenicima

Developing Ocean Literacy through Play and Student Collaboration

19. Dora Lovrić, Snježana Vujčić-Karlo

„Kralješnjaci Jadrana – vrijeme promjena“: muzejska izložba kao alat za osvještavanje o promjenama u Jadranskom moru

"Vertebrates of the Adriatic – A Time of Changes": a museum exhibition as a tool for raising awareness about changes in the Adriatic Sea

20. Dragana Mamić, Marijana Vuković

Klimatski jelovnik Jadrana

Nutrition Changes the pH of the Adriatic Sea

Proizvodnja bjelančevina u marikulturi i klimatske promjene

Lav Bavčević

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru

e-mail: lbavcevic@unizd.hr

Potrebe za bjelančevinama se procjenjuju sukladno nutritivnim potrebama ili prema potražnji na tržištu. U proizvodnji živih organizama bjelančevine se proizvode zajedno s drugim potrebnim ili štetnim tvarima. Bjelančevinama bogati vodeni organizmi spadaju u visokovrijednu hranu za ljude. Europska strategija za bjelančevine poziva članice da povećaju proizvodnju u ribarstvu i akvakulturi. Ograničenja u ribolovu usmjeravaju rast proizvodnje na akvakulturu gdje su bjelančevine u hrani potrebne za rast i razvoj uzgajanih životinja. Uvođenje molekularnog dušika u prirodni hranidbeni lanac ovisi o učinkovitosti kopnenih i vodenih diazotrofnih organizama. Nedostatak biološki dostupnog dušika iz prirode se nadoknađuje u petrokemijskoj industriji, koja proizvodi „sirovine“ za sintezu bjelančevina u poljoprivredi. Uzgoj školjkaša se oslanja na ciklus dušika u prirodnim staništima pa i onda kada spojevi dušika dolaze u more ispiranjem s kopna. Uzgoj riba se sve više oslanja na bjelančevine proizvedene u poljoprivredi. Na izlaznoj strani marikulture su hrana za ljude i tvari emitirane u okoliš, koje ostavljaju ekološki otisak u zoni uzgoja. Proizvodnja bjelančevina je dodatno zamršena s rastom temperature okoliša, zbog čega se ubrzava metabolizam poikilotermnih organizama, ubrzava se potrošnja kisika i pada njegova topivost u vodenom okolišu. Mijenja se dinamika biogeokemijskih ciklusa. Na jednoj strani se procjenjuje pad aktivnosti diazotrofnih organizama, a na drugoj težimo manjoj upotrebi fosilnih ugljikovodika. Procjene utjecaja marikulture na okoliš su relativizirane s učincima klimatskih promjena. Naša iskustva i znanja manje vrijede i treba nam izlazak iz okvira znanstvene udobnosti. Potrebno je više novca i odricanja što izazov prenosi na društvo i politiku. Pristaje li „novac“ na troškove održivosti? Pristaju li ljudi na odricanje do rješenja ili će „održivost“ rabiti kao sredstvo za osobni probitak? Kritike više ne pomažu, potrebna su rješenja!

Ključne riječi: proizvodnja hrane za ljude, dostupnost dušika, objektivnost procjene utjecaja marikulture, nužnost sveobuhvatnog pristupa

Protein production in mariculture and the climate change

Lav Bavčević

Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, University of Zadar
e-mail: lbavcevic@unizd.hr

Protein supply is evaluated according to nutritional requirements or market demand. Alongside proteins in living organisms' production, other necessary or harmful substances are also produced. Protein rich aquatic organisms are considered as high-value foods, thus, the European Protein Strategy advocates for enhancing production in fisheries and aquaculture. However, fishing restrictions shift the solution toward the aquaculture, which requires proteins necessary for growth and animal welfare. The assimilation of molecular nitrogen into the natural food chain depends on the efficiency of diazotrophic organisms. The lack of biologically available nitrogen is compensated by the production of nitrogen fertilizers, which have become a source for agricultural protein production. Shellfish mariculture relies on the nitrogen cycle in natural habitats, as well as on nitrogen leaching from agricultural areas. Fish farming is increasingly dependent on proteins produced in agriculture. Mariculture produces food, but also releases substances into the environment, contributing to its ecological footprint. Protein production is further complicated by the increase in environmental temperature, which accelerates the metabolism of poikilothermic organisms, leading to increased oxygen consumption and its decreased solubility. The dynamics of biogeochemical cycles are also affected. The probable decline in the activity of diazotrophic organisms is accompanied on the other hand by a tendency to reduce the use of fossil fuels. The effects of climate change relativize estimates of the environmental impact of mariculture. Our knowledge and experience are becoming insufficient, and we need to move beyond scientific comfort. Costs and sacrifices are shifting the challenge to society and politics. Is "money" willing to pay the costs of sustainability? Are people willing to make sacrifices until a solution is found, or will "sustainability" be used merely as a tool for personal gain? Criticism is no longer helpful; solutions are needed!

Key words: human food production, availability of nitrogen, objectivity of mariculture impact assessment, necessity of integrated approach

Zašto bi nas trebala zabrinuti brzina promjena u dubokom Jadranu?

Ivica, Vilibić^{1,2}, Elena, Terzić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb, Hrvatska;* ²*Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split, Hrvatska*
e-mail: ivica.vilibic@irb.hr

U većem dijelu svjetskih oceana promjene temperature i saliniteta se događaju u površinskom sloju, do nekoliko stotina metara, jer promjene u atmosferi – poglavito porast temperature – mijenjaju najprije površinu oceana s kojom atmosfera ima direktan doticaj. Istovremeno, svojstva dubljih slojeva se sporije mijenjaju zbog tromosti oceana, odnosno mijenjati će se na vremenskim skalama od više desetljeća do više stoljeća. No ne i u Jadranu – naime, najviši trendovi temperature i saliniteta u stupcu mora južnog Jadrana su bilježeni upravo u najdubljim slojevima u posljednjih petnaestak godina. Jadran je po tom pitanju specifičan i u odnosu i na ostatak Sredozemlja, ponajprije zbog svoje termohaline cirkulacije kojom se u duboke slojeve Jadrana donosi voda iz plitkog sjevernog Jadrana tijekom kasne zime. Zagrijavanje dubokog Jadrana u posljednjem desetljeću je bilježeno s vrijednostima do 0,8°C, dok porast saliniteta iznosi oko 0,2, što je nekoliko puta više nego u susjednom Jonskom moru. Razlog tome jesu promjene u sjevernom Jadranu gdje se bilježe sušne i vrlo tople zime te smanjeni riječni dotoci, uzrokujući snažne promjene svojstava Sjevernojadranske vode visoke gustoće koja donosi vode bogate kisikom na dno Jadrana. Pitanje je kako će te promjene utjecati na bentičke organizme u Jadranu – odgovor na to pitanje ostavljamo stručnjacima biologije mora – no ono što znamo jest da će se te promjene reflektirati na strujanje u Jadranu kao i na promjene razine mora zbog bilježenih smanjenja gustoće mora. Koliko – na budućnosti je da pokaže, no činjenica jest da je zbog zagrijavanja globalni porast razine mora u 2024. godini iznosio 0,59 cm, kao nikad do sada.

Ključne riječi: južni Jadran, temperatura, salinitet, trendovi

Why should we be concerned about the rate of change in the deep Adriatic?

Ivica, Vilibić^{1,2}, Elena, Terzić¹

¹*Ruder Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Zagreb, Croatia;*

²*Institute for Adriatic Crops and Karst Reclamation, Split, Croatia*

e-mail: ivica.vilibic@irb.hr

In most of the world's oceans, changes in temperature and salinity occur in the surface layer - up to several hundred meters deep, because atmospheric changes, especially temperature rise, first affect the ocean surface, which is in direct contact with the atmosphere. At the same time, the properties of deeper layers change more slowly due to the ocean's inertia and will evolve over timescales of several decades to centuries. But not in the Adriatic - namely, in the Southern Adriatic, the highest trends in temperature and salinity in the water column over the past fifteen years have been recorded in the deepest layers. In this regard, the Adriatic is unique even compared to the rest of the Mediterranean, primarily due to its thermohaline circulation, which transports water from the shallow northern Adriatic into the deep Adriatic during wintertime. In the past decade, the deep Adriatic has warmed up to 0.8°C, while salinity has increased by about 0.2, which is several times more than in the neighboring Ionian Sea. The cause lies in the northern Adriatic, where dry and very warm winters along with reduced river inflow have led to significant changes in the properties of the dense Northern Adriatic Dense Water, which brings oxygen-rich water to the Adriatic seafloor. The question is: how will these changes affect the benthic organisms of the Adriatic? That answer is best left to marine biology experts. However, what we do know is that these changes will affect currents in the Adriatic and sea level changes due to observed decreases in seawater density. How much? The future will tell. But the fact remains: due to global warming, the global sea level rise in 2024 was 0.59 cm higher than ever recorded before.

Key words: Southern Adriatic, temperature, salinity, trends

Suprotni obrasci oceanografskih svojstava i dinamike planktona u sjevernom i južnom Jadranu u uvjetima klimatskih promjena

Patricija, Mozetič¹, Mirna, Batistić², Janja, Francé¹, Rade, Garić², Marijana Hure², Nenad, Jasprica², Nika, Pasković², Valentina Tirelli³, Martin, Vodopivec¹

¹National Institute of Biology, Marine Biology Station Piran, Fornače 41, 6330 Piran, Slovenia,

²University of Dubrovnik, Institute for Marine and Coastal Research, Knez D. Jude 12, 20000 Dubrovnik, Croatia, ³National Institute of Oceanography and Applied Geophysics, Borgo Grotta Gigante 42/C, 34010 Sgonico (TS), Italy

e-mail: patricija.mozetic@nib.si

Geomorfološke i hidrografske različitost Jadranskog mora određuju njegovu oceanografsku i biološku dinamiku. Sjeverni Jadran (SJ) je plitak ekosustav pod snažnim riječnim utjecajem i stoga povećanim unosom hranjivih tvari, dok je južni Jadran (JJ) duboki pelagički ekosustav u kojem primarna proizvodnja ovisi o zimskom konvektivnom miješanju odgovornom za donos hranjivih tvari u eufotski sloj. Analizirali smo dugi niz meteoroloških, fizičkih, kemijskih i bioloških parametara u Tršćanskom zaljevu (TZ; maksimalna dubina 25 m, ~1 NM od obale) u SJ i postaji P-1200 u JJ (dubina 1200 m, ~50 NM od obale), u razdoblju 2012.–2022. Anomalije u brzinama protoka rijeke Soče, površinskoj slanosti i stratifikaciji u TZ-u analizirane su u dvije kontrastne godine — 2020. (vlažna) i 2022. (suha) — sa suviškom odnosno nedostatkom hranjivih tvari u površinskom sloju. U lipnju 2020., u TZ-u je zabilježeno snažno cvjetanje fitoplanktona ($3 \text{ mg Chl-a m}^{-3}$) s dominacijom dijatomeja (2×10^6 stanica L^{-1}), nakon čega je uslijedio vrhunac zooplanktona (8200 ind. m^{-3}). Nasuprot tome, 2022. je karakterizirala niska biomasa fitoplanktona ($<1 \text{ mg Chl-a m}^{-3}$), odsutnost sezonskog cvjetanja i dominacija nanoflagelata. Abundancija zooplanktona bila je dvostruko manja u srpnju 2022. nego u lipnju 2020. U južnom Jadranu, cvjetanje fitoplanktona uzrokovano je zimskim vertikalnim miješanjem, često potaknuto jakim burama. Takvi događaji miješanja 2012., 2017. i 2022. doveli su do proljetnog cvjetanja u gornjih 100 m (do $1,87 \text{ mg Chl-a m}^{-3}$), a zatim i povećanja abundancije kopepoda ($700\text{--}800 \text{ ind. m}^{-3}$). Odsutnost duboke konvekcije zimi 2016. dovela je do niskog Chl-a ($<0,3 \text{ mg m}^{-3}$) u proljeće i istovremeno najniže proljetne abundancije kopepoda u cijelom vremenskom nizu (oko 120 ind. m^{-3}). Ovi rezultati ukazuju na različite, ali klimatski osjetljive mehanizme koji kontroliraju dinamiku planktona u sjevernom i južnom Jadranu te moguće funkcioniranje ekosustava u promjenjivim meteorološkim uvjetima u budućnosti.

Ključne riječi: plankton, vertikalno miješanje, riječni dotok, hidroklimate promjene, Jadransko more

Contrasting patterns of oceanographic properties and plankton dynamics in the northern and southern Adriatic under climate change

Patricija, Mozetič¹, Mirna, Batistič², Janja, Francé¹, Rade, Garić², Marijana Hure², Nenad, Jasprica², Nika, Pasković², Valentina Tirelli³, Martin, Vodopivec¹

¹National Institute of Biology, Marine Biology Station Piran, Fornače 41, 6330 Piran, Slovenia,

²University of Dubrovnik, Institute for Marine and Coastal Research, Knez D. Jude 12, 20000 Dubrovnik, Croatia, ³National Institute of Oceanography and Applied Geophysics, Borgo Grotta Gigante 42/C, 34010 Sgonico (TS), Italy

e-mail: patricija.mozetic@nib.si

The Adriatic Sea exhibits pronounced geomorphological and hydrographic contrasts that determine its oceanographic and biological dynamics. The northern Adriatic (NA) is a shallow, river-influenced coastal ecosystem subject to nutrient inputs, while the southern Adriatic (SA) is a deep, pelagic system where primary production depends on winter convective mixing that brings nutrients into the euphotic layer. We analysed meteorological, physical, chemical, and biological parameters at two long-term sites: the Gulf of Trieste (GoT; max depth 25 m, ~1 NM offshore) in the NA and station P-1200 (depth 1200 m, 50 NM offshore) in the SA, in the period 2012–2022. Anomalies in the flow rates of the Soča River in the GoT, surface salinity, and stratification were exemplified by two contrasting years - 2020 (wet) and 2022 (dry), with corresponding nutrient surpluses and deficits in the surface layer. In June 2020, the GoT experienced a strong phytoplankton bloom (3 mg Chl-a m⁻³) dominated by diatoms (2×10⁶ cells L⁻¹), followed by a zooplankton peak (8200 ind. m⁻³). In contrast, 2022 was characterised by low phytoplankton biomass (<1 mg Chl-a m⁻³), the absence of a seasonal bloom, and the year-round dominance of nanoflagellates. The abundance of zooplankton was half as high in July 2022 as in June 2020. In the SA, the phytoplankton blooms are triggered by winter vertical mixing, often driven by strong bora winds. Such mixing events in 2012, 2017, and 2022 led to spring blooms in the upper 100 m (up to 1.87 mg Chl-a m⁻³), to which copepods responded (700–800 ind. m⁻³). The absence of deep convection in winter 2016 led to low Chl-a (<0.3 mg m⁻³) in spring, and at the same time, the lowest spring abundance of copepods of the entire time series (about 120 ind. m⁻³). Our results point to distinct but climate-sensitive mechanisms controlling plankton dynamics in the NA and SA, with implications for future ecosystem functioning under changing meteorological conditions.

Keywords: plankton, vertical mixing, freshwater inputs, hydroclimatic changes, Adriatic Sea

Narušena periodičnost i oslabljena povezanost: dinamika fitoplanktona pod klimatskim pritiskom u sjevernom Jadranu

Ivano, Vascotto¹, Patricija, Mozetič², Fabrizio, Bernardi Aubry³, Mauro, Bastianini³, Stefania, Finotto³, Janja, Francé²

¹ *National Institute of Oceanography and Applied Geophysics, Borgo Grotta Gigante, 42/C, 34010 Sgonico, TS, Italija,* ² *National Institute of Biology, Marine Biology Station Piran, Fornače 41, 6330 Piran, Slovenija,* ³ *National Research Council—Institute of Marine Sciences (CNR—ISMAR), Arsenale Tesa 104, Castello 2737/F, 30122 Venice, Italija*
e.mail: janja.france@nib.si

Dinamika fitoplanktona ima važnu ulogu u funkcioniranju ekosustava jer je ključna za usklađivanje s ostalim komponentama hranidbene mreže. Ovaj rad istražuje promjene u zajednicama fitoplanktona u sjevernom Jadranskom moru oslanjajući se na dugoročne nizove podataka iz Tršćanskog i Venecijanskog zaljeva u razdoblju od 2005. do 2019. godine. Analiza je otkrila vremenske diskontinuitete koji ukazuju na strukturne pomake u obrascima sukcesije fitoplanktona. Uočen je prijelaz između 2010. i 2013. godine, posebno tijekom jeseni, kada je smanjen udio klastera u kojima prevladaju nanoflagelati dok se povećala učestalost klastera u kojima prevladavaju dijatomeje. Ovi pomaci vjerojatno su povezani s povećanom među-godišnjom varijabilnošću uzrokovanom izmjenama razdoblja suše i povećanog dotoka slatke vode, a povezani su s klimatski uvjetovanim promjenama u obrascima oborina. Detaljnija analiza periodičnosti otkrila je da ponavljajući mezoskalarni obrasci okolišnih parametara posebno temperature, saliniteta, riječnih dotoka, vjetra i oborina, objašnjavaju velik dio varijabilnosti u sastavu zajednice fitoplanktona. S porastom nepravilnosti, ovaj periodički utjecaj postao je slabiji, naglašavajući ulogu ekstremnih događaja i poremećene sezonalnosti u razdvajanju ekoloških sustava. Zaključno, klimatski uvjetovana varijabilnost, osobito sve veća vjerojatnost i intenzitet ekstremnih hidroloških i meteoroloških događaja, ima potencijal poremetiti prirodnu sukcesiju fitoplanktona i utjecati na stabilnost hranidbene mreže u obalnim sustavima. U kontekstu globalnih klimatskih promjena, mezoskalarna povezanost sjevernog Jadrana čini se sve osjetljivijom na slabljenje cirkulacije potaknute vjetrom i sve učestalije okolišne poremećaje.

Ključne riječi: fitoplankton, struktura zajednice, sezonalnost, ekstremni događaji, sjeverni Jadran

Disrupted periodicity and weakened connectivity: Phytoplankton dynamics under climate pressure in the northern Adriatic

Ivano, Vascotto¹, Patricija, Mozetič², Fabrizio, Bernardi Aubry³, Mauro, Bastianini³, Stefania, Finotto³, Janja, Francé²

¹ *National Institute of Oceanography and Applied Geophysics, Borgo Grotta Gigante, 42/C, 34010 Sgonico, TS, Italy,* ² *National Institute of Biology, Marine Biology Station Piran, Fornače 41, 6330 Piran, Slovenia,* ³ *National Research Council—Institute of Marine Sciences (CNR—ISMAR), Arsenale Tesa 104, Castello 2737/F, 30122 Venice, Italy*
e-mail: janja.france@nib.si

The dynamics of phytoplankton play an important role in the functioning of ecosystems, as they are essential for synchronisation with other components of the food web. This work investigated the changes in phytoplankton assemblages in the northern Adriatic Sea, relying on long-term data from the Gulfs of Trieste and Venice from 2005–2019. The analysis revealed temporal discontinuities indicating structural shifts in the succession patterns. We detected a transition between 2010 and 2013, particularly in the autumn season, when the prevalence of nanoflagellate-dominated clusters decreased, while ephemeral diatom-dominated clusters became more frequent. These shifts likely coincided with increased interannual variability caused by alternating periods of drought and high freshwater discharge, and were related to climate-driven changes in precipitation patterns. A more detailed analysis of periodicity revealed that cyclical mesoscale environmental patterns, in particular temperature, salinity, river discharge, wind and precipitation, explain much of the variability in phytoplankton community composition. After the increasing irregularities, this periodic influence became weaker, highlighting the role of extreme events and disrupted seasonality in the decoupling of ecological systems. In summary, climate-induced variability, in particular the increasing probability and intensity of extreme hydrological and meteorological events, has the potential to disrupt natural phytoplankton succession and affect the stability of the trophic web in coastal systems. In the context of global climate change, the mesoscale connectivity of the northern Adriatic appears to be increasingly vulnerable to a weakening of wind-driven circulation and escalating environmental disturbances.

Key words: phytoplankton, community structure, seasonality, extreme events, northern Adriatic Sea

Mehanizmi međuodnosa gustoće, stratifikacije i oscilatorne frekvencije vodenog stupca morskog jezera Zmajevog Oka kod Rogoznice u Hrvatskoj

Joško, Trošelj¹, Iva, Dominović¹, Jadranka, Pečar Ilić¹, Irena, Ciglencečki¹, Ivica, Vilibić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb, Hrvatska*
e-mail: josko.troselj@irb.hr

Kompleksna i višeslojna dinamika vodenog stupca morskog jezera Zmajevog Oka (JZO), male (150×100 m) krške tvorevine kod Rogoznice (Hrvatska), predstavlja prirodni laboratorij za istraživanje klimatskih i antropogenih učinaka. Mi istražujemo teorijske osnove njegove dinamike, te smisleno povezujemo njene ključne dijelove između vodenih slojeva unutar vodenog stupca JZO, posebno se fokusirajući na stopu posmičnih naprezanja du/dz i vertikalnu stratifikaciju $\rho/(d\rho/dz)$ na dubinama od 0,5 do 12,5 m. Rezultati du/dz pokazali su da se prekidi mjerenja ultrapreciznim strujomjerom (Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP) redovito javljaju na dubinama oko 6,5 m istovremeno s većim vrijednostima du/dz , dok su $\rho/(d\rho/dz)$ pokazali pojavu viših vrijednosti u sloju oko 8,5 m, što ukazuje na veće trenje na toj dubini. Za obuhvatniji pregled dinamike JZO planiramo prikupiti podatke o brzini i gustoći iste točke u JZO. Planiramo detektirati lokacije tzv. lokalnih mikro-džepova unutar vodenog stupca, u kojima se suspendirani, kemijski, biološki i drugi (taložni) materijali lokalno „zarobljavaju“, pritom plutajući određeno vrijeme bez daljnjeg tonjenja. Mehanizam „zarobljavanja“ taložnog materijala je češći u površinskim slojevima vode, te je manje istražen u dubljim slojevima vodenih stupaca i u jezerima gdje je dinamika vode statičnija nego u otvorenom moru. Očekujemo da bi istovremena pojava velike vrijednosti kombinacije posmičnog naprezanja vodenog stupca i vertikalne stratifikacije trebala povećati „zarobljavanje“ taložnih komponenata vode, što čini uvjete njihovog širenja unutar JZO nepovoljnijima. Ti smanjeni uvjeti širenja utječu i na brzine plivanja životinja, biogeokemijsku cirkulaciju vode, brzinu putovanja signala ADCP-a itd. Rezultati pokazuju da istodobne fine interakcije između posmičnog naprezanja i vertikalne stratifikacije mogu poslužiti kao početne smjernice za detaljnije razumijevanje temeljnih fizičkih mehanizama kompleksne dinamike unutar vodenog stupca JZO.

Ključne riječi: morsko jezero, stopa posmičnih naprezanja, vertikalna stratifikacija, uvjeti širenja taložnog materijala, vodna bilanca jezera

Interaction Mechanisms among Density, Stratification and Oscillatory Frequency of the Water Column in the Marine Lake Zmajevsko oko near Rogoznica in Croatia

Joško, Trošelj¹, Iva, Dominović¹, Jadranka, Pečar Ilić¹, Irena, Ciglencečki¹, Ivica, Vilibić¹

¹*Institute Ruđer Bošković, Division for Marine and Environmental Research, Zagreb, Croatia*
e-mail: josko.troselj@irb.hr

The complex and multilayered dynamics of the water column in the marine lake Zmajevsko Oko (ZO), a small (150 × 100 m) karst-formed basin near Rogoznica (Croatia), represents a natural laboratory for studying climatic and anthropogenic effects. We investigate the theoretical foundations of its dynamics within the ZO water column, with a particular focus on the shear rate du/dz and vertical stratification $\rho/(d\rho/dz)$ at depths ranging from 0.5 to 12.5 meters. The results for du/dz indicate that interruptions in measurements obtained using a high-resolution Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) consistently occur at depths around 6.5 meters, coinciding with elevated du/dz values. In contrast, the parameter $\rho/(d\rho/dz)$ shows increased values around 8.5 meters, which suggests enhanced friction or resistance to vertical mixing at that depth. We aim to identify locations of so-called local micro-pockets within the water column, where suspended chemical, biological, and other particulate materials become locally "trapped", remaining afloat for a period of time without further sinking. The trapping mechanism of sedimentary material is more frequent in surface water layers and is less explored in deeper layers of water columns and in lakes where water dynamics are more static than in the open sea. We expect that the simultaneous occurrence of high values in the combination of water column shear and vertical stratification should increase the trapping of sedimentary components, thereby creating less favorable conditions for their spread within the ZO. These reduced dispersal conditions also affect swimming speeds of aquatic organisms, the biogeochemical cycling of water, ADCP signal transmission speeds, and more. The results suggest that the simultaneous fine-scale interactions between shear stress and vertical stratification can serve as initial guidelines for a deeper understanding of the fundamental physical mechanisms behind the complex dynamics within the ZO water column.

Keywords: marine lake, shear rate, vertical stratification, sediment dispersal conditions, lake water balance

Numeričko modeliranje morskog jezera Zmajevo oko (Rogoznica)

Iva, Dominović Novković¹, Peter, Robins², Irena, Ciglencečki¹, Ivica, Vilibić^{1,3}

¹*Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb, Hrvatska,*

²*School of Ocean Sciences, College of Science & Engineering, Bangor University, Bangor, Ujedinjeno*

Kraljevstvo, ³Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Put Duilova 11, Split, Hrvatska

e-mail: idominov@irb.hr

Jezero Zmajevo oko (ZO) kraj Rogoznice povezano je s Jadranskim morem putem pukotina u kršu. Zbog malih dimenzija ($\Phi \sim 100$ m), promjene temperature i saliniteta u jezeru izrazito su podložni atmosferskim utjecajima te pokazuju znatne intra- i intergodišnje varijacije. Zbog združenog utjecaja temperature i saliniteta ZO je pritom većinom visokoraslojeno – površinski slojevi su oksigenirani, a dubinski anoksični. U jesen povremeno dolazi do naglog miješanja slojeva, što dovodi do potpune potrošnje kisika u vodenom stupcu i promjene boje vode u mutnu sivo-bijelu. Mehanizam naglog miješanja je dosad istraživao pomoću jednodimenzionalnog modela GOTM, kojim je pojava povezana s ekstremnim meteorološkim uvjetima (padom temperature zraka i jakom burom). Budući model nije uključivao utjecaj veze s morem te je bio ograničen na jednodimenzionalne procese, 2023. godine započeo je razvoj trodimenzionalnog modela ZO-a korištenjem modela Delft3D pogonjenog podacima reanalize ERA5 (temperatura zraka i rosišta, relativna vlažnost, vjetar). Inicijalne simulacije obuhvatile su ljeto/jesen 2021. (kada je zabilježeno naglo miješanje jezera) i ljeto/jesen 2023. (kada nije bilo miješanja). Simulacije su uspješno rekonstruirale pojavu i izostanak naglog anoksičnog miješanja, što sugerira da veza s morem, odnosno izmjena topline i soli između jezera i mora pri samim događajima, nije ključni uzrok naglog miješanja jezera. Ipak, dugoročna izmjena soli između jezera i mora kao i oborina može biti bitna kod postavljanja početnih uvjeta pri samim događajima naglih miješanja, što će se istražiti u budućim simulacijama jezera. Zahvaljujemo projektu Supercomputing Wales, koji je djelomično financirao Europski fond za regionalni razvoj (EFRR) putem Velške vlade. Ovaj rad financirala je Hrvatska zaklada za znanost stipendijom MOBDOK-2023 i HRZZ projektima MARRES-IP-2018-01-1717, GLOMETS-IP-2022-10-3064 i ISO-ZOKO-IP-2024-05-2377

Ključne riječi: jezero Zmajevo oko, Rogoznica, anoksija, numeričko modeliranje, Delft3D

Numerical modelling of the marine lake Zmajevsko oko (Rogoznica)

Iva, Dominović Novković¹, Peter, Robins², Irena, Ciglencić¹, Ivica, Vilibić^{1,3}

¹*Division for Marine and Environmental Research, Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia,* ²*School of Ocean Sciences, College of Science & Engineering, Bangor University, Bangor, UK,*

³*Institute for Adriatic Crops and Karst Reclamation, Put Duilova 11, Split, Croatia*
e-mail: idominov@irb.hr

Zmajevsko oko (ZO) lake (Rogoznica, Croatia) is connected to the Adriatic Sea through the surrounding karst. Due to its small size ($\Phi \sim 100$ m), temperature and salinity in the lake are highly sensitive to atmospheric influences, showing intra- and interannual variations. This causes strong stratification in ZO, with oxygenated surface layers and anoxic deep layers. Yet, rapid mixing of layers may occur in fall, leading to complete oxygen depletion in the lake and a change in water colour to a turbid grey-white. The mechanism behind the mixing was first investigated in 2016 using the one-dimensional GOTM model, which linked mixing events to extreme meteorological conditions (air temperature decrease, strong bora wind). However, this model did not account for the lake's connection to the sea, while the modelled processes were restricted to the one-dimensional ones. Therefore, development of a three-dimensional model of ZO was initiated in 2023 using the Delft3D numerical model, driven by ERA5 reanalysis data (air temperature and dew point, relative humidity, and wind). The model is currently being calibrated for site-specific conditions. Initial simulations covered summer/fall 2021 (when rapid mixing was recorded) and summer/fall 2023 (when it was not), successfully reproducing both the occurrence and absence of the mixing. This suggests that the connection to the sea is not the key factor for the triggering of the rapid mixings. Still, a steady heat and salt exchange with the sea across the lake's boundaries as well as precipitation might be important for preconditioning of such events. Future sensitivity studies are going to test this. We are grateful to the Supercomputing Wales project, which was part-funded by the European Regional Development Fund via the Welsh Government. This work was supported by the Croatian Science Foundation through the MOBDOK-2023 fellowship and under the HRZZ projects' numbers MARRES-IP-2018-01-1717, GLOMETS-IP-2022-10-3064 i ZOKO-IP-2024-05-2377.

Key words: Zmajevsko oko lake, Rogoznica, anoxia, numerical modelling, Delft3D

Ekološki uvjeti u Malostonskom zaljevu: trenutno stanje i perspektive očuvanja

Nenad, Jasprica¹, Mirna, Batistić¹, Rade, Garić¹, Nika, Pasković¹

¹*Institut za more i priobalje, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik*
e-mail: nenad.jasprica@unidu.hr

U radu su prikazani rezultati monitoringa fizikalno-kemijskih parametara i planktona u Malostonskom zaljevu u razdoblju od 2010. do 2019. te noviji podatci o stanju ekosustava u tom posebnom rezervatu prirode. Klimatske promjene, urbanizacija područja i povećana aktivnost na kopnu i moru povećavaju rizik od uvoza i razvoja otrovnih i potencijalno štetnih vrsta, i to ne samo algi, već i drugih organizama koji bi mogli promijeniti trenutnu strukturu divljeg svijeta u moru i na kopnu. Danas se znanstvene spoznaje rijetko primjenjuju na očuvanje Malostonskog zaljeva. Vrijednost Malostonskog zaljeva nadilazi granice Hrvatske i riječ je o zaštiti europske prirodne i kulturne baštine. Iako je Hrvatska turistička zemlja, nema smisla razvijati turizam pod svaku cijenu i u svakom mogućem kutku ako to dovodi do ugrožavanja gospodarske grane koja je stoljećima omogućavala lokalnom stanovništvu da tamo živi. Profitabilna i jedinstvena gospodarska grana sa stoljetnom tradicijom (uzgoj školjkaša) vezana uz rijetku i vrijednu prirodnu baštinu ne smije biti zamijenjena drugom sveprisutnom granom (turizmom) koja tamo nema mjesta.

Ključne riječi: fizikalno-kemijski parametri, plankton, monitoring, urbanizacija, zaštićene prirodne vrijednosti

Ecological conditions of the Mali Ston Bay: current state and conservation perspectives

Nenad, Jasprica¹, Mirna, Batistić¹, Rade, Garić¹, Nika, Pasković¹

¹*Institute for Marine and Coastal Research, University of Dubrovnik, Dubrovnik*
e-mail: nenad.jasprica@unidu.hr

This work aims to present the results of the monitoring of physico-chemical parameters and plankton in the Maloston Bay in the period from 2010 to 2019, as well as recent data on the state of the ecosystem in this special nature reserve. Climatic changes, urbanization of the area and increased activity on the mainland and at sea increase the risk of import and establishment of poisonous and potentially harmful species, namely not only algae, but also other organisms which might change the current structure of the wildlife in the sea and on the mainland. Nowadays, scientific knowledge is rarely applied to conservation of the Mali Ston Bay. The value of the Mali Ston Bay extends beyond the Croatian borders, representing an essential part of Europe's natural and cultural heritage that deserves protection. Even though Croatia is a tourist country, there is no point in developing tourism at all costs and in every possible corner if it jeopardizes an economy branch which has enabled the local population to live there for centuries. A profitable and unique branch of economy with a centuries-old tradition (shellfish aquaculture) related to a rare and valuable natural heritage must not be replaced by another omnipresent branch (tourism) which has no place here.

Key words: physico-chemical parameters, plankton, monitoring, urbanization, protected natural area

Izotopna analiza organske tvari u složenim uzorcima Jadranskog mora primjenom masene spektrometrije omjera izotopa

Niki, Simonović¹, Doris, Potočnik², Paolo, Paliaga³, Marija, Marguš¹, Nives, Ogrinc², Irena, Ciglencečki¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb, Hrvatska,* ²*Institut Jožef Stefan, Jamova cesta 39, Ljubljana, Slovenija,* ³*Sveučilište Jurja Dobrile, Zagrebačka ulica 30, Pula, Hrvatska*
e-mail: nsimonov@irb.hr

Stabilni izotopni omjeri ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{34}\text{S}$), kao i C:N omjer, pokazatelji su stanja obalnog morskog okoliša. Izotopni sastav organske tvari (OT) u moru ovisi o porijeklu, biogeokemijskim procesima i strukturi fitoplanktonske zajednice. Metoda masene spektrometrije omjera izotopa (IRMS) omogućuje precizno određivanje tih varijacija te ima široku primjenu u analizi izvora, porijekla i sastava okolišnih uzoraka. Ovo istraživanje prikazuje primjenu IRMS metode kroz analizu frakcije partikularne organske tvari (POC), s fokusom na morske eutrofne uzorke sa sjevernog i srednjeg Jadrana tijekom fitoplanktonskih cvatova i pojave sluzavih makroagregata u proljeće/ljeto 2021., 2022. i 2024., te na uzorcima iz stratificiranog, eutrofnog i euksinskog okoliša Rogozničkog jezera – Zmajeva oka (RJ) te njegove veze s morem kroz porozni krš. Izotopni sastav sezonskih uzoraka vodenog stupca RJ pokazuje širok raspon vrijednosti POC frakcije: $\delta^{13}\text{C}_{\text{POC}}$ od -20.89 do -32.30 ‰, $\delta^{15}\text{N}_{\text{POC}}$ od -8.07 do 7.24 ‰ i $\delta^{34}\text{S}_{\text{POC}}$ od -10.83 do 21.74 ‰, uz izražene sezonske promjene povezane s fizikalno-kemijskim parametrima poput saliniteta, zasićenja kisikom i atmosferske depozicije. Uzorci prikupljeni tijekom pojave sluzavih makroagregata imaju uži raspon vrijednosti: $\delta^{13}\text{C}_{\text{POC}}$ od -21.67 do -23.99 ‰, $\delta^{15}\text{N}_{\text{POC}}$ od 3.57 do 9.24 ‰ i $\delta^{34}\text{S}_{\text{POC}}$ od 18.82 do 21.71 ‰. Rezultati ukazuju na dominantno autohtono porijeklo OT, uglavnom povezano s fitoplanktonskom aktivnošću, uz povremene alohtone doprinose. To potvrđuje i promjenjiv C:N omjer (1.09–6.51, RJ; 1.41–15.74, makroagregati), koji ukazuje na prisutnost eutrofikacijskih procesa. Ovi preliminarni rezultati potvrđuju važnost primjene izotopnih analiza OT koja služi kao pokazatelj potencijalnog onečišćenja i utjecaja globalnih promjena na obalni morski okoliš.

Ključne riječi: organska tvar, okolišne promjene, IRMS, eutrofikacija, izotopna analiza

Isotopic analysis of organic matter in complex samples from the Adriatic Sea using isotope ratio mass spectrometry

Niki, Simonović¹, Doris, Potočnik², Paolo, Paliaga³, Marija, Marguš¹, Nives, Ogrinc², Irena, Ciglencečki¹

¹*Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia*, ²*Jožef Stefan Institute, Jamova cesta 39, Ljubljana, Slovenia*, ³*Juraj Dobrila University, Zagrebačka ulica 30, Pula, Croatia*
e-mail: nsimonov@irb.hr

Stable isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{34}\text{S}$), as well as the C:N ratio, are indicators of the state of the coastal marine environment. The isotopic composition of organic matter (OM) in the sea depends on its origin, biogeochemical processes and the structure of the phytoplankton community. The isotope ratio mass spectrometry (IRMS) method allows precise determination of these variations and is widely used to analyse the sources, origin and composition of environmental samples. In this study, the application of the IRMS method is presented by analysing the particulate organic carbon (POC) fraction, focusing on eutrophic marine samples from the northern and central Adriatic Sea, collected during the phytoplankton bloom and the appearance of mucilaginous macroaggregates in spring/summer 2021, 2022 and 2024, as well as on samples from the stratified, eutrophic and euxinic marine Rogoznica Lake – Zmajev oke (RL), including its connection with the sea through porous karst. The isotopic composition of seasonal samples from the RL shows a wider range of values: $\delta^{13}\text{C}_{\text{POC}}$ from -20.89 to -32.30 ‰, $\delta^{15}\text{N}_{\text{POC}}$ from -8.07 to 7.24 ‰ and $\delta^{34}\text{S}_{\text{POC}}$ from -10.83 to 21.74 ‰, with pronounced seasonal shifts associated with physico-chemical parameters such as salinity, oxygen saturation and atmospheric deposition. Samples of mucilaginous macroaggregates show narrower ranges: $\delta^{13}\text{C}_{\text{POC}}$ from -21.67 to -23.99 ‰, $\delta^{15}\text{N}_{\text{POC}}$ from 3.57 to 9.24 ‰ and $\delta^{34}\text{S}_{\text{POC}}$ from 18.82 to 21.71 ‰. These results indicate autochthonous OM origin through phytoplankton activity, with occasional allochthonous inputs, supported by a variable C:N ratio (1.09–6.51 RL; 1.41–15.74 macroaggregates), suggesting eutrophication processes. These preliminary results confirm the importance of using isotopic analyses of organic matter, which can serve as indicators of potential pollution and the impact of global change on the coastal marine environment.

Keywords: organic matter, environmental changes, IRMS, eutrophication, isotopic analysis

Organski ugljik u površinskom sedimentu i vodenom stupcu istočnog Jadrana, priobalne i prijelazne vode

Jelena, Dautović, Niki, Simonović, Iva, Dominović Novković, Irena, Ciglencečki¹

¹ *Laboratorij za fiziku mora i kemiju vodenih sustava, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb, Hrvatska*
e-mail: jdautov@irb.hr

Rezultati višegodišnjeg istraživanja (2016.-2024.) vremenske i prostorne raspodjele sadržaja ukupnog organskog ugljika (TOC) u površinskim sedimentima prijelaznih i priobalnih voda istočne obale Jadrana diskutirati će se u vezi s koncentracijama otopljenog organskog ugljika (DOC) u vodenom stupcu. Sadržaj TOC-a iznad 1,5 % potvrđen je na postajama na kojima su izmjerene povišene koncentracije DOC-a u vodenom stupcu (Bračko-Splitski kanal, rijeke Cetina i Jadro u srednjem Jadranu te rijeke Raša, Mirna i Dragonja u sjevernom Jadranu), dok je najviši sadržaj TOC-a (7,1 %) izmjeren u sjevernom Jadranu u rijeci Rječini. Sadržaj TOC-a konstantno je povišen i u Bakarskom zaljevu (do 6,1%) i luci Pula (do 6,3%) što ukazuje na epizodno eutrofne uvjete u vodenom stupcu tih područja. Iznimka je postaja luke Ploče na kojoj je izmjeren visok sadržaj TOC-a u sedimentu (do 3,6%) u svim istraživanim godinama iako DOC u vodenom stupcu nikad ne prelazi 1,44 mg L⁻¹. Na temelju graničnih vrijednosti koncentracija za oligo- (<1.44 mg/L), meso- (1.8 – 2.50 mg/L) i eutrofne (>2.50 mg/L) uvjete u vodenom stupcu prema parametru DOC, sva priobalna vodna tijela istočnog Jadrana mogu se okarakterizirati kao oligotrofna. Ipak, Riječki zaljev koji uključuje i luku Rijeka, dijelovi Kvarnerskog zaljeva (Bakarski zaljev), luka Pula, Limski kanal u sjevernom te Bračko-Splitski kanal, Kaštelanski zaljev i Pašmansko-zadarski kanal u srednjem Jadranu, kao i prijelazna područja rijeka Rječine, Mirne i Raše u sjevernom te Krke u srednjem Jadranu, povremeno/epizodno pokazuju mezotrofne karakteristike tijekom ljetnih i jesenskih mjeseci.

Ključne riječi: TOC u sedimentu, istočni Jadran, monitoring prijelaznih i priobalnih voda

Organic carbon in coastal sediments and water column of the eastern adriatic sea, coastal and transitional waters

Jelena, Dautović, Niki, Simonović, Iva, Dominović Novković, Irena, Ciglencečki¹

¹Laboratory for Physical Oceanography and Chemistry of Aquatic Systems, Division for Marine and Environmental Research, Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia
e-mail: jdautov@irb.hr

In this paper, multi-year (2016-2024) results of the spatial and temporal distribution of TOC concentrations in surface sediments along the eastern Adriatic coast as well as DOC concentrations in the water column of the same coastal and transitional stations are presented. TOC content in the sediments above 1.5 % is confirmed for locations where elevated concentrations of DOC in the water column have been measured (Brač-Split Channel, rivers Cetina, Jadro in the middle Adriatic MA, and Raša, Mirna, Dragonja in the northern Adriatic NA), while the highest TOC content (7.1 %) was determined in the Rječina river in the NA. TOC content in the Bay of Bakar (up to 6.3%) and the port of Pula (6.1%) are permanent elevated indicating mezotrophic-eutrophic water column conditions. An exception is the FP-P5b Ploče/Neretva station where relatively high TOC was measured in the sediment (up to 3.6%) in all monitored years even though DOC in the water column never exceeded 1.44 mgL^{-1} . According to the concentration limits for the oligo- ($<1.44 \text{ mg/L}$), meso- ($1.8 - 2.50 \text{ mg/L}$) and eutrophic ($>2.50 \text{ mg/L}$) state of the water column regarding the DOC parameter, the status of all water bodies in the coastal waters of the eastern Adriatic Sea can be described as oligotrophic. The Gulf of Rijeka including the port of Rijeka, parts of Kvarner Bay (the Bay of Bakar), port of Pula, Lim Channel in the northern Adriatic (NA), as well as Brač-Split Channel, Kaštela Bay and Pašman-Zadar Channel in the middle Adriatic (MA) including transitional waters of the rivers Rječina, Mirna, Raša (NA) and Krka (MA) have been episodically mesotrophic-eutrophic during mainly summer and autumn months in surface and bottom layers.

Key words: DOC; TOC in sediment; Eastern Adriatic Sea; monitoring of transitional and coastal waters

Utjecaj daljinskog atmosferskog transporta na formiranje sulfatnih aerosola iznad sjevernog Jadrana

Boris, Mifka¹, Andreina, Belušić Vozila¹, Maja, Telišman Prtenjak², Irena, Ciglencečki³, Kristijan, Vidović⁴

¹Fakultet za Fiziku, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, ²Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, ³Laboratorij za fiziku mora i kemiju vodenih sustava, Zavod za istraživanje mora i okolisa, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, ⁴National Institute of Chemistry, Department of Analytical Chemistry, Ljubljana, Slovenia, Hajdrihova 19
e-mail: boris.mifka@phy.uniri.hr

Prisutnost sulfatnih aerosola utječe na morski okoliš. U atmosferi mijenjaju kiselost aerosola i utječu na kemijski sastav klora. U morskim ekosustavima, taloženje sulfatnih aerosola može osigurati hranjive tvari poput dušika i fosfora, što potencijalno utječe na rast fitoplanktona i unos CO₂. Glavna pretpostavka ovog istraživanja je da se stvaranje sulfatnih aerosola iznad sjevernog Jadrana 21. studenog 2023 može pripisati advekciji SO₂ iz izvora smještenih u dolini rijeke Pad. Ova pretpostavka proizlazi iz uočenog maksimuma modeliranih satnih koncentracija sulfata iz MERRA-2 reanalize, detektiranog u točki mreže iznad otoka Cresa između 3 i 4 UTC Jugozapadno strujanje u srednjim i višim slojevima atmosfere, povezano sa sinoptičkom dolinom, omogućilo je transport zračnih masa iz doline rijeke Pad prema sjevernom Jadranu. Za točku mreže iznad Cresa, gdje je zabilježen maksimum koncentracije sulfata, povratne putanje modela HYSPLIT koje završavaju na visini 3800 metara iznad tla ukazuju da su zračne mase iz doline rijeke Pad stigle u to područje otprilike 3 do 9 sati prije pojave maksimuma koncentracije sulfata pri tlu. Prema GOCART modelu, glavne noćne kemijske reakcije koje dovode do nastanka sulfata uključuju oksidaciju dimetil sulfida nitratnim radikalima (NO₃) pri čemu nastaje SO₂, koji se potom u oblacima oksidira vodikovim peroksidom (H₂O₂) stvarajući sulfat. Inventar emisija MERRA-2 ukazuje na postojanje više izvora SO₂ s različitim relativnim doprinosima, pri čemu prevladavaju antropogene emisije iz doline rijeke Po. Prolazak hladne fronte povezane s Genovskom ciklonom preko sjeverne Italije i sjevernog Jadrana vjerojatno je potaknuo razvoj konvektivnih oblaka te transportirao SO₂ u više slojeve atmosfere jugozapadnim strujanjem. SO₂ sudjeluje u reakcijama u vodenoj fazi, pri čemu nastaje sulfat u konvektivnim oblacima. Ovaj mehanizam je u skladu s visinskim strujanjem i vremenom prolaska hladne fronte prikazanim na sinoptičkim kartama Njemačke meteorološke službe, a dodatno je potvrđen analizama povratnih putanja HYSPLIT modela.

Ključne riječi: Sulfatni aerosol, Padska nizina, MERRA-2, Konvektivni razvoj, Hladna fronta

Influence of the Long-Range Atmospheric Transport on the Formation of Sulfate Aerosols over the North Adriatic

Boris, Mifka¹, Andreina, Belušić Vozila¹, Maja, Telišman Prtenjak², Irena, Ciglencčki³, Kristijan, Vidović⁴

¹*Faculty of Physics, University of Rijeka*², *Department of Geophysics, Faculty of Science, University of Zagreb*, ³*Laboratory for Physical Oceanography and Chemistry of Aquatic Systems, Division for Marine and Environmental Research*, ⁴*National Institute of Chemistry, Department of Analytical Chemistry, Ljubljana, Slovenia, Hajdrihova 19*
e-mail: boris.mifka@phy.uniri.hr

The presence of sulfate aerosols affects marine environments. In the atmosphere, they can alter aerosol acidity and influence chlorine chemistry. In marine ecosystems, deposition of sulfate aerosols can provide nutrients like nitrogen and phosphorus, potentially impacting phytoplankton growth and CO₂ uptake. This study investigates the hypothesis that the formation of sulfate aerosol particles over the Northern Adriatic on November 21st 2023, was driven by the advection of SO₂ from sources in the Po Valley. This assumption is based on a pronounced peak in hourly sulfate concentrations modeled by the MERRA-2 reanalysis, observed at a grid point above the island of Cres between 3 and 4 UTC. At the middle and upper levels, the SW flow associated with a synoptic trough transported the air from the river Po Valley toward the North Adriatic. For the Cres grid point, where the sulfate maximum was detected in MERRA-2, the backward HYSPLIT model trajectory ending at 3800 meters a.g.l. indicate that air mass from the Po Valley was advected into the region approximately 3 to 9 hours before the surface sulfate maximum. According to the GOCART model, key nighttime sulfate formation pathways include first the oxidation of Dimethyl sulfide by nitrate radicals (NO₃) yielding SO₂, and later the oxidation of SO₂ by H₂O₂ within clouds, leading to sulfate formation. The MERRA-2 emission inventory suggests multiple SO₂ sources with different relative contributions, where anthropogenic emissions from the Po Valley were dominant. The passage of a cold front associated with the Genoa cyclone over Northern Italy and the North Adriatic likely triggered the convective development. The SO₂ advected aloft by the SW flow participates in the aqueous phase reaction, producing sulfate in the convective clouds. This process is consistent with upper-level flow patterns and cold front timing depicted in the German Meteorological Service synoptic charts, aligning with HYSPLIT trajectories.

Keywords: Sulfate aerosol, Po Valley, MERRA-2, Convective

Evaluacija redoks statusa hrvatskih stratificiranih jezera

Alexey, Kamyshny^{1,2}, Irena, Ciglencečki¹, Željka, Fiket¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb, Hrvatska,* ²*Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel*
e.mail: alexey93@gmail.com

U ovom radu procijenjeni su redoks uvjeti u nekoliko hrvatskih jezera: Vransko jezero (otok Cres), jezero Prošće (Nacionalni park Plitvička jezera) i jezero Crniševo (Baćinska jezera). Dva glavna cilja ovog rada su: 1) utvrditi trenutačno redoks stanje jezera kako bi se otkrili mogući utjecaji klimatskih promjena na biogeokemijske procese i 2) procijeniti prikladnost tih jezera kao suvremenih analoga drevnih oceana. Jezera s feruginim (željeznim) i sulfidnim hipolimnionima mogu poslužiti kao analozi Arhejskih, odnosno Proterozojskih oceana. Rezultati su pokazali da je jezero Prošće, s koncentracijama sulfata u epilimniju od 40–50 μM , stratificirano tijekom toplijeg dijela godine i okarakterizirano anoksičnim i otopljenim Fe obogaćenim (do 6 μM) hipolimnionom. Stoga ovo jezero može poslužiti kao analog Arhejskog oceana. Vransko jezero ima više koncentracije sulfata u epilimniju (170–230 μM), a tijekom ljetne stratifikacije koncentracije sulfida u hipolimniju dosežu 6 μM . Takvi uvjeti čine ovo jezero zanimljivim sustavom za proučavanje prijelaza iz Arhejskog u Proterozojski ocean tijekom događaja oksigenacije (Great Oxygenation Event). Jezero Crniševo ima izuzetno neobičan obrazac stratifikacije, čija bi međugodišnja varijabilnost mogla biti snažno pod utjecajem klimatskih i hidrografskih (npr. razina mora) promjena. Ljeti jezero ima tri različita sloja: na dnu topla, boćata voda bogata sulfidima, iznad nje hladan slatkovodni sloj također okarakteriziran sulfidima, a na površini topao oksigeniran slatkovodni sloj. Zimi se gornja dva sloja miješaju i postaju oksigenirana, dok boćati sloj ostaje sulfidan. Buduća istraživanja trebala bi uključivati sezonsko/godišnje praćenje redoks uvjeta u jezerima, kao i detaljna istraživanja biogeokemijskih procesa koji se odvijaju u sedimentima jezera kao i njihov utjecaja na sastav vodenog stupca i obrnuto.

Ključne riječi: stratificirana jezera, otopljeno željezo, sulfidi, Arhejski ocean, Proterozojski ocean

Evaluation of the redox status of stratified Croatian lakes

Alexey, Kamyshny^{1,2}, Irena, Ciglencečki¹, Željka, Fiket¹

¹*Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Zagreb, Croatia*

²*Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel*

e-mail: alexey93@gmail.com

In this work, we have assessed the redox conditions in a number of Croatian lakes: Lake Vrana (Cres Island), Lake Prošće (Plitvice National Park), and Lake Crniševo (Baćina lakes). Two main goals of this work were 1) to assess the current redox status of the lakes in order to reveal possible impacts of changing climate on the biogeochemical processes in these lakes, and 2) to evaluate the applicability of the lakes as the modern analogs of the ancient oceans. Lakes with ferruginous and sulfidic hypolimnions may serve as analogs of the Archean and Proterozoic Oceans, respectively. Results demonstrated that Lake Prošće with epilimnetic sulfate concentrations 40-50 μM , is stratified during the warm period of the year and is characterized by the anoxic, dissolved iron-rich (up to 6 μM) hypolimnion. Thus, this lake may serve as an analog of the Archean Ocean. Lake Vrana has higher epilimnetic sulfate concentrations (170 – 230 μM), and during the summer stratification period hydrogen sulfide concentrations in the hypolimnion reach 6 μM . These settings make this lake an interesting system for studying the Archean – Proterozoic Ocean transformation during the Great Oxygenation Event. Lake Crniševo has extremely unusual stratification pattern, which interannual variability should be strongly affected by the climatic and hydrographic (e.g., sea level) variability. In summer, the lake has three distinct layers: warm brackish sulfidic water at the bottom, cold sulfidic freshwater layer above it, and warm oxic freshwater layer at the surface. In winter, the two upper layers are mixed and oxic, while the brackish waters remain sulfidic. Future studies should include seasonal/annual monitoring of the redox conditions in the selected lakes as well as detailed studies of the biogeochemical processes, which take place in the lake sediments and their impact on the water column composition as well as vice versa.

Key words: stratified lakes, dissolved iron, hydrogen sulfide, Archean Ocean, Proterozoic Ocean

Dubina odobalnog transporta sedimenta u Omišu i Dućama – otkud možemo vaditi pijesak za nasipavanje prirodnih pješčanih plaža?

Kristina, Pikelj¹, Lea, Lelas¹

¹*Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet Geološki odsjek*
e-mail: kpikelj@geol.pmf.hr

Plaže grada Omiša i područja Duća su neke od rijetkih pješčanih plaža na hrvatskoj obali. Pijesak je ovdje donesen rijekom Cetinom te raspoređen valovima i strujama duž obale. Urbanizacija, proces vađenja pijeska iz mora za potrebe građevinskih radova te izgradnja hidroelektrana na Cetini su tijekom 20. stoljeća promijenili količine pijeska koje stižu na obalu i na taj način poremetile budžet sedimenta. Posljedica toga danas je erozija plaža koja se povremeno nastoji ublažiti vađenjem pijeska iz mora neposredno uz obalu te njegovim nasipavanjem na plaže. U literaturi do sad nije pronađena izmjerena ili izračunata dubina odobalnog transporta sedimenta ovog prostora (dubina do koje se sediment kreće tijekom godine). Imajući na umu rijetkost pješčanih plaža i važnost njihovog očuvanja, tijekom 2023. godine provedeno je mjerenje njihovih profila na 5 odabranih lokacija u Omišu i Dućama kako bi se utvrdila dubina odobalnog transporta, prostor adekvatnog vađenja pijeska i utvrdile morfološke promjene na odabranim lokacijama, ovisno o meteorološkim i valnim prilikama. Morfološke promjene su povezane i s osnovnim karakteristikama sedimenta, a analizom svih prikupljenih podataka uspoređeni su rezultati izračunatih i izmjerenih dubina odobalnog transporta sedimenta i stabilnost plaža, te je procijenjena prikladnost jednogodišnjeg vremenskog okvira praćenja. Dobiveni podaci mogu se koristiti za potrebe upravljanja plažama, a poseban osvrt je dan na zajednice organizama pješčanih dna prekrivenih morskim cvjetnicama i antropogeni utjecaj u istraživanom prostoru.

Ključne riječi: antropogeni utjecaj, erozija odobalni transport sedimenta, profil plaže, upravljanje plažama

Depth of closure in Omiš and Duće – Where can we get sand to fill natural sandy beaches?

Kristina, Pikelj¹, Lea, Lelas¹

¹*University of Zagreb Faculty of Science Department of Geology*
e.mail: kpikelj@geol.pmf.hr

The beaches around the town of Omiš and the settlement of Duće are among the rare sandy beaches on the Croatian coast. The sandy sediment is brought by the Cetina River and distributed along the coast by waves and currents. Urbanization, the extraction of marine sand for construction purposes and the construction of hydroelectric power plants on the Cetina River have changed the amount of sand deposited on the coast over the 20th century and thus disturbed the sediment budget. The result is today's beach erosion, which is occasionally mitigated by beach nourishment with sand extracted from the sea immediately along the coast. The measured or calculated depth of closure (the depth to which the sediment moves during the year) of these beaches is not found in the literature. Considering the rarity of sandy beaches and the importance of their preservation, in 2023 their profiles were measured at 5 selected locations in Omiš and Duće to determine the depth of closure and the area of appropriate sand extraction, and to determine the morphological changes at selected locations depending on meteorological and wave conditions. Morphological changes are associated with fundamental sediment properties. By analysing all collected data, the results of calculated and measured depths of closure and beach stability were compared, and the suitability of a one-year monitoring period was assessed. The data obtained can be used for the beach management. Particular attention is paid to the benthic communities of sandy bottoms covered with seagrass and the anthropogenic influences in the study area.

Keywords: anthropogenic impact, erosion, depth of closure, beach profile, beach management

Odroni stijena kao izvor sedimenta žala na stjenovitim obalama

Igor, Ružić¹, Sanja, Dugonjić Jovančević¹, Čedomir, Benac¹

¹ *Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Rijeka, Radmile Matejčić 3*
e-mail: iruzic@uniri.hr

Stjenovite obalne litice, podložne različitim procesima trošenja i erozije su važan prirodni izvor sedimenta za žala u njihovom podnožju. Povlačenje klifova zbog erozije te odrona stijena imaju ključnu ulogu u dugoročnom oblikovanju obale i dinamici sedimenta, osobito u područjima gdje je riječni i bujični donos sedimenta ograničen. Na istočnoj obali Jadrana, posebice u Hrvatskoj, ovi su procesi jasno izraženi na mjestima gdje je karbonatna stijenska masa izrazito raspucana i okršena. U mnogim nenaseljenim ili slabo naseljenim područjima, poput okolice Stare Baške na otoku Krku i dijelova otoka Cresa, relativno česti odroni sa klifova nisu problematični – dapače, pridonose prirodnom balansu sedimenta šljunčanih žala. Suprotni se primjeri javljaju na urbaniziranim dijelovima obale, gdje su naselja i infrastruktura smješteni preblizu obale, odnosno ruba litica. U takvim slučajevima, kao što je to vidljivo na obalama gradova Rijeke i Crikvenice, odroni stijena predstavljaju opasnost te ih je nužno spriječiti zaštitnim mjerama. Međutim, na taj način se zaustavljaju prirodni procesi erozije i opskrbe sedimentima tijela žala, To često zahtijeva umjetnu nadoknadu sedimenta, uz posljedične ekonomske troškove i negativan utjecaj na okoliš. Ako se ne obavlja umjetna dohrana žala, ona se povlače, a prethodno provedene, uglavnom tzv. „sive“ mjere stabilizacije obale često nisu dovoljne. U radu će biti analizirani i uspoređeni ovi kontrastni primjeri – prirodna opskrba sedimentom nasuprot antropogenim ograničenjima – s ciljem prikaza dvostruke uloge nestabilnosti litica: kao geohazarda i geomorfološki korisnog prirodnog procesa.

Ključne riječi: obalna erozija, stjenovita obala, odroni stijena, žala, urbanizacija obale

Rockfalls as a Source of Beach Sediment on Rocky Coasts

Igor, Ružić¹, Sanja, Dugonjić Jovančević¹, Čedomir Benac¹

¹ *Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Rijeka, Radmile Matejčić 3*
e-mail: iruzic@uniri.hr

Rocky coastal cliffs, subject to various weathering and erosion processes, are an important natural source of sediment for the beaches at their toe. Cliff retreat due to erosion and rockfalls plays a significant role in the long-term shaping of the coastline and sediment dynamics, especially in areas where riverine and torrential sediment input is limited. On the eastern Adriatic coast, particularly in Croatia, these processes are clearly expressed in locations where the carbonate rock mass is heavily fractured and karstified. In many uninhabited or sparsely populated areas, such as the surroundings of Stara Baška on the island of Krk and parts of the island of Cres, relatively frequent rockfalls from cliffs are not problematic, in fact, they contribute to the natural sediment balance of gravel beaches. The opposite situation occurs in urbanized coastal areas, where settlements and infrastructure are located too close to the coastline or the cliff edge. In such cases, as seen along the coasts of Rijeka and Crikvenica, rockfalls pose a hazard and must be prevented through protective measures. However, this also halts natural erosion processes and the supply of sediment to beach bodies. As a result, artificial sediment replenishment is often required, with associated economic costs and negative environmental impacts. If artificial nourishment is not carried out, beaches tend to retreat, and previously implemented, mainly so-called “grey” coastal stabilization measures are often insufficient. This paper will analyze and compare these contrasting examples - natural sediment supply versus anthropogenic constraints - with the aim of highlighting the dual role of cliff instability: as both a geohazard and a geomorphologically beneficial natural process.

Key words: coastal erosion, rocky coast, rockfalls, beaches, coastal urbanization

Morfodinamičke promjene plaže u Brovinju

Matea Zupčić¹, Igor Ružić¹

¹*Građevinski fakultet Rijeka, Ulica Radmile Matejčić 3*

e-mail: iruzic@uniri.hr

U sklopu hrvatsko-talijanskog Interreg projekta RESONANCE istražuju se obalna klizišta i erozijski procesi na Jadranu, s ciljem boljeg upravljanja prirodnim rizicima. Razumijevanje tih procesa ključno je za procjenu rizika i dugoročno upravljanje obalnim prostorom. Jedna od istraživačkih lokacija je plaža Brovinje u Raškom zaljevu, oblikovana u fliškoj stijenskoj masi podložnoj ubrzanom raspadanju. Budući da se radi o prirodnoj plaži koja se koristi za rekreaciju i kupanje, geomorfološke promjene izravno utječu na sigurnost ljudi i dostupnost obalnog prostora. Time se dodatno ističe potreba za sustavnim praćenjem i pravovremenim upravljanjem rizicima. U okviru projekta prate se višegodišnje promjene žala i obalnih kosina. Preliminarni rezultati prve godine istraživanja pokazuju da su najveće promjene na plaži zabilježene nakon umjereno jakog juga, što jasno ukazuje na osnovne karakteristike prevladavajućih obalnih procesa. Metodologija se temelji na višekratnim snimanjima dronom visoke rezolucije i LiDAR skeniranju. Rezultati pokazuju značajnu redistribuciju sedimenta u smjeru okomito i uzdužno na obalu, pomicanje berme prema moru te eroziju viših dijelova žala. Na zapadnom dijelu zabilježena je erozija, dok se na istočnom dijelu opaža akumulacija šljunka. Zbog orijentacije plaže, obalnu dinamiku oblikuju valovi iz južnog smjera, a detaljno razumijevanje tih procesa zahtijeva dugotrajno praćenje. Terenska promatranja potvrdila su ubrzano trošenje fliške stijene, uz već prisutno lokalizirano smanjenje čvrstoće. Iako preliminarna analiza ne ukazuje na opasnost od globalne nestabilnosti padina, postoji mogućnost lokalnih odrona i klizanja. Osim trenutnih utjecaja intenzivnih vremenskih događaja, dugoročno je posebno zabrinjavajući očekivani porast razine mora. Zaključno, rezultati potvrđuju visoku osjetljivost žala Brovinje na kratkotrajne, ali intenzivne vremenske uvjete te ističu važnost monitoringa obalnih procesa za učinkovito upravljanje geološkim hazardima.

Ključne riječi: obalna erozija, morfološke promjene, valna energija, fliš

Beach morphodynamics in Brovinje

Matea, Zupčić¹, Igor, Ružić¹

¹*Faculty of Civil Engineering Rijeka, Ulica Radmile Matejčić 3*

e-mail: iruzic@uniri.hr

As part of the Croatian-Italian Interreg RESONANCE project, coastal landslides and erosion processes in the Adriatic are being studied with the aim of improving the management of natural hazards. Understanding these processes is crucial for risk assessment and long-term coastal zone management. One of the research sites is Brovinje Beach in the Raša Bay, formed in flysch rock mass that is prone to accelerated disintegration. Since this is a natural beach used for recreation and swimming, geomorphological changes directly affect public safety and access to coastal space. This further emphasizes the need for systematic monitoring and risk management. Within the project, multi-year changes to the beach and coastal slopes are being monitored. Preliminary results from the first year of research show that the most significant changes on the beach were recorded after a moderately strong southerly wind (jugo), clearly indicating the prevailing characteristics of coastal processes. The methodology is based on repeated high-resolution drone surveys and LiDAR scanning. The results reveal significant sediment redistribution both cross-shore and long-shore, berm shift seaward, and erosion of the upper parts of the beach. Erosion was as well recorded on the western side, while gravel accumulation was observed on the eastern side. Due to the beach orientation, coastal dynamics are shaped by waves approaching from the south, however detailed understanding of these processes requires long-term monitoring. Moreover, field observations confirmed the accelerated weathering of flysch rock, along with already present localized strength reduction. Although preliminary analysis does not indicate a risk of global slope instability, there is potential for localized rockfalls and landslides. In addition to the current impacts of intense weather events, the expected long-term sea level rise is particularly concerning. In conclusion, the results confirm the high sensitivity of Brovinje Beach to short-term but intense weather conditions and highlight the importance of monitoring of coastal processes for effective management of geological hazards.

Keywords: coastal erosion, morphological changes, wave energy, flysch

Utjecaj klimatskih promjena na populaciju mesojedne spužve *Lycopodina hypogea* u hladnomorskoj jami na otok Veli Garmenjask

Donat, Petricioli¹, Tatjana, Bakran-Petricioli², Hrvoje, Mihanović³, Milena, Ramov⁴

¹D.I.I.V. d.o.o. za ekologiju mora, voda i podzemlja, Sali, Hrvatska; ²Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb, Hrvatska; ³Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, Hrvatska; ⁴Javna ustanova Park prirode Telašćica, Sali, Hrvatska
e-mail: donatpetricioli@gmail.com

Hladnomorske jame (HJ) nastaju kada more u među-ledenim geološkim dobima preplavi već formirane krške jame u obalnom području. U zimskim mjesecima se u HJ „ulijeva” specifično gušća morska voda i u njima ostaje dugo, sve dok je ne istisnu sljedeći događaji „ulijevanja”. Ekološki uvjeti u takvim jamama vrlo su slični kao u dubokom moru (stabilna niska temperatura, nedostatak svjetlosti, manjak hrane) pa se u njima uspješno mogu „useliti” dubokomorski organizmi, čije ličinke izdizanjem vodenih masa stižu iz dubokog mora. HJ predstavljaju staništa koja možemo naći uz krške obale Sredozemnog mora, pa tako i uz obale Jadranskog mora. Ulazi u HJ s batijalnim elementima mogu se naći na stjenovitom dnu na raznim dubinama. Jedna takva jama se nalazi uz otočić Veli Garmenjask u Parku prirode Telašćica. Ona je posebna po tome što je u njoj 2000. godine, na dubini od 24 m, pronađena populacija dubokomorskih mesojednih spužvica vrste *Lycopodina hypogea* (zasad jedini takav nalaz u Jadranskom moru). Od 2000. godine do danas, uz praćenje stanja populacije spužvica, u više je perioda trajnim snimačima mjerena temperatura mora u jami (kod spužvica na dubini ~ 24 m i ispod njih, na ~ 30 m te na ~ 24 m u neposrednoj blizini izvan jame). Tijekom praćenja uvjeta u moru kroz 24 godine, zabilježen je porast temperature staništa mesojedne spužvice, okolnog mora te u dubini jame na 30 m. Populacija spužvi koja je prilikom pronalaska 2000. godine brojala više stotina jedinki, danas je gotovo nestala. Rezultati ukazuju na posljedice porasta temperature mora u HJ Jadrana, porast temperature mora u HJ na Velom Garmenjaku, te nestanak populacije spužvice *L. hypogea* i njihovog plijena. Stoga je neophodno trajno pratiti temperaturu mora u takvim staništima.

Ključne riječi: morske špilje s batijalnim elementima, dubokomorske spužve, trajno praćenje temperature mora, Jadransko more

Climate change impact on *Lycopodina hypogea* carnivorous sponge population in cold water pit on Veli Garmenjak Island

Donat, Petricioli¹, Tatjana, Bakran-Petricioli², Hrvoje, Mihanović³, Milena, Ramov⁴

¹D.I.I.V. Ltd., for marine, freshwater and subterranean ecology, Sali, Croatia; ²University of Zagreb Faculty of Science, Department of Biology, Zagreb, Croatia; ³Institute of Oceanography and Fisheries, Split, Croatia; ⁴Public Institution Nature Park Telašćica, Sali, Croatia
e-mail: donatpetricioli@gmail.com

Coldwater marine pits (CWMP) are formed when the sea floods already formed karst pits in the coastal area during interglacial periods. During the winter months, specifically denser seawater "sinks" into such pits and remains there for a long time, until it is displaced by subsequent "sinking" events. The ecological conditions in such pits are very similar to those in the deep sea (stable low temperature, lack of light, lack of food), so deep-sea organisms, whose larvae arrive from the deep sea during upwellings, can successfully "settle" in them. CWMP represent habitats that can be found along the karst coasts of the Mediterranean Sea and also of the Adriatic Sea. Entrances to CWMP with bathyal elements can be found on rocky bottoms at various depths. One such pit is located next to the islet of Veli Garmenjak in the Telašćica Nature Park. It is special because in 2000, at a depth of 24 m, a population of deep-sea carnivorous sponges *Lycopodina hypogea* was found there (so far, the only such finding in the Adriatic Sea). From 2000 to the present, in addition to monitoring the state of the sponge population, the sea temperature in the pit has been measured with permanent recorders in several periods (next to the sponges at a depth of ~ 24 m and below, at ~ 30 m and at ~ 24 m in the immediate vicinity outside the pit). Since the beginning of measurements 24 years ago, the sea temperature has increased, not only in the surrounding sea but also in the carnivorous sponge habitat, and in the pit at 30 m depth. In the period from its discovery in 2000 to the present day, the sponge population, which initially numbered several hundred individuals, has almost disappeared. The presentation will discuss the ecological consequences of rising sea temperatures in Adriatic CWMP: the rise in sea temperatures in the CWMP at V. Garmenjak, its impact on *L. hypogea* sponges and their prey, and the very likely disappearance of sponge population. The results of the work show necessity for permanent monitoring of sea temperature in such habitats.

Key words: marine caves with bathyal elements, deep-sea sponges, continuous monitoring of sea temperature, Adriatic Sea

Novi greben u kvartu: biokonstrukcija busenastog koralja *Cladocora caespitosa* u priobalju Omiša (istočna obala Jadranskog mora)

Silvija, Kipson¹, Josip, Boban², Jelena, Kurtović-Mrčelić²

¹SEAFAN – obrt za znanstvene i stručne usluge, Voltino 14, 10000 Zagreb, Hrvatska, ²Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode na području Splitsko-dalmatinske županije „More i krš”, Prilaz braće Kaliterna 10, 21000 Split, Hrvatska
e-mail: silvija.kipson@gmail.com

Endemski koralj *Cladocora caespitosa* jedan je od glavnih graditelja grebena, staništa velike ekološke vrijednosti u Sredozemnom moru. I dok se morski toplinski valovi uzrokovani globalnim zagrijavanjem trenutno smatraju njegovom glavnom prijetnjom, što ga čini i dobrim pokazateljem klimatskih promjena, populacije *C. caespitosa* ozbiljno ugrožavaju i invazivne vrste, eutrofikacija, pojava sluzavih algnih nakupina, zagađenje, destruktivne ribolovne prakse i obalna izgradnja. Danas su njegove veće živuće biokonstrukcije vrlo rijetke a populacije su u opadanju, što je alarmiralo IUCN da ga uvrsti na Crvenu listu kao ugroženu vrstu te je dodatno naglasilo potrebu za unapređivanjem znanja o njegovoj rasprostranjenosti, demografiji i statusu. U sklopu projekta Interreg Italija – Hrvatska CASCADE kartirali smo (upotrebom podvodne fotogrametrije) prethodno nepoznati greben u priobalju Omiša, u blizini južne granice Natura 2000 područja Ušće Cetine (HR3000126) te smo utvrdili stanje njegove očuvanosti (analizom podvodnih fotografija kvadrata 50 x 50 cm). Glavni greben se prostire od 24,6 do 28 m dubine, što ga čini trenutno najdubljim poznatim grebenom *C. caespitosa* u Jadranu, i zauzima površinu od 36,1 m². Uz njega, na površini od barem 300 m² se prostire naselje *C. caespitosa* sastavljeno od brojnih manjih kolonija. Na razini grebena, prosječna pokrovnost živih polipa iznosila je 45,03 ± 42,09% (± SD, n = 52), i bila je najviša u njegovom najdubljem dijelu (27-28 m dubine, 86,78 ± 19,63%). Iako ne možemo isključiti vjerojatnost prethodnog mortaliteta uzrokovanog zagrijavanjem mora, uspostava *in-situ* praćenja temperature mora visoke rezolucije (od 5 do 30 m dubine) će uvelike pomoći pri razjašnjavanju utjecaja morskih toplinskih valova na ovu populaciju u budućnosti. Utvrdili smo i druge prijetnje te ćemo diskutirati potencijalne mjere očuvanja, s ciljem da se smanji direktni antropogeni pritisak na ovu neprocjenjivu prirodnu baštinu Sredozemlja.

Ključne riječi: indikatori klimatskih promjena, Jadransko more, koralj, *Cladocora caespitosa*, greben

New bank on the block: Bushy coral *Cladocora caespitosa* bioconstruction near the coast of Omiš (Eastern Adriatic Sea)

Silvija, Kipson¹, Josip, Boban², Jelena, Kurtović-Mrčelić²

¹ SEAFAN – Marine Research & Consultancy, Voltino 14, 10000 Zagreb, Croatia, ²Public Institution for the Management of Protected Areas in the County of Split and Dalmatia – „Sea and Karst”, Prilaz braće Kaliterna 10, 21000 Split, Croatia
e-mail: silvija.kipson@gmail.com

Endemic coral *Cladocora caespitosa* is one of the main reef-builders in the Mediterranean Sea, forming habitats of great ecological value. While warming-induced mortality from marine heatwaves is currently considered as the main threat to *C. caespitosa*, making it a valuable indicator of climate change, its populations also face severe risks from invasive species, eutrophication, mucilage outbreaks, pollution, destructive fishing practices and coastal development. Nowadays, extensive living bioconstructions of this coral are very rare and its populations are in decline, prompting the inclusion of species as Endangered in the IUCN Red List and urging for improved knowledge on its distribution, demography and status. In the scope of the Interreg Italy – Croatia project CASCADE we have mapped (using underwater photogrammetry) the previously unknown bank located near the coast of Omiš, adjacent to the southern border of the Natura 2000 site Cetina Estuary (HR3000126) and have assessed its conservation status (based on photosampling of replicate 50 x 50 cm quadrats). The main bank stretches from 24.6 m to 28 m depth, being the deepest *C. caespitosa* bank reported to date in the Adriatic, and it occupies an area of 36.1 m². An extensive *C. caespitosa* bed with numerous smaller colonies is also present nearby, scattered over an area of at least 300 m². At the reef/bank scale, the mean percentage of live coral cover amounted to 45.03 ± 42.09% (± SD, n = 52), being the highest in its lower part (27-28 m depth; 86.78 ± 19.63%). While previous warming-induced mortality cannot be ruled out, initiation of *in-situ* high-resolution seawater temperature monitoring (from 5 till 30 m depth) will help elucidate the effect of marine heatwaves on this population in the future. Other threats are also identified and potential conservation measures will be discussed, in an attempt to alleviate more manageable, direct anthropogenic pressures on this precious Mediterranean natural heritage.

Key words: climate change indicators, Adriatic Sea, coral, *Cladocora caespitosa*, reef

Monitoring busenastog koralja *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) u akvatoriju otoka Iža na rtu Parda

Marija, Jurica¹, Slavica, Čolak²

¹Ronilački klub „KPA ZADAR“, Obala kneza Trpimira 12a, 23000 Zadar

² Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadare-mail: kpazadar@gmail.com

Busenasti koralj *Cladocora caespitosa* je endem i jedna od grebenotvorna vrsta koralja u Sredozemnom moru. Naseljava različita morska staništa, od pomičnog do čvrstog dna, te gradi pojedinačne kolonije ili grebene, pri čemu rast i morfologija ovise o okolišnim uvjetima, osobito dinamici morske vode. Osjetljiv je na okolišne promjene, osobito povišenje temperature, i dodatno ugrožen sve izraženijim antropogenim pritiscima, što može rezultirati degradacijom tkiva i uginućem kolonija. U sklopu prve faze projekta *ReefQuest – Cladocora caespitosa Exploration* provedeno je istraživanje populacije *C. caespitosa* na lokalitetu rt Parda (otok Iž), koji je preliminarnim istraživanjima identificiran kao najgušća poznata populacija ove vrste u akvatoriju otoka. Istraživanje je provedeno na tri dubine (5, 10 i 15 metara) duž transekata duljine 100 metara, pri čemu je analizirana ukupna površina od 200 m² po dubinskoj razini. Sve zabilježene kolonije (N=95) su izmjerene, a dokumentirano je i njihovo zdravstveno stanje s naglaskom na udio mrtvog tkiva. Stanje kolonija na dubini od 15 metara (N=64) pokazuje da je 90,57% potpuno živo, 3,77% uginulo, dok je 5,66% djelomično živo. Prosječne dimenzije kolonija su 8,2 cm (širina), 6,3 cm (najuži promjer) i 4,0 cm (visina). Od ukupnog broja zabilježenih kolonija, 90,57% pričvršćeno je na kamenu podlogu, dok je 9,43% kolonija bilo odvojeno od podloge uslijed nekog mehaničkog utjecaja. Ovo istraživanje predstavlja prvi sustavni uvid u strukturu i stanje populacije *Cladocora caespitosa* na lokalitetu rt Parda te osigurava osnovu za buduće dugoročno praćenje dinamike populacije u odnosu na okolišne čimbenike i potencijalne antropogene pritiske. Zaključno, rezultati istraživanja omogućuju bolju procjenu ranjivosti ove vrste u kontekstu klimatskih promjena i pružaju referentnu točku za usporedbu s drugim populacijama unutar Sredozemlja.

Ključne riječi: Busenasti koralj, *Cladocora caespitosa*, monitoring, klimatske promjene

Monitoring of the bushy coral *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) in the waters around the island of Iž at Cape Parda

Marija, Jurica¹, Slavica, Čolak²

¹*Diving Club "KPA ZADAR", Obala kneza Trpimira 12a, 23000 Zadar*

²*University of Zadar, Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadar*

e-mail: kpazadar@gmail.com

The cushion coral *Cladocora caespitosa* is an endemic species and one of the reef-building corals in the Mediterranean Sea. It inhabits a variety of marine habitats, from mobile to hard substrates, forming either individual colonies or reef structures, with growth and morphology depending on environmental conditions, particularly water dynamics. It is highly sensitive to environmental changes, especially temperature increase, and is further threatened by intensifying anthropogenic pressures, which can result in tissue degradation and colony mortality. Within the first phase of the project ReefQuest – *Cladocora caespitosa* Exploration, a population survey of *C. caespitosa* was carried out at Cape Parda (island of Iž), identified in preliminary research as the densest known population of this species in the island's waters. The survey was conducted at three depths (5, 10, and 15 meters) along 100-meter transects, covering a total area of 200 m² per depth level. All recorded colonies (N=95) were measured, and their health status was documented, with special attention to the proportion of dead tissue. At a depth of 15 meters (N=64), 90.57% of colonies were found to be completely alive, 3.77% dead, and 5.66% partially alive. Average colony dimensions were 8.2 cm (width), 6.3 cm (minimum diameter), and 4.0 cm (height). Of the total number of recorded colonies, 90.57% were attached to rocky substrate, while 9.43% were detached due to some mechanical impact. This study provides the first systematic insight into the population structure and condition of *Cladocora caespitosa* at Cape Parda and establishes a baseline for future long-term monitoring of population dynamics in relation to environmental factors and potential anthropogenic pressures. In conclusion, the results allow for a more accurate assessment of the species' vulnerability in the context of climate change and provide a reference point for comparison with other populations across the Mediterranean.

Keywords: Cushion coral, *Cladocora caespitosa*, monitoring, climate change

Novopridošle vrste riba u Jadranskom moru u razdoblju 2020.-2025.

Jakov, Dulčić¹

¹*Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, Šetalište Ivana Meštrovića 63
e.mail dulcic@izor.hr*

Za razdoblje 2021. – 2025., na popis ihtiofaune Jadrana dodano je pet novih vrsta riba. Među novim vrstama su: *Remora brachyptera* (Echeneidae), *Cheilopogon heterurus* (Exocetidae), *Acanthurus monroviae* (Acanthuridae) i *Salmo salar* (Salmonidae) te predstavnik roda *Heniochus*. Jedan primjerak *Remora brachyptera* (Lowe, 1839) ulovljen je pridnenom kočom u istočnom dijelu Jadranskog mora u lipnju 2021. Ovaj nalaz predstavlja prvi dokumentirani zapis ove vrste iz Jadranskog i Sredozemnog mora. Primjerak *Cheilopogon heterurus* ulovljen uz istarski poluotok te predstavlja značajan nalaz za sjeverni Jadran i potvrđuje prvi nalaz u Jadranu. Višestruka opažanja (najmanje osam puta) *Acanthurus monroviae* izvršena su u kratkom vremenskom razdoblju između lipnja i kolovoza 2024. na lokacijama u Kostreni (istočni sjeverni Jadran). Svi ovdje predstavljeni zapisi prvi su zapisi ove vrste za Jadransko more i najsjeverniji za područje Sredozemlja. Dva primjerka lososa (*Salmo salar*) ulovljena su tijekom komercijalnog ribolova na području Istarskog poluotoka, što predstavlja prvi dokumentirani nalaz ove vrste i u Jadranskom moru i u Sredozemlju. Predstavnik roda *Heniochus* uočen je 11. rujna 2024. u malom zaljevu pored grada Ploče uz hrvatsku obalu.

Ključne riječi: novopridošle vrste riba, kontrolni popis riba, prvi nalaz, Jadransko more,

Newly arrived fish species in the Adriatic Sea in the period 2020-2025

Jakov, Dulčić¹

¹*Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, Šetalište Ivana Meštrovića 63*
e-mail: dulcic@izor.hr

For the period 2021-2025, 5 new fish species have been added to the list of ichthyofauna of the Adriatic. Among the new species are: *Remora brachyptera* (Echeneidae), *Cheilopogon heterurus* (Exocetidae), *Acanthurus monroviae* (Acanthuridae) and *Salmo salar* (Salmonidae) and a representative of the genus *Heniochus*. One specimen of *Remora brachyptera* (Lowe, 1839) was caught by bottom trawl in the eastern part of the Adriatic Sea in June 2021. This finding represents the first documented record of this species from the Adriatic and Mediterranean Seas. The specimen of *Cheilopogon heterurus* caught off the Istrian peninsula represents a significant find for the northern Adriatic and confirms the first find in the Adriatic. Multiple sightings (at least eight times) of *Acanthurus monroviae* were made in a short period of time between June and August 2024 at locations in Kostrena (eastern northern Adriatic). All records presented here are the first records of this species for the Adriatic Sea and the northernmost for the Mediterranean region. Two specimens of salmon (*Salmo salar*) were caught during commercial fishing in the Istrian Peninsula, which represents the first documented finding of this species in both the Adriatic Sea and the Mediterranean. A representative of the genus *Heniochus* was observed on September 11, 2024 in a small bay near the town of Ploče along the Croatian coast.

Key words: newly arrived fish species, fish checklists, first records, Adriatic Sea

Uloga građanske znanosti u prikupljanju podataka o morskim psima s osvrtnom na važne recentne nalaze u Jadranskom moru

David, Udovičić¹

¹*Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište Ivana Meštrovića 63*
e-mail: udovicic@izor.hr

Jadransko more prirodno je stanište za više od 30 vrsta morskih pasa. Zbog mnogobrojnih razloga kao što su prekomjerni izlov, degradacija staništa i nedostatak plijena gotovo je svim vrstama brojnost i biomasa u Jadranskom moru u stalnom opadanju. Unatoč tome, ciljana istraživanja koja bi ponudila odgovore na osnovna pitanja poput zastupljenosti pojedinih, osobito većih i migratornih vrsti, njihovoj brojnosti, smjerovima migracija, razmnožavanju i slično gotovo da se uopće ne provode. Međutim, u suradnji s građanima, u prvome redu ribarima, a potom i nautičarima znanstvenici uspijevaju dobiti informacije - podatke o dijelu nalaza i na taj način malo dopuniti skromnu statistiku. Zahvaljujući toj suradnji proteklih su godina zabilježene pojedine vrste koje su se neko vrijeme smatrale regionalno izumrlima. U ovome će predavanju biti ponuđen pregled značajnih recentnih nalaza u cilju naglašavanja važnosti građanske znanosti i doprinosa koji oni u ovom polju biologije mogu ponuditi. Nadalje, biti će prezentirani izazovi sa kojima su suočeni znanstvenici prilikom prikupljanja podataka o morskim psima, ali i izazovi s kojima su suočeni građani koji se sa nama nerijetko pribojavaju podijeliti informacije što za znanstvenu zajednicu u slučaju ugroženih vrsti predstavlja veliki gubitak. Više pouzdanih podataka o biologiji i ekologiji ovih organizama i jasniji uvid u njihovo brojčano stanje i rasprostranjenost zasigurno bi predstavljali važan korak za poduzimanje mjera zaštite i očuvanja njihove brojnosti.

Ključne riječi: morski psi, građanska znanost, ihtiologija, regionalno izumrle vrste

The Role of Citizen Science in Collecting Data on Sharks with a Focus on Important Recent Findings in the Adriatic Sea

David, Udovičić¹

*¹Institute of Oceanography and Fisheries, Šetalište Ivana Meštrovića 63
udovicic@izor.hr*

The Adriatic Sea is a natural habitat for more than 30 shark species. Due to numerous factors-such as overfishing, habitat degradation, and prey scarcity-the abundance and biomass of almost all species in the Adriatic are in continuous decline. Nevertheless, targeted research that could answer basic questions about the distribution of specific species-especially large and migratory ones - their population sizes, migration patterns, reproduction, and similar questions is hardly being conducted. However, through collaboration with citizens-primarily fishers, and also recreational boaters-scientists have been able to gather data on certain findings and thus slightly supplement the scarce statistics. Thanks to this cooperation, in recent years, some species that were previously considered regionally extinct have been recorded again. This presentation will offer an overview of significant recent findings in order to emphasize the importance of citizen science and the contributions it can offer in this field of biology. Furthermore, it will highlight the challenges scientists face when collecting data on sharks, as well as the challenges citizens encounter-particularly the fear of sharing information with scientists, which often results in a significant loss for the scientific community, especially when dealing with endangered species. More reliable data on the biology and ecology of these organisms, as well as a clearer understanding of their population size and distribution, would undoubtedly represent an important step toward implementing conservation and protection measures.

Keywords: sharks, citizen science, ichthyology, regionally extinct species

Luc – “novi igrač” u ekosustavu sjevernog Jadrana: jedna od posljedica klimatskih promjena

Vjekoslav Tičina¹

¹*Institute of oceanography and fisheries – Split, CROATIA*

e-mail: ticina@izor.hr

Uslijed globalnog zatopljenja, luc (*Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810), dobro poznata vrsta iz srednjeg i južnog dijela Jadrana, širi svoje područje rasprostranjenosti prema sjeveru, pa je danas prisutan u cijelom Jadranu. Luc je jedna od termofilnih vrsta krupne pelagijske ribe kojoj bi trenutne klimatske promjene (zagrijavanje mora) mogle pogodovati. Luc danas predstavlja jednu od rijetkih neugroženih vrsta riba u Jadranu koja može biti vrlo zanimljiva kako u gospodarskom, tako i u sportsko-rekreacijskom ribolovu. Trenutačni gospodarski značaj ulova luca u Hrvatskoj nije velik, jer se u gospodarskom ribolovu daleko više pozornosti posvećuje ulovu puno vrijednije plavoperajne tune, ali u socio-ekonomskom i gastronomskom smislu, luc može biti vrlo zanimljiva zdrava hrana iz mora, ekonomski pristupačnija domaćim potrošačima od (pre)skupe plavoperajne tune. Dosadašnja ribarstvena istraživanja u Jadranskom moru posvećivala su malo pozornosti ovoj ribi, a koja bi mogla biti zanimljiva znanstvenicima u budućim istraživanjima ribarstva, posebice kao “novi predator” male plave ribe u trenutno promjenjivom pelagijskom ekosustavu sjevernog Jadrana. Očekuje se da će povećana brojnost luca u sjevernom dijelu Jadrana povećati prirodnu smrtnost naselja sitne plave ribe i posljedično smanjiti njihovu otpornost na ribolovno iskorištavanje.

Ključne riječi: luc, sjeverni Jadran, ekosustav, zagrijavanje mora

Little tunny – “new player” in the North Adriatic’s ecosystem: a consequence of climate change

Vjekoslav Tičina¹

¹*Institute of oceanography and fisheries – Split, CROATIA*

e-mail: ticina@izor.hr

Due to the global warming, little tunny (*Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810), a well-known species from the middle and southern part of the Adriatic Sea, is expanding its distribution northwards, and nowadays is present throughout the entire Adriatic Sea. Little tunny is a thermophilic large pelagic fish species that could benefit from current climate change (sea warming). Little tunny today represents one of the rare non-endangered fish species in Adriatic that can be very interesting in commercial as well as in sport and recreational fishing. Current economic importance of little tunny’s catches in Croatia is not great, because far more attention in commercial fishing is paid to catching the more valuable bluefin tuna, but in terms of socio-economy and gastronomy, little tunny can be a very interesting healthy sea-food, more affordable for the domestic consumers than the (too) expensive bluefin tuna. Fisheries research in the Adriatic Sea paid a little attention on little tunny so far, and it may also be interesting for scientists in future fisheries research, particularly as a “new predator” on small pelagic fish in currently changing north Adriatic pelagic ecosystem. It is expected that increased abundance of little tunny in the northern part of the Adriatic will increase natural mortality rates in small pelagic fish stocks and consequently reduce their resilience to fisheries exploitation.

Key words: Little tunny, northern Adriatic, ecosystem, sea warming

Utjecaj klimatskih promjena na populaciju inćuna (*Engraulis encrasicolus*) u Jadranskom moru

Romina, Kraus¹, Nastjenjka, Supić¹

¹ Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora, Giordana Paliage 5, Rovinj, Hrvatska
e-mail: kraus@cim.irb.hr

Jedna od najvažnijih vrsta u ekosustavu Jadranskog mora je sitna plava riba, inćun *Engraulis encrasicolus*, koji predstavlja važan trofički nivo i ribolovni resurs u Jadranskom moru. Naša prethodna istraživanja pokazala su da specifični oceanografski zimski uvjeti sjevernog Jadrana igraju ključnu ulogu za populaciju inćuna u Jadranu. Prema njima je opseg populacije inćuna u Jadranu u određenoj godini kontroliran zimskim oceanografskim uvjetima na početku godine, u razdoblju prije mrijesta, intenzitetom širenja slatke vode rijeke Po bogate hranjivim tvarima u ovom području. Naše istraživanje pokazalo je da su zimski uvjeti povoljni za inćune postali učestaliji posljednjih godina te da će, zbog klimatskih promjena u Jadranu, takvi biti i u budućnosti. Međutim, uočeno je da su se u sjevernom Jadranu u jesen od 2016. do 2018. godine populacije inćuna smanjile, unatoč povoljnim oceanografskim zimskim uvjetima tijekom tog razdoblja. Vjerujemo da je to zbog kompeticije za hranu između inćuna i ktenofore *Mnemiopsis leidyi*, morskog oraha. Ova invazivna vrsta najvjerojatnije je u Jadran unesena balastnim vodama i prisutna je u sjevernom Jadranu od 2016. godine. Zimi, mali broj jedinki *M. leidyi* preživi hladne uvjete, ali abundancija ove vrste značajno naraste ljeti i u jesen. U tom periodu inćuni i *M. leidyi* ulaze u kompeticiju za hranu. Vjerujemo da je ovaj kompeticijski odnos uzrokovao bijeg inćuna iz područja gdje je abundancija *M. leidyi* bila izrazito visoka, ali da nije negativno utjecao na ribolov inćuna u Jadranu, barem zasad. Zaključno, utjecaj klimatskih promjena na inćune u Jadranu ostaje nepoznanica. S jedne strane, može se očekivati povećanje populacije inćuna, dok s druge strane, kompeticija za hranu s invazivnom *M. leidyi* mogla bi ozbiljno smanjiti populaciju inćuna, kao što je bio slučaj u Crnom moru.

Ključne riječi: *Engraulis encrasicolus*, *Mnemiopsis leidyi*, klimatske promjene, Jadransko more, ribarstvo

The impact of climate change on anchovy (*Engraulis encrasicolus*) stocks in the Adriatic Sea

Romina, Kraus¹, Nastjenjka, Supić¹

¹*Ruđer Bošković Institute, Center for Marine Research, Giordana Paliage 5, Rovinj, Croatia*
e-mail: kraus@cim.irb.hr

One of the most important species in the Adriatic ecosystem is a small pelagic fish, the anchovy *Engraulis encrasicolus*, which represents an important trophic level and fishery resource in the Adriatic Sea. Our previous studies have shown that the specific oceanographic winter conditions of the northern Adriatic play the key role for the anchovy stock in the Adriatic. The size of anchovy stock in the Adriatic in a given year is controlled by the winter oceanographic conditions at the beginning of the year, in the pre-spawning period, by the degree of spreading of the nutrient-rich freshwater of the Po River in this area. Our research showed that winter conditions favourable to anchovies have become more frequent in recent years and are expected to be the same in the near future due to climate changes in the Adriatic. However, it was observed that anchovy stocks in the northern Adriatic have decreased in autumn of 2016 to 2018, despite favourable oceanographic winter conditions in this period. We believe that this is due to food competition between the anchovy and the ctenophore *Mnemiopsis leidyi*, the sea walnut. This invasive species was most likely introduced to the Adriatic by ballast water and has been present in the northern Adriatic since 2016. In winter, only a few specimens of *M. leidyi* survive the cold conditions, but abundance increases significantly in summer and autumn. During this period, anchovies and *M. leidyi* compete for food. We believe that this competition has caused the anchovy to flee the area where *M. leidyi* was very abundant, without any negative impact on the anchovy fishery in the Adriatic, at least for the time being. To summarise, the impact of climate change on anchovies in the Adriatic remains questionable. On the one hand, an increase in anchovy production can be expected, but on the other hand, competition for food with the invasive *M. leidyi* could seriously deteriorate the anchovy stock, as was the case in the Black Sea.

Key words: *Engraulis encrasicolus*, *Mnemiopsis leidyi*, climate changes, Adriatic Sea, fishery

Kondicioniranje mediteranske dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) u recirkulacijskim akvatičnim sustavima

Petar, Zuanović¹, Lav, Bavčević¹, Tomislav, Šarić¹, Ivan, Župan¹

¹Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg Kneza Višeslava 9, Zadar
e-mail: pzuanovic22@unizd.hr

Na uzgoj mediteranske dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) u Jadranskom moru i njezinu kvalitetu sve značajnije utječu klimatske promjene. Jedan od pokazatelja kvalitete jest indeks kondicije (IK = masa suhog mesa / masa ljuštura) koji u ljetnim mjesecima, kada je tržišna potražnja najveća, opada uslijed visokih temperatura mora i smanjenog dotoka vode s kopna, odnosno nedostatka hrane. Uzgoj u recirkulacijskim sustavima predstavlja siguran te kontinuiran rast i razvoj ovoga školjkaša. U ovom radu je procijenjen utjecaj količine hrane, od 3%, 4,5% i 6% suhe tvari jednostanične alge (*Tisochrysis lutea*) po gramu suhe tvari mesa, koja je određena uzorkovanjem prije aklimatizacije, na IK dagnje, na tri temperature (12, 18 i 24°C). U bazene zapremine 120 litara (9 jedinica) nasađeno je po 105 jedinki mediteranske dagnje. Po tri bazena su bila u liniji s jednim biofilterom s istom temperaturom mora, gdje je svaki bazen bio na različitom režimu hranidbe. Nakon tjedan dana aklimatizacije, započelo je razdoblje hranidbe u trajanju od 15 dana, a potom i razdoblje gladovanja u trajanju od 15 dana te je nakon 37 dana uzorkovano po 15 jedinki iz svakog bazena radi određivanja duljine, mase, mase suhog mesa i izračuna IK. Dobiveni rezultati analizirani su dvosmjernom analizom varijance. Povećanje temperature je imalo znatno slabiji učinak na porast indeksa kondicije od povećanja veličine dnevnog obroka. Najveći prosječni porast IK (48%), u odnosu na onaj prije hranjenja, je ostvaren dnevnim obrokom od 6%, zatim 34% na obroku od (4,5%) i najmanji (6,5%) na obroku od 3%.

Ključne riječi: *Mytilus galloprovincialis*, *Tisochrysis lutea*, indeks kondicije, klimatske promjene, recirkulacijski sustav

Conditioning of the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) in Recirculating Aquaculture Systems

Petar, Zuanović¹, Lav, Bavčević¹, Tomislav, Šarić¹, Ivan, Župan¹

¹University of Zadar, Department of Ecology, Agriculture and Aquaculture, Trg Kneza Višeslava 9, Zadar
e-mail: pzuanovic22@unizd.hr

The cultivation of the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) in the Adriatic Sea and its quality, is increasingly influenced by climate change. One of the key indicators of mussel quality is the condition index (CI = dry meat weight/shell weight), which tends to decline during the summer months, when market demand is highest, due to elevated seawater temperatures and reduced freshwater inflow from land, leading to reduced food availability for mussels. Recirculating aquaculture systems (RAS) offer a controlled environment that enables stable and continuous growth and development of this bivalve species. This study assessed the effect of three different feeding rates—3%, 4.5%, and 6% of dry weight of the microalga *Tisochrysis lutea* per gram of mussel dry meat, determined by sampling prior to acclimatization, on the condition index of Mediterranean mussels at three different temperatures (12°C, 18°C, and 24°C). A total of 105 mussels were placed in nine 120-liter tanks. Three tanks per temperature regime were connected to a shared biofilter and each operated under a different feeding regime. After a one-week acclimatization period, the mussels were subjected to a 15-day feeding phase followed by a 15-day starvation phase. At the end of the experiment, after 37 days, 15 mussels were sampled from each tank to determine shell length, total weight, dry meat weight, and to calculate the condition index. The obtained data were analyzed using two-way ANOVA. Temperature showed a significantly weaker effect on the condition index compared to the daily feeding rate. The highest average increase in CI (48%), compared to the one before feeding, was observed at the 6% feeding rate, followed by a 34% increase at 4.5%, and the lowest increase (6.5%) at the 3% feeding rate.

Keywords: *Mytilus galloprovincialis*, *Tisochrysis lutea*, fitness index, climate change, recirculation system

Preliminarni podaci o značajkama ishrane odraslih jedinki salpe, *Sarpa salpa* (Linnaeus 1758) u Medulinskom zaljevu

Ena, Radić Manestar¹, Neven, Iveša², Ljiljana, Iveša³, Gioconda, Milotti², Ines, Kovačić², Emina, Pustijanac², Moira, Buršić², Paolo, Paliaga²

¹Sveučilišni odjel za studije mora, Sveučilište u Splitu, Ruđera Boškovića 37, 21000 Split, Hrvatska,

²Fakultet prirodnih znanosti, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Hrvatska, ³Centar za istraživanje mora, Institut Ruđer Bošković, G. Paliaga 5, 52210 Rovinj, Hrvatska

e-mail: ermanestar@unist.hr

Salpa (*Sarpa salpa* Linnaeus, 1758) jedna je od važnijih predstavnica porodice ljuskavki (Sparidae) u Sredozemnom moru. Unatoč brojnosti, ekološkoj ulozi i potencijalu za akvakulturni uzgoj, znanstvena istraživanja o ovoj vrsti, osobito odraslim jedinkama koje se plasiraju na tržište, još su uvijek ograničena. U razdoblju od studenog 2023. do travnja 2024. godine u Medulinskom zaljevu prikupljena je 51 odrasla jedinka salpe pomoću jednostrukih mreža stajaćica s veličinom oka na mrežnom tegu od 72 mm. Jedinkama su analizirani morfometrijski parametri, određeni spol i starost te izračunati Fultonov indeks (CF%), hepatosomatski indeks (HSI%) i gonadosomatski indeks (GSI%). U svrhu analize ishrane salpe, izračunati su hranidbeni indeksi: frekvencija učestalosti pojavljivanja (F%) i udio mase pojedine vrste hrane (W%). Dominantni prehrambeni sastojci, makroalge, grupirani su u pet funkcionalno-morfoloških skupina prema obliku talusa: vapnenaste, razgranate, nitaste, kožaste i listolike. Inkrustirane alge nisu zabilježene. U uzorku su prevladavale ženke (75%) prosječne starosti 3+ godine. Najviši CF% zabilježen je u studenom kod ženki 1,38, a kod mužjaka 1,46. Najviše vrijednosti HSI% kod oba spola zabilježene je u siječnju, dok je GSI% kod ženki bio najveći u siječnju (0,30), a kod mužjaka u veljači (0,33) 2025. godine. U ishrani su bile najznačajnije nitaste (F%=16,96; W%=29,05) i razgranate (F%=19,2; W%=34,57) makroalge pri čemu je invazivna vrsta *Caulerpa cylindracea* Sonder bila najzastupljenija u hladnijem dijelu godine. Morske cvjetnice zabilježene su u 91% analiziranih jedinki. Rezultati ukazuju na izraženu prehrambenu orijentaciju odraslih jedinki salpe prema biljnoj hrani, što podupire njezin potencijal kao pogodnog organizma za akvakulturu u kontekstu mogućeg smanjenja troškova hranidbe odraslih jedinki i posljedično, zbog manjeg utjecaja na prirodne resurse.

Ključne riječi: *Sarpa salpa*, ishrana, Medulinski zaljev, makroalge, akvakultura

Preliminary data on the diet characteristics of adult salema porgy, *Sarpa salpa* (Linnaeus 1758) in the Medulin Bay

Ena, Radić Manestar¹, Neven, Iveša², Ljiljana, Iveša³, Gioconda, Milotti², Ines, Kovačić², Emina, Pustijanac², Moira, Buršić², Paolo, Paliaga²

¹University Department of Marine Studies, University of Split, Ruđera Boškovića 37, 21000 Split, Croatia,

²Faculty of Natural Sciences, Juraj Dobrila University of Pula, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Croatia, ³Center for Marine Research, Ruđer Bošković Institute, G. Paliaga 5, 52210 Rovinj, Croatia

e-mail: ermanestar@unist.hr

Salema (*Sarpa salpa* Linnaeus, 1758) is one of the more important representatives of the Sparidae family in the Mediterranean Sea. Despite its abundance, ecological role, and potential for aquaculture, scientific research on this species, particularly on adult individuals destined for market, remains limited. From November 2023 to April 2024, 51 adult salema specimens were collected in the Medulin Bay using bottom gillnets with a mesh size of 72 mm. Morphometric parameters were analyzed for each specimen, and sex and age were determined. Additionally, Fulton's condition factor (CF%), hepatosomatic index (HSI%), and gonadosomatic index (GSI%) were calculated. To assess the diet, feeding indices were calculated: frequency of occurrence (F%) and weight percentage of individual food items (W%). The dominant dietary components, macroalgae, were grouped into five functional-morphological categories based on thallus form: calcareous, branched, filamentous, leathery, and foliose. Encrusting algae were not recorded. The sample was female-dominated (75%), with an average age of 3+ years. The highest CF% was recorded in November 2024, with values of 1.38 in females and 1.46 in males. The highest HSI% values for both sexes were observed in January, while GSI% peaked in January for females (0.30) and in February for males (0.33) in 2025. The most significant dietary components were filamentous (F% = 16.96; W% = 29.05) and branched (F% = 19.2; W% = 34.57) macroalgae, with the invasive species *Caulerpa cylindracea* Sonder being the most prevalent during the colder months. Seagrasses were present in 91% of the analyzed specimens. The results indicate a strong herbivorous feeding orientation in adult *Sarpa salpa*, supporting its potential as a suitable candidate for aquaculture due to reduced feed costs for adult individuals and, consequently, a lower impact on natural resources.

Keywords: *Sarpa salpa*, diet, Medulin Bay, macroalgae, aquaculture

Globalno zatopljenje i pojavnost *Vibrio* spp. u školjkašima

Natalija, Džafić¹, Barbara, Boljkovac Begić¹, Karmela Nina, Barać¹, Kristina, Kvirgić¹, Dijana, Mišetić Ostojić¹, Sara, Džafić², Miroslav, Benić³

¹Hrvatski veterinarski institut, podružnica Veterinarski zavod Rijeka, Laboratorij za mikrobiologiju i analitičku kemiju Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Hrvatska, ²studentica Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Heinzelova 55, 10000 Zagreb, Hrvatska, ³Hrvatski veterinarski institut Zagreb, Savska cesta 143, 10000 Zagreb, Hrvatska
e-mail: dzafic.vzr@veinst.hr

Bakterije roda *Vibrio* prirodni su stanovnici mnogih mora, obalnih područja i rijeka. Potencijalno patogene vrste mogu prouzročiti oboljenja u ljudi koja nastaju kao posljedica konzumacije kontaminirane hrane i vode, te inficirati površinske ozljede tijekom manipulacije morskim plodovima ili kupanjem u moru u kojem su prisutne žive bakterije. Školjkaši, kao filtratorni organizmi, tijekom jednog sata proflitriraju i više od osam litara morske vode i time bioakumuliraju prirodno prisutne ili antropogene kontaminante. Najznačajnije potencijalno patogene halofilne bakterije *Vibrio* vrsta su *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus* i *Vibrio vulnificus*. Utjecaj globalnog zatopljenja kroz povećanje površinske temperature mora na ove bakterijske vrste je velik. Temperatura mora ispod 15 °C potiče prelaženje ovih bakterija u stanje kada ih je nemoguće dokazati uzgojem na hranjivim podlogama (*viable but non culturable state* - VBNC), dok porast temperature potiče njihovu revitalizaciju i razmnožavanje, a u određenim situacijama i ekspresiju gena za kodiranje čimbenika patogenosti. Cilj istraživanja bio je utvrditi povezanost pojavnosti bakterija *Vibrio* spp. s temperaturama mora, te odrediti povoljno vremensko razdoblje za umnažanje *Vibrio* spp. Dosadašnje metode pretraživanja (mikrobiološka metoda i lančana reakcija polimerazom (PCR)), dugotrajne su i zahtijevaju jako puno različitih postupaka. Uvođenjem metode lančane reakcije polimerazom u stvarnom vremenu (ReT-PCR) očekujemo dobivanje brzih, pouzdanih rezultata, koji će omogućiti bržu reakciju s ciljem zaštite zdravlja ljudi.

Ključne riječi: školjkaši, *Vibrio* spp., PCR, ReT-PCR

Global warming and the occurrence of *Vibrio* spp. in shellfish

Natalija, Džafić¹, Barbara, Boljkovac Begić¹, Karmela Nina, Barać¹, Kristina, Kvirgić¹, Dijana, Mišetić Ostojić¹, Sara, Džafić², Miroslav, Benić³

¹Croatian Veterinary Institute, Branch Veterinary Institute Rijeka, Laboratory for microbiology and analytical chemistry, Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Croatia, ²student Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Heinzelova 55, 10000 Zagreb, Croatia, ³Croatian Veterinary Institute, Savska cesta 143, 10000 Zagreb, Croatia
e-mail: dzafic.vzr@veinst.hr

Bacteria of the genus *Vibrio* are natural inhabitants of many seas, coastal areas and rivers. Potentially pathogenic bacteria can cause disease in humans from consuming contaminated food and water, and infection of superficial injuries during the manipulation of seafood or swimming in the sea where live bacteria are present. Shellfish, as filter-feeding organisms, filter more than eight litres of seawater per hour, thereby bioaccumulating naturally occurring or anthropogenic pollutants. The most important potentially pathogenic halophilic bacteria of the *Vibrio* species are *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus*. The effects of global warming due to an increased sea surface temperature on these bacterial species are considerable. Sea temperatures below 15 °C promote the transition of these bacteria to a state in which they can no longer be detected by cultivation on culture media (viable but non-culturable state - VBNC), while an increase in temperature promotes their revitalisation and proliferation and, in certain situations, the expression of genes coding for pathogenicity factors. The aim of this research was to determine the relationship between the occurrence of *Vibrio* spp. and sea temperature and to identify a favourable period for the proliferation of *Vibrio* spp. Current methods (microbiological method and polymerase chain reaction (PCR)) are time-consuming and require many different procedures. With the introduction of real-time polymerase chain reaction (ReT-PCR), we expect fast and reliable results that will enable a faster response in order to protect human health.

Key words: shellfish, *Vibrio* spp., PCR, ReT-PCR

Razvoj metode za otkrivanje prisutnosti i razgradnje DNA vrste *Haplosporidium pinnae* u okolišu

Željko, Pavlinec¹, Milena, Mičić¹, Gaetano, Catanese^{2,3}, Žarko, Jaković¹, Ludovica, Rodriguez¹,
Nikolina, Premate¹

¹Aquarium Pula d.o.o. Verudela 33, 52000 Pula, Hrvatska, ²Institut de Recerca i Formació Agroalimentària i Pesquera de les Illes Balears, Laboratori d'Investigacions Marines i Aqüicultura, Govern de les Illes Balears, 07157 Port d'Andratx, Španjolska, ³Agro-Environmental and Water Economics Research Institute, University of the Balearic Islands, 07122 Palma, Španjolska
zeljko.pavlinec@aquarium.hr

Porast temperature mora mijenja i temeljne biološke osobine mnogih morskih vrsta, čineći ih osjetljivijima na bolesti te olakšavajući proliferaciju invazivnih vrsta s patogenim potencijalom. Budući da patogeni imaju ključnu ulogu u oblikovanju morskih ekosustava, takve promjene mogu značajno utjecati na strukturu morskih zajednica. Trenutačno je *Pinna nobilis* na rubu izumiranja zbog masovnih pomora, a nedavna istraživanja identificirala su *Haplosporidium pinnae* kao glavnog patogenog uzročnika. Jedna od pretpostavki je da temperature iznad 13,5 °C omogućuju optimalne uvjete za proliferaciju *H. pinnae*. Tijekom dugotrajnog održavanja u kontroliranim uvjetima, uočene su smanjene stope smrtnosti kod zaraženih juvenilnih jedinki *P. nobilis* koje su bile držane na nižim temperaturama. Nadalje, molekularnom dijagnostikom na pohranjenim tkivima *P. nobilis* prikupljenima u sklopu ranijih projekata, potvrđena je prisutnost *H. pinnae* u akvatoriju Telašćice u jeseni 2018. godine, dok su masovni pomori na istim lokacijama započeli tek nakon ljeta 2019. S obzirom na cjelogodišnji porast temperatura u Jadranskom moru, identifikacija pogodnih lokacija za reintrodukciju vrste *P. nobilis* isključivo na temelju fizikalnih parametara predstavlja izazov. Kako bi se to unaprijedilo, razvijena je metoda za otkrivanje prisutnosti i razgradnje DNA vrste *H. pinnae* u okolišnim uzorcima morske vode, primjenom filtracije i molekularne dijagnostike. Metoda se pokazala učinkovitom u kontroliranim uvjetima i uspješno je testirana na terenskim uzorcima. Dosadašnji rezultati ukazuju na to da se metoda može široko primjenjivati za detekciju patogena i invazivnih vrsta, kao i integrirati u rutinsko praćenje bioraznolikosti i programe zaštite prirode.

Ključne riječi: *Pinna nobilis*, praživotinjski parazit, invazivna vrsta, okolišna DNA, neinvazivno praćenje bioraznolikosti

Methodological approach for detecting the presence and environmental degradation of *Haplosporidium pinnae* DNA

Željko, Pavlinec¹, Milena, Mičić¹, Gaetano, Catanese^{2,3}, Žarko, Jaković¹, Ludovica, Rodriguez¹, Nikolina, Premate¹

¹*Aquarium Pula d.o.o. Verudela 33, 52000 Pula, Croatia,* ²*Institut de Recerca i Formació Agroalimentària i Pesquera de les Illes Balears, Laboratori d'Investigacions Marines i Aquicultura, Govern de les Illes Balears, 07157 Port d'Andratx, Spain,* ³*Agro-Environmental and Water Economics Research Institute, University of the Balearic Islands, 07122 Palma, Spain*
zeljko.pavlinec@aquarium.hr

Rising sea temperatures alter fundamental biological traits of many marine species, increasing their susceptibility to disease and facilitating the proliferation of invasive species with pathogenic potential. Since pathogens play a crucial role in shaping marine ecosystems, such changes may significantly impact the structure of marine communities. Currently, *Pinna nobilis* is nearing extinction due to mass mortality events, with recent studies identifying *Haplosporidium pinnae* as the primary pathological agent. One working hypothesis suggests that temperatures above 13.5 °C provide optimal conditions for *H. pinnae* proliferation. During long-term maintenance under controlled conditions, reduced mortality rates were observed in infected *P. nobilis* juveniles kept at lower temperatures. Furthermore, the presence of *H. pinnae* in the waters of Telašćica in autumn of 2018 was confirmed using molecular diagnostics on stored *P. nobilis* tissues collected in past projects, while mass mortalities at the same localities began only after summer of 2019. Given the year-round rise in Adriatic Sea temperatures, identifying suitable reintroduction sites for *P. nobilis* based solely on physical parameters poses a challenge. To address this, a method was developed to detect the presence and degradation of *H. pinnae* DNA in environmental seawater samples, using filtration and molecular diagnostics. This method proved effective under controlled conditions and was successfully tested on field samples. Current results indicate that the method can be broadly applied for detecting pathogens and invasive species, as well as integrated into routine biodiversity monitoring and nature conservation programs.

Key words: *Pinna nobilis*, protozoan parasite, invasive species, eDNA, non-invasive biodiversity monitoring

Metode detekcije alohtonih vrsta zooplanktona te nove vrste zooplanktona za znanost opisane u Jadranu u kontekstu klimatskih promjena

Rade, Garić¹, Mirna, Batistić¹, Marijana, Hure¹, Marija, Rusković¹, Nika, Pasković¹

¹Institut za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku, Kneza D. Jude 12, 20000 Dubrovnik, Hrvatska
e-mail: rade.garic@unidu.hr

Detekcija alohtonih vrsta zooplanktona zahtijeva visoku razinu taksonomske ekspertize. U Republici Hrvatskoj, takvi stručnjaci rade isključivo u dvije institucije: Institutu za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku (6 znanstvenika) te Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu (2 znanstvenice). S obzirom na veličinu teritorijalnog mora i važnost pelagičkih ekosustava, ovaj broj stručnjaka je nedostatan za sustavno praćenje promjena u zooplanktonskoj zajednici. Dodatno zabrinjava što su novim zakonskim izmjenama ukinuta znanstvena radna mjesta na sveučilištima, čime se znatno smanjuju izgledi za zadržavanje mladih stručnjaka, posebice u Institutu u Dubrovniku, što dugoročno ugrožava kapacitete za istraživanje zooplanktona. Praksa je pokazala da su monitoring postaje i dugoročno praćenje sastava zooplanktonskih zajednica ključni za pravovremenu detekciju alohtonih vrsta i procjenu njihova utjecaja na lokalne ekosustave. U posljednjih 30 godina u Jadranu je zabilježeno više od 20 novih vrsta zooplanktona, uključujući i četiri nove vrste za znanost, od kojih su neke potencijalno alohtone. Većina nalaza postignuta je klasičnim metodama svjetlosne mikroskopije, koje su vremenski i stručno zahtjevne. U novije vrijeme razvijaju se i molekularne metode visoke propusnosti, poput metabarkodiranja, koje omogućuju bržu i širu analizu sastava zajednica. Međutim, naša istraživanja pokazuju da ove metode, iako obećavajuće, još uvijek nisu dovoljne za samostalnu detekciju većine alohtonih vrsta. Unatoč tome, otkrile su dvije nove vrste za Mediteran: vrsta *Proboscoidactyla stellata* koju je kasnije potvrdila i mikroskopija, te vrstu *Nectadamas diomedeeae* koja još nije potvrđena mikroskopijom. Stoga je kombinacija morfoloških i genetičkih metoda trenutačno najpouzdaniji pristup u praćenju zooplanktonskih promjena pod utjecajem klimatskih promjena.

Ključne riječi: zooplankton, alohtone vrste, metabarkodiranje, klimatske promjene, Jadransko more

Methods for detecting allochthonous zooplankton species and newly described zooplankton species in the Adriatic Sea in the context of climate change

Rade, Garić¹, Mirna, Batistić¹, Marijana, Hure¹, Marija, Rusković¹, Nika, Pasković¹

¹*Institute for marine and coastal research, University of Dubrovnik, Kneza D. Jude 12, 20000 Dubrovnik, Croatia*

e-mail: rade.garic@unidu.hr

Detecting allochthonous zooplankton species requires a high level of taxonomic expertise. In the Republic of Croatia, such experts are currently found in only two institutions: the Institute for Marine and Coastal Research of the University of Dubrovnik (six scientists) and the Institute of Oceanography and Fisheries in Split (two scientists). Considering the extent of Croatian territorial waters and the ecological importance of pelagic ecosystems, this number is insufficient for monitoring future changes in zooplankton communities. Recent legal changes that eliminated research positions at universities further threaten the retention of young researchers, especially at the Institute in Dubrovnik, where the lack of career progression opportunities discourages young people from pursuing this career path. Experience has shown that monitoring stations and long-term studies of zooplankton communities are essential for detecting allochthonous species and assessing their impacts on native communities. Over the past 30 years, more than 20 new zooplankton species have been recorded in the Adriatic Sea, including four species new to science, some of which are potentially allochthonous. Most of these findings were made using light microscopy, a labor-intensive and time-consuming method. In recent years, high-throughput genetic methods such as metabarcoding have emerged as valuable tools for analyzing zooplankton community composition and detecting non-native species. However, our research indicates that genetic methods alone are currently insufficient for detecting most allochthonous zooplankton species. Nonetheless, these methods have successfully identified two new species for the Mediterranean: *Proboscidactyla stellata*, later confirmed through microscopy, and *Nectadamas diomedae*, which has yet to be observed microscopically. Therefore, a combined approach integrating both morphological and molecular techniques currently represents the most reliable strategy for tracking zooplankton changes in the face of climate change.

Key words: zooplankton, allochthonous species, metabarcoding, climate change, Adriatic Sea

Autonomni senzorski čvorovi za praćenje stanja mora

Saša, Zelenika¹, Alberto, Doria², Petar, Gljušćić¹, Ilaria, Palomba²

¹*Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet te Centar za mikro- i nanoznanosti i tehnologije, Vukovarska 58, 51000, Rijeka, Hrvatska,* ²*Sveučilište u Padovi, Zavod za industrijsko inženjerstvo, Via Venezia 1, 35131 Padova, Italija*

e-mail: szelenika@uniri.hr

Negativni učinci klimatskih promjena, posebno porast razine mora i ekstremne vremenske pojave, veliki su izazov za priobalne zajednice. Praćenje ključnih parametara morskih ekosustava korištenjem autonomnih senzorskih čvorova, moglo bi pružiti važan uvid u povezane pojave te doprinijeti očuvanju ekosustava. Budući da se potrošnja energije suvremenih senzora i malih elektroničkih uređaja smanjuje, senzorski se čvor može učiniti autonomnim korištenjem različitih izvora energije karakterističnih za ta područja primjenom tehnologija za prikupljanje i pretvorbu niskorazinske energije iz okoliša (engl. *energy harvesting* - EH). To uključuje ne samo solarnu energiju, plimu i oseku, valove, morske struje i vjetar, za koje je pokazano da mogu generirati značajne količine energije, nego i udaranje valova o obalu ili kombinirani učinak kiše i vjetra. Ovo se istraživanje fokusira na prikupljanje kinetičke energije, pri čemu se koriste različite EH tehnologije za pretvorbu okolišne energije u električnu. Najperspektivniji su uređaji temeljeni na piezoelektričnim generatorima, koji se mogu koristiti za izravno ili neizravno prikupljanje kinetičke energije valova ili udaraca (prskanja) u interakciji s obalom, ili pak u obliku piezoelektričnih "jegurja", „zmajeva“ ili posebno konstruiranih plutača za korištenje energije strujanja vode (valovi, morske struje ili plima). Uzimajući u obzir velike meteorološke varijacije u Jadranu, hibridni EH pretvarači, koji omogućuju korištenje različitih oblika energije, mogli bi također predstavljati značajan i pouzdan izvor snage. Analizirat će se i usporediti učinkovitost pretvorbe energije, energetska bilanca, utjecaj na okoliš i pouzdanost različitih EH konfiguracija u morskom okruženju. Dobiveni autonomni čvorovi te široka i granularna mreža istih na određenom području, mogli bi pružati pravovremene informacije o stanju ekosustava Jadranskog mora, kao npr. meteorološke podatke, temperaturu, salinitet, tlak, prisutnost onečišćenja i slično.

Ključne riječi: praćenje stanja okoliša, morski ekosustavi, autonomni senzorski čvorovi, prikupljanje i pretvorba niskorazinske energije iz okoliša

Autonomous sensor nodes for sea monitoring

Saša, Zelenika¹, Alberto, Doria², Petar, Gljušćić¹, Ilaria, Palomba²

¹*University of Rijeka, Faculty of Engineering & Centre for Micro- and Nanosciences and Technologies, Vukovarska 58, 51000, Rijeka, Croatia,* ²*University of Padova, Department of Industrial Engineering, Via*

Venezia 1, 35131 Padova, Italy

e-mail: szelenika@uniri.hr

The negative effects of climate change in terms of rising sea level and extreme weather events, are a significant challenge for coastal communities. The monitoring of key parameters related to maritime ecosystems, using autonomous sensor nodes, could provide important insights on the related phenomena and contribute to ecosystems' preservation. Since the power consumption of modern sensors and small electronic devices tends to decrease, a sensor node can be made autonomous by exploiting diverse physical energy sources typical of these areas by means of energy harvesting (EH) technologies. These include not only solar energy, tides, waves, currents and wind, which have been analysed proving the ability to generate large energy levels, but also the splashing of waves or the combined effect of rain and wind. This work focuses on kinetic EH, where the harvesters use different technologies to convert environmental into electrical energy. The most promising in this framework are EH devices based on piezoelectric generators that can be aimed at the direct or indirect collection and transduction of kinetic energy from waves or impacts (splashes) interacting with the coast, or as piezoelectric eels, kites or specifically designed buoy structures aimed at harvesting energy from flowing water (waves, currents or tides). Considering the large variations in the Adriatic Sea meteorological conditions, hybrid energy harvesters, able to scavenge different energy forms, could also represent a promising and reliable power source. These diverse possibilities will be analysed and compared in terms of energy conversion efficiency, energy balances, environmental impact, and reliability in the marine environment. The resulting autonomous nodes, forming a wide and granular network in a particular area, could finally provide timely information on the state of the Adriatic Sea ecosystem, such as, e.g., meteorological data, sea temperature, salinity, pressure, presence of pollutants, etc.

Key words: environmental monitoring, maritime ecosystems, autonomous sensor nodes, energy harvesting

Mehanokemijom do korisnih materijala iz biootpada rakova

Nikola, Biliškov¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, 10000 Zagreb*

e-mail: nbilis@irb.hr

Otpad koji nastaje od prehrane rakovima, koji se sastoji od ljuštura i drugih nejestivih frakcija, obilat je i nedovoljno iskorišten izvor hitina. Ovdje ćemo predstaviti razvoj i naše istraživačke planove u području ekstrakcije i korištenja hitina i hitosana iz tog izvora, uz osobit naglasak na potencijale njihove primjene mehanokemiji. Također ćemo razmotriti mogućnosti valorizacije tih sirovina u smislu pripreme aktivnih materijala s dodanom vrijednošću. Razmatrit ćemo kako takvim pristupom možemo doprinijeti razvoju tehnologija poboljšanja hitosana te njegove primjene u razvoju novih naprednih nanomaterijala, katalizatora i poroznih materijala. Sve ćemo to razmotriti i iz perspektive Ciljeva održivog razvoja Ujedinjenih naroda. Ovaj rad je financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom HRZZ-IP-2024-05-2450.

Ključne riječi: valorizacija otpada, rakovi, hitin, hitosan, mehanokemija

Valorization of crustacean biowaste by mechanochemistry

Nikola, Biliškov¹

¹*Ruđer Bošković Institute, Bijenička c. 54, 10000 Zagreb, Croatia*
e-mail: nbilis@irb.hr

The biowaste resulting from crustaceans, consisting of shells and other inedible fractions, is an abundant and underutilized source of chitin. Here, we will present developments and our research plans in the field of extraction and utilization of chitin and chitosan from this source, with a particular emphasis on the potential of applications of mechanochemistry in this respect. We will also consider the possibilities of valorization of these raw materials in terms of the preparation of active materials with added value. We will consider how such an approach can contribute to the development of technologies for the improvement of chitosan, and its application in the development of new advanced nanomaterials, catalysts and porous materials. This will be considered from the perspective of the United Nations Sustainable Development Goals. This work was supported by the Croatian Science Foundation under the project number HRZZ-IP-2024-05-2450.

Key words: waste valorization, crustaceans, chitin, chitosan, mechanochemistry

Metodologija uzorkovanja i analize mikroplastike u Zadarskom kanalu

Anita, Mustać¹, Zrinka, Klarin¹

¹*Osnovna škola Šime Budinića Zadar, Put Šimunova 4 Zadar*
e.mail: anita.mustac@skole.hr , zrinka.klarin@skole.hr

Onečišćenje mora mikroplastikom s lokalne razine postaje sve veći problem na globalnoj razini. Mikroplastiku čine fragmenti plastike veličine manje od 5 mm. U morskom okolišu pojavljuje se kao primarna i sekundarna mikroplastika. Primarnu mikroplastiku čine plastične čestice koje se proizvode u mikroskopskoj veličini, a koriste se kao mikrogranule u kozmetici, industrijskim abrazivima, te kao sirovine u proizvodnji plastičnih materijala. Ove čestice se izravno ispuštaju u okoliš kroz otpadne vode i industrijske procese. Sekundarna mikroplastika nastaje usitnjavanjem većih plastičnih predmeta kao što su plastične vrećice, boce i dr., pod djelovanjem fizikalnih, kemijskih i bioloških procesa. Nastali fragmenti postupno smanjuju veličinu i ulaze u morski okoliš kao sitne čestice. Učenici Osnovne škole Šime Budinića iz Zadra već nekoliko godina sudjeluju u međunarodnom projektu monitoringa mikroplastike (engl. "Microplastics Monitoring Campaign") u cilju istraživanja prisutnosti mikroplastike u morskoj vodi uvale Jazine u Zadarskom kanalu. Terenska metodologija uključuje uzorkovanje morske vode, filtriranje, mikroskopiranje te identifikaciju čestica u uzorcima. Tijekom terenskog rada i rada u školskom laboratoriju korištene su posebne posude i pribor za prikupljanje i analizu uzoraka kako bi se izbjegla njihova kontaminacija mikroplastikom iz drugih izvora. Rezultati istraživanja potvrđuju prisutnost mikroplastike u svim analiziranim uzorcima. Dobiveni podaci ukazuju na učinkovitiju potrebu za osvješćivanjem i edukacijom građana o onečišćenju morskog okoliša mikroplastikom.

Ključne riječi: morski ekosustav, onečišćenje mora, mikroplastika, istraživanje učenika

Methodology for Sampling and Analysis of Microplastics in the Zadar Channel

Anita, Mustać¹, Zrinka, Klarin¹

¹*Elementary School Šime Budinić Zadar Put Šimunova 4 Zadar*
e-mail: anita.mustac@skole.hr , zrinka.klarin@skole.hr

Marine pollution by microplastics from the local level is becoming a growing problem on a global scale. Microplastics are plastic fragments smaller than 5 mm in size. They appear in the marine environment as primary and secondary microplastics. Primary microplastics are plastic particles that are produced in microscopic size and are used as microgranules in cosmetics, industrial abrasives, and as raw materials in the production of plastic materials. These particles are directly released into the environment through wastewater and industrial processes. Secondary microplastics are formed by the fragmentation of larger plastic objects such as plastic bags, bottles, etc., under the influence of physical, chemical, and biological processes. The resulting fragments gradually reduce in size and enter the marine environment as small particles. Students from the Šime Budinić Elementary School in Zadar have been participating in the international microplastics monitoring project (the "Microplastics Monitoring Campaign") for several years now, with the aim of investigating the presence of microplastics in the seawater of the Jazine Bay in the Zadar Channel. The field methodology includes seawater sampling, filtering, microscopy, and identification of particles in the samples. During fieldwork and work in the school laboratory, special containers and equipment were used to collect and analyze samples to avoid their contamination with microplastics from other sources. The results of the study confirm the presence of microplastics in all analyzed samples. The data obtained indicate the need for more effective awareness and education of citizens about the pollution of the marine environment with microplastics.

Key words: marine ecosystem, marine pollution, microplastics, student research

Mikroplastika u morskom ekosustavu u uvalama otoka Visa

Josipa Poduje¹

¹*Srednja škola Antun Matijašević Karamaneo, Vis, R Hrvatska*
e-mail: josipa.poduje@skole.hr

Mikroplastika se nazivaju čestice plastike manje od 5 mm nastale raspadom plastičnog otpada i danas predstavlja ozbiljnu prijetnju morskom ekosustavu jer se nakuplja u sedimentima, organizmima i hranidbenim lancima, negativno utječući na morski svijet i zdravlje ljudi. Hridinski ježinci su jedni od najpoznatijih bioindikatora i kao članovi hranidbenog lanca u moru izloženi su mikroplastici koju gutaju jer je zamjenjuju za alge, njihovu osnovnu hranu. Kroz projektnu nastavu, učenici mogu istraživati prisutnost mikroplastike u moru, analizirati njezin utjecaj na okoliš te razvijati ekološke strategije za smanjenje zagađenja. Ovakav pristup omogućuje aktivno sudjelovanje i praktično rješavanje problema. U sklopu Erasmus + projekta Together for a healthy planet s partnerima iz Rumunjske provedeno je istraživanje s ciljem utvrđivanja prisutnosti mikroplastike u pijesku i hridinskim ježincima u uvalama na otoku Visu. Tijekom istraživanja na terenu je analizirano podrijetlo plastičnog otpada prema deklaracijama na proizvodima, uzeti uzorci pijeska te sakupljeni hridinski ježinci. U školskom laboratoriju mikroskopirani su uzorci pijeska i unutrašnji organi hridinskih ježinaca. U analiziranom pijesku pronađeni su uzorci mikroplastike: fragmenti, filamenti i filmovi te u manjem broju granule i pelate. U unutrašnjim organima hridinskog ježinca pronađeni su uzorci mikroplastike: fragmenti, filamenti i filmovi. Nakon provedenog istraživanja donesen je zaključak da je mikroplastika prisutna u pijesku i hridinskim ježincima na plažama na otoku Visu te da je nužno potaknuti sve na razmišljanje o zaštiti mora i održivom upravljanju resursima.

Ključne riječi: Vis, mikroplastika, hridinski ježinci, hranidbena mreža

Microplastics in the marine ecosystem in the bays of the island of Vis

Josipa Poduje¹

¹*High school Antun Matijašević Karamaneo Vis, Croatia*

josipa.poduje@skole.hr

Microplastics are plastic particles smaller than 5 mm that are produced by the degradation of plastic waste. They now pose a serious threat to marine ecosystems as they accumulate in sediments, organisms and food chains and have a negative impact on marine life and human health. Sea urchins are among the best-known bioindicators and, as members of the marine food chain, are exposed to microplastics, which they ingest because they confuse them with algae, their main food source. Through project-based learning, students can explore the presence of microplastics in the ocean, analyse their impact on the environment and develop ecological strategies to reduce pollution. This approach enables active participation and practical problem solving. As part of the Erasmus+ project Together for a Healthy Planet, a study was carried out in collaboration with partners from Romania to determine the presence of microplastics in sand and sea urchins in the bays of the island of Vis. During the field research, the origin of the plastic waste was analysed using product labels, sand samples were collected and sea urchins were sampled. Sand samples and the internal organs of the sea urchins were analysed under the microscope in the school laboratory. The microplastic samples found in the analysed sand included fragments, threads and films as well as a small number of granules and pellets. Microplastic samples — including fragments, threads and films — were also discovered in the sea urchins' internal organs. The study concluded that microplastics are present in sand and sea urchins on the beaches of the island of Vis and emphasised the need to raise awareness of marine conservation and sustainable resource management.

Key words: Vis, microplastics, sea urchins, food web

Humanistička perspektiva klimatskih promjena

Nikola Biliškov

Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, 10000 Zagreb

e-mail: nbilis@irb.hr

Hrvatski fizičar, filozof i književnik Ivan Supek je u Dubrovačko-filadelfijskoj deklaraciji, donesenoj u dubrovačkom Interuniverzitetskom centru u studenom 1974. godine formulirao 10 humanističkih načela, koja su kasnije u više navrata nadopunjavana i dorađivana. Što se zaštite okoliša i prirode tiče, najeksplicitnije je njegovo 2. načelo, koje glasi: „Zaštititi prirodu od uništenja“. No, i sva ostala načela se barem posredno mogu primijeniti na naš odnos prema okolišu i prirodi, kao i na razvoj mjera suočavanja s klimatskim promjenama. Zato ćemo ovdje razmotriti klimatske promjene i opću ekološku krizu iz perspektive humanizma.

Ključne riječi: klimatske promjene, humanizam

A humanistic perspective on climate change

Nikola Biliškov

Ruđer Bošković Institute, Bijenička c. 54, 10000 Zagreb, Croatia

e-mail: nbilis@irb.hr

In the Dubrovnik-Philadelphia Declaration, adopted at the Dubrovnik Interuniversity Center in November 1974, Croatian physicist, philosopher and writer Ivan Supek formulated 10 humanistic principles, which were later supplemented and refined. As far as environmental and nature protection is concerned, the most explicit is his 2nd principle, which reads: “To protect nature from destruction”. However, all the other principles can also be applied, at least indirectly, to our relationship with the environment and nature, and to mitigation of climate change. Therefore, here we will consider climate change and the general ecological crisis from the perspective of humanism.

Key words: climate change, humanism

Elaborati o utjecaju na morski okoliš Jadrana: prividna optimizacija mrežnim resursima vs. imperativ terenske verifikacije

Bruno, Polonijo¹, Neven, Iveša²

¹*Veleučilište u Rijeci, Vukovarska 58, 51000 Rijeka*

²*Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Fakultet prirodnih znanosti, Zagrebačka 30, 52100 Pula*

e-mail: bpolonijo@veleri.hr

Izrada elaborata ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš (OPUO) i strateških procjena utjecaja planova i programa na okoliš (SPUO) za obalno i morsko područje Jadrana je temelj procesa planiranja i donošenja odluka. Danas je učestala praksa oslanjanja isključivo ili prvenstveno na javno dostupne internetske izvore za prikupljanje podataka o bioraznolikosti, što se smatra racionalizacijom procesa smanjenjem troškova i vremena. Rad kritički preispituje takvu praksu kao potencijalnu 'prividnu optimizaciju' koja zanemaruje inherentna ograničenja mrežnih podataka, poput nedostatka ažurnosti, adekvatnije prostorne rezolucije te taksonomske i ekološke detaljnosti. Posebno zabrinjava izostanak podataka ili formalnog evidentiranja zaštićenih i ugroženih vrsta te prioriternih stanišnih tipova (npr. koraligenskih biocenoza i drugih ekološki osjetljivih područja), čak i na lokacijama gdje je njihova prisutnost poznata stručnoj ili lokalnoj javnosti, ali nije sustavno zabilježena u dostupnim bazama ili obuhvaćena ekološkom mrežom. Korištenje takvih podataka bez odgovarajuće terenske provjere može rezultirati dokumentima koji ne odražavaju stvarno stanje i dovesti do odluka koje ugrožavaju integritet morskih ekosustava. Cilj rada je istaknuti rizike korištenja nepotpunih ili generičkih informacija pri izradi spomenutih dokumenata, čiji je stvarni cilj ne samo procjena utjecaja, već i definiranje učinkovitih mjera zaštite i očuvanja u svrhu održivosti. Naglašava se imperativ integracije terenske verifikacije, gdje ronilačka istraživanja i stručna biološka opažanja na specifičnim lokacijama predstavljaju nezamjenjiv izvor preciznih podataka. Usporedbom prednosti i ograničenja mrežnih izvora i hibridnog pristupa koji kombinira digitalne alate s ciljanom terenskom validacijom argumentira se potreba za promjenom zakonskog pristupa, s ciljem da terenska istraživanja podmorja postanu obavezan početni korak svih zahvata i planova neovisno o trenutnom formalnom statusu lokacije.

Ključne riječi: procjena utjecaja na okoliš (OPUO, SPUO), mrežni resursi, terenska istraživanja, hibridni pristup, bioraznolikost Jadrana

Adriatic Marine EIA: Apparent Web Resource Optimization vs. Field Verification Imperative

Bruno, Polonijo¹, Neven, Iveša²

¹*University of Applied Sciences Rijeka, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Croatia*

²*Juraj Dobrila University of Pula, Faculty of Natural Sciences, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Croatia*

e-mail: bpolonijo@veleri.hr

Preparation of key environmental impact documents, like EIA Screening Reports (OPUO) and Strategic Environmental Assessments (SEA) for Adriatic coastal/marine areas is vital for planning. Recently, reliance on public web sources for biodiversity data, justified by cost/time savings, has increased. Seeing this as „apparent optimization“ and ignoring web data limits: outdatedness, poor resolution, and lack of ecological detail becomes a problem. Concerning is the missing data on protected/endangered species and priority habitats (e.g., coralligenous biocenoses), even where known locally/professionally but unrecorded in databases or ecological networks. Using such data without field checks leads to inaccurate documents and decisions harming marine ecosystems. This work highlights risks of using incomplete data for these documents, whose true aim includes defining protection/conservation measures for sustainability. Field verification, via diving and expert biological surveys, is irreplaceable for precise data. Comparing web data limits with a hybrid approach (digital tools + field validation) argues for legal changes, making comprehensive underwater field research a mandatory first step for all marine projects/plans, regardless of a location's formal status.

Key words: environmental impact assessment (EIA screening, SEA), web resources, field research, hybrid approach, Adriatic biodiversity

Elaborati ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš (OPUO) – forma vs. mjera zaštite prirode i okoliša (II. dio)

Milvana, Arko-Pijevac

e-mail: milvanaap@gmail.com

Zakonska regulativa zaštite prirode i okoliša u Republici Hrvatskoj, usklađena s europskim zakonodavstvom i Globalnim okvirom za bioraznolikost, provodi se kroz strateško i prostorno planiranje pomoću instrumenata SPUO (strateška procjena utjecaja na okoliš), PUO (procjena utjecaja na okoliš) i OPUO (ocjena o potrebi procjene utjecaja na okoliš). Njihova svrha je primjena načela predostrožnosti i očuvanje prirode već u fazi planiranja zahvata. Međutim, analiza 645 OPUO elaborata za zahvate na pomorskom dobru pokazuje da ti dokumenti često ne ispunjavaju svoju osnovnu funkciju. Elaborati se izrađuju bez konkretne terenske analize, koristeći opće podatke, što omogućuje manipulaciju u korist investitora. Time se ozbiljno narušava vjerodostojnost sustava i ugrožava bioraznolikost. Analiza 122 rješenja nadležnog Ministarstva dodatno ukazuje na neujednačenost i subjektivnost u propisivanju mjera zaštite, uz nisku učinkovitost njihovog provođenja. Zaključci upućuju na nužnost reforme OPUO postupka kroz standardizaciju elaborata, obvezne terenske preglede i učinkovitiju kontrolu kako bi se osigurala stvarna zaštita okoliša i prirode.

Ključne riječi: Jadransko more, pomorsko dobro, zaštita prirode i okoliša, procjena utjecaja na okoliš, zaštićene vrste

Evaluation Reports on the Need for Environmental Impact Assessment (EIA Screening): Form vs. Nature and Environmental Protection Measures (Part II)

Milvana, Arko-Pijevac

e-mail: milvanaap@gmail.com

The legal framework for nature and environmental protection in the Republic of Croatia harmonized with European legislation and the Global Biodiversity Framework is implemented through strategic and spatial planning using the following instruments: Strategic Environmental Assessment (SEA), Environmental Impact Assessment (EIA), and Environmental Impact Assessment Screening (EIA screening). Their purpose is to apply the precautionary principle and ensure nature conservation from the early planning stages of interventions. However, an analysis of 645 EIA screenings concerning interventions in maritime property shows that these documents often fail to fulfill their core function. Many reports are prepared without specific field analysis, relying instead on generalized data, which allows for manipulation in favor of investors. This seriously undermines the credibility of the system and endangers biodiversity. Further analysis of 122 decisions issued by the competent Ministry reveals inconsistency and subjectivity in prescribing protection measures, along with low effectiveness in their implementation. The findings point to the urgent need for reform of the EIA screening process, including standardization of reports, mandatory field inspections, and more effective oversight to ensure that nature and environmental protection are implemented in practice.

Keywords: Adriatic Sea, maritime property, nature and environmental protection, Environmental Impact Assessment, protected species

Izazovi integralnog upravljanja obalnim područjem u Hrvatskoj

Lidija, Runko Luttenberger¹

¹*Tehnički fakultet, Sveučilište u Rijeci, Sveučilišna avenija 4, 51000 Rijeka
lidija.luttenberger@uniri.hr*

Hrvatski sektor turizma i poslovanja nekretninama na obali utječu na sve sastavnice okoliša – more, tlo, zrak i vodu, te na osjetilni krajolik ljudi i drugih organizama. Primjerice nautički turizam kao jedna od naglašeno promicanih djelatnosti stvara materijalno onečišćenje, stakleničke plinove, buku, te biološko onečišćenje invazivnim stranim vrstama. Godine 2013. je Hrvatska ratificirala Protokol o integralnom upravljanju obalnim područjem (IUOP) koji između ostalog utvrđuje načela u vezi prikladnog i pravovremenog sudjelovanja lokalnog stanovništva u transparentnom procesu donošenja odluka, formuliranja strategija korištenja zemljišta, davanja prednosti javnim uslugama koje zahtijevaju izravnu blizinu mora, izbjegavanja nepotrebne koncentracije i urbanog širenja duž cjelokupne obalne crte, te izradu preliminarne procjene rizika vezanih uz ljudske aktivnosti i infrastrukturu. Protokol o IUOP također predviđa da kretanje i parkiranje kopnenih vozila te kretanje i sidrenje pomorskih plovila u osjetljivim područjima prirode na kopnu i moru budu ograničeni ili zabranjeni. Rad ima za cilj analizirati odstupanje hrvatske prakse od preuzetih međunarodnih obveza. Republika Hrvatska još uvijek nije donijela nacionalne strategije u vezi korištenja obala i mora, a prethodni postupci procjene utjecaja na okoliš su neadekvatni. Obrazovanje javnosti, jačanje kapaciteta tijela javne uprave na nacionalnoj i lokalnoj razini, vršenje funkcije regulatora, izvršenje obveza preuzetih na razini Ujedinjenih naroda i Europske unije, te davanje značaja potrebama lokalnog stanovništva su preduvjeti za očuvanje morskog okoliša i dobrobiti lokalnih zajednica, jačanje rezilijentnosti i opstanak turizma.

Ključne riječi: onečišćenje, procjena utjecaja na okoliš, lokalna zajednica, integralno upravljanje obalnim područjem

The challenges of integrated coastal zone management in Croatia

Lidija, Runko Luttenberger¹

*¹Faculty of Engineering, University of Rijeka, Sveučilišna avenija 4, 51000 Rijeka
lidija.luttenberger@uniri.hr*

Croatian coastal tourism industry and real estate business significantly affect all environmental components – the sea, soil, air, and water, as well as the sensescape of humans and other organisms. For instance, one of the markedly promoted activities is nautical tourism which gives rise to material pollution, greenhouse gases, noise, and bio pollution with invasive non-indigenous species. In 2013 Croatia ratified the Protocol on Integrated Coastal Zone Management (ICZM) which among others sets the principles regarding adequate and timely participation of local population in a transparent decision-making process, the formulation of land use strategies, giving priority to public services and activities requiring the immediate proximity of the sea, avoidance of unnecessary concentration and urban sprawl throughout the entire coastal zone, and making preliminary assessments of the risks associated with human activities and infrastructure. ICZM Protocol also sets out that the movement and parking of land vehicles and the movement and anchoring of marine vessels in fragile natural areas on land or at sea should be restricted or prohibited. The work aims to analyse the divergence of Croatian practice from international obligations it assumed. The Republic of Croatia still lacks national strategies related to the use of its coasts and the sea and the ex-ante environmental assessment procedures are inadequate. Educating the public, capacity building of public administration bodies at national and local levels, fulfilment of regulatory tasks, compliance with obligations assumed at the level of United Nations and European Union and taking account of the need of local population are the prerequisite for preserving marine environment and well-being of coastal communities, resilience, and viability of tourism.

Key words: pollution, environmental impact assessment, local communities, integrated coastal zone management

Razvoj turističke infrastrukture na pomorskom dobru u kontekstu održivosti

Dalibor, Carević¹, Hanna, Miličević¹

¹*Građevinski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Fra Andrije Kačića-Miošića 26, Zagreb*
dalibor.carevic@grad.unizg.hr

Obalni prostor Republike Hrvatske, ukupne dužine 6372 km, predstavlja vrijedan društveni i prirodni resurs kojim je nužno upravljati na održiv način. Taj prostor nalazi se pod posebnim pravnim režimom pomorskog dobra, a gradnja na njemu regulirana je ne samo Zakonom o gradnji, već i Zakonom o pomorskom dobru i morskim lukama. Od 1968. godine do danas, za potrebe izgradnje luka, industrijske infrastrukture, plaža te širenja urbanih područja, zauzeto je oko 750 hektara mora, što čini približno 20 % ukupne površine pomorskog dobra. Taj trend daljnje prenamjene mora trebalo bi ublažiti kroz unapređenje postojećih i donošenje kvalitetnijih budućih prostorno-planskih dokumenata u obalnim županijama. Procjenjuje se da godišnji troškovi održavanja žala umjetno izgrađenih plaža iznose oko 1,3 milijuna eura, što osim ekonomskog, stvara i značajan ekološki izazov. U radu se predlažu smjernice za povećanje kapaciteta prihvata plaža na način koji uvažava prirodne značajke hrvatske obale. Također, izgradnja infrastrukture za nautički turizam, koja uključuje marine, komunalne lučice i privezišta, prostorno je vrlo disperzirana duž čitavog jadranskog obalnog pojasa, što dodatno povećava pritisak na obalu. U ovom se radu predstavljaju inovativna građevinska rješenja koja pridonose smanjenju troškova gradnje te istovremeno doprinose očuvanju ekoloških i krajobraznih vrijednosti obalnog prostora.

Ključne riječi: pomorsko dobro, prostorno planiranje, umjetne plaže, obalni prostor, infrastrukturna rješenja

Development of tourism infrastructure on maritime domain in the context of sustainability

Dalibor, Carević¹, Hanna, Miličević¹

*¹Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, Fra Andrije Kačića-Miošića 26, Zagreb
dalibor.carevic@grad.unizg.hr*

The coastal zone of the Republic of Croatia, with a total length of 6,372 km, represents a valuable social and natural resource that must be managed in a sustainable manner. This area is subject to a special legal regime as maritime domain, and construction within it is regulated not only by the Building Act but also by the Maritime Domain and Seaports Act. Since 1968, approximately 750 hectares of sea area have been reclaimed for the construction of ports, industrial infrastructure, beaches, and the expansion of urban areas, representing around 20% of the total surface of maritime domain. This trend of further sea conversion should be mitigated through the improvement of existing and adoption of higher-quality spatial planning documents in coastal counties. It is estimated that the annual maintenance costs for the gravel of artificially constructed beaches amount to approximately 1.3 million euros, which poses not only an economic but also a significant ecological challenge. This paper proposes guidelines for increasing beach capacity in a way that respects the natural characteristics of the Croatian coastline. Additionally, the construction of infrastructure for nautical tourism -including marinas, municipal ports, and mooring facilities - is spatially very dispersed along the entire Adriatic coastal belt, which further increases pressure on the coast. The paper presents innovative construction solutions that contribute to reducing building costs while preserving the ecological and landscape values of the coastal zone.

Key words: maritime domain, spatial planning, artificial beaches, coastal zone, infrastructural solutions

Održiva izgradnja i prilagodba komunalnih luka u kontekstu klimatskih promjena

Igor, Ružić¹, Filip, Trinajstić¹, Ivan, Marović¹

¹*Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Radmile Matejčić 3*

e-mail: iruzic@uniri.hr

Komunalne luke na hrvatskoj obali suočavaju se s izazovima klimatskih promjena, porastom razine mora, sve češćim ekstremnim vremenskim pojavama i promjenama u obrascima korištenja prostora. Mnoge postojeće luke nisu građene prema suvremenim standardima te nisu sposobne odgovoriti na nove uvjete, što otvara potrebu za njihovom sanacijom i prilagodbom. U ovom radu analizira se održivi pristup planiranju i obnovi komunalnih luka, s naglaskom na tehničke, okolišne, prostorne, kao i ekonomske aspekte. Kod planiranja novih zahvata ključno je provesti detaljnu analizu utjecaja na okoliš te pažljivo razmotriti odnos između potrebne količine materijala i funkcionalnosti građevine. Prikazan je konkretan primjer projektiranja komunalne luke u Žurkovu, gdje je postojećim projektom predviđen opsežan zahvat s velikom količinom građevinskog materijala. Kao alternativa, predloženo je rješenje koje uključuje manji broj vezova, ali značajno smanjuje količinu materijala i troškove, pritom zadržavajući vizure i postojeću obalnu liniju. Time se ne samo smanjuje opterećenje na prostor i okoliš, već se omogućava očuvanje lokalnog identiteta i skladno uklapanje u postojeći krajobraz. Dodatno, rad ističe potrebu za razvojem novih metoda analize stanja i planiranja obalnih građevina, uključujući primjenu daljinskih istraživanja, numeričkog modeliranja i interdisciplinarnog pristupa koji povezuje inženjere, biologe i prostorne planere. Daljnja istraživanja i razvoj metodološkog okvira za prilagodbu obalnih građevina klimatskim promjenama provodit će se u sklopu projekta IPROM-OG (Istraživanje mogućnosti prilagodbe i razvoj metodološkog okvira za prilagodbu obalnih građevina klimatskim promjenama), koji se izvodi na Sveučilištu u Rijeci.

Ključne riječi: obalna erozija, stjenovita obala, odroni stijena, žala, urbanizacija obale; komunalne luke

Sustainable Development and Adaptation of Small Coastal Ports in the Context of Climate Change

Igor, Ružić¹, Filip, Trinajstić¹, Ivan, Marović¹

¹*University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering, Rijeka, Radmile Matejčić 3*

e-mail: iruzic@uniri.hr

Small coastal ports along the Croatian Adriatic are increasingly exposed to the effects of climate change, including sea-level rise, more frequent and intense extreme weather events, and changing patterns of coastal space use. Many existing ports were not built according to modern standards and are therefore unable to meet current or future demands, necessitating their reconstruction and adaptation. This paper explores a sustainable approach to the planning and renewal of small ports, with particular focus on technical, environmental, spatial, and economic aspects. When planning new infrastructure, it is crucial to conduct a detailed environmental impact assessment and carefully evaluate the relationship between the volume of construction materials used and the functional value of the structure. A case study is presented for the design of the small port in Žurkovo, where the existing project envisions a large-scale intervention with high material requirements. As an alternative, a more modest design is proposed, providing fewer berths but significantly reducing construction volume and costs while preserving existing coastal features and visual character. This approach minimizes environmental and spatial impacts and supports the conservation of local identity and landscape integration. Furthermore, the paper highlights the need for new methods in assessing the condition and planning of coastal structures, including remote sensing techniques, numerical modeling, and interdisciplinary collaboration among engineers, marine ecologists, and spatial planners. Future research and methodological development in this area will be carried out within the project IPROM-OG (Investigation of Adaptation Potential and Methodological Framework Development for Coastal Structures under Climate Change), conducted at the University of Rijeka.

Keywords: coastal erosion, rocky coast, rockfalls, pocket beaches, coastal urbanization, small ports

Obalni javni prijevoz plovilima: potencijal za održivu mobilnost riječkog zaljeva

Sanjin, Vranković¹, Igor, Ružić²

¹ Primorsko-goranska županija, Rijeka, Adamićeva 10, Rijeka, Hrvatska, ² Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Rijeka, Radmile Matejčić 3, Rijeka, Hrvatska

e-mail: sanjin.vrankovic@pgz.hr

Javni obalni prijevoz plovilima gotovo da i ne postoji duž jadranske obale, a opstao je samo u povezivanju otoka i kopna. Iako su otoci povezani redovitim linijama, one su prvenstveno usmjerene na potrebe lokalnog stanovništva, dok su za ostale korisnike, posebno turiste, često nepraktične i vremenski nepovezane s drugim oblicima prijevoza. Prostor Kvarnerskog zaljeva i priobalja, s gradom Rijekom kao središtem, čini jedinstvenu cjelinu urbanu aglomeraciju, što je posebno vidljivo u prometnim tokovima. Kao i druge urbane aglomeracije suočena je s izazovom pronalaženja održivog prometnog sustava, a poboljšanje urbane mobilnosti ključni je izazov prema učinkovitijem i ekološki prihvatljivijem prometu. Dobre prakse temeljene na multimodalnim rješenjima, pokazuju da se veliki potencijal mora moći iskoristiti, posebno tijekom ljetnih mjeseci. Dobra integracija s drugim oblicima prijevoza, prilagođena infrastruktura i primjena pametnih rješenja u upravljanju, ključne su za uspješnu realizaciju. Nedostatak obalnih linija osobito je izražen u području Kvarnerskog i Riječkog zaljeva, unatoč velikom prometnom potencijalu i izraženim problemima cestovne infrastrukture. Putnički promet između priobalja i otoka u povijesti se odvijao brodovima, no s vremenom je pomorski promet izgubio na značaju, a primat je preuzeo cestovni prijevoz, osobito individualni. Obalne linije postojale do sredine 20. stoljeća, bile su funkcionalne, a infrastruktura postoji i danas. Njihov potencijal i doprinos kvaliteti života mogu se pratiti u prostornom planiranju sve do današnjih strategija. Ovaj rad analizira mogućnosti uvođenja redovitih obalnih linija kao održive i funkcionalne alternative cestovnom prometu. U fokusu su analiza potencijala za korištenje postojeće infrastrukture te prijedlozi za izgradnju jednostavnih, ekonomičnih pristaništa prilagođenih stjenovitoj i strmoj obali Riječkog zaljeva.

Ključne riječi: obalni prijevoz, riječki zaljev, održiva mobilnost, pristaništa, ekološki prijevoz

Coastal public transport by boat: potential for sustainable mobility in the Bay of Rijeka

Sanjin, Vranković¹, Igor, Ružić²

¹ *Primorje-Gorski Kotar County, Adamićeva 10, 51000 Rijeka, Croatia,* ² *University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering, Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka, Croatia*
e-mail: sanjin.vrankovic@pgz.hr

Public coastal passenger transport by vessels is almost non-existent along the Adriatic coast. He survived only in connecting the islands with the mainland. Although the islands are linked by regular lines adapted to the needs of residents, for other users especially tourists, these services are often impractical and poorly coordinated with other modes of transport. The Kvarner Bay, with Rijeka as its center, forms a unique urban whole, which is particularly evident in traffic flows. Like other urban agglomerations, it faces the challenge of developing a sustainable transport system, where improving urban mobility is crucial for achieving more efficient and environmentally friendly transport. Examples of multimodal solutions show that maritime transport can be effectively integrated into public transport, especially during the summer months. Successful implementation requires good integration with other modes of transport, adapted infrastructure, and the application of smart travel management solutions. The lack of coastal lines is particularly pronounced in the Kvarner area, despite its great transport potential and persistent road infrastructure problems. In the past, transport between the coast and the islands was predominantly carried out by ships, but over time road transport, especially individual car use, took precedence. Coastal lines existed until the mid-20th century, were functional, and parts of their infrastructure remain today. Their potential and contribution to quality of life, have long been recognized in spatial planning and are reflected in current strategies. This paper explores the possibilities of introducing regular coastal lines as a sustainable alternative to road transport, considering the use of existing infrastructure and the construction of simple, economical piers adapted to the rocky shores of the Rijeka Bay.

Key words: coastal transport, Rijeka Bay, sustainable mobility, ports, eco-friendly transport

Analiza profitabilnosti plave ekonomije Augmented Dickey Fuller testom i Grangerovom kauzalnosti

Domagoj, Ćorić ¹, Dražen, Smiljanić ¹, Toni, Pernek ²

¹*Institut za sigurnosne i obrambene studije, Sveučilište obrane i sigurnosti dr. Franjo Tuđman*

²*Europski parlament*

e-mail: domagoj.coric@sois-ft.hr

Glavni cilj rada je analizirati isplativost ulaganja u plavu ekonomiju od 2013. godine. Kako bi se postigao taj cilj, u radu se prikupljaju informacije o financiranju i profitabilnosti projekata plave ekonomije sa njihovih službenih web stranica te se iste oblikuju u bazu podataka. Pod projektima plave ekonomije u ovom radu podrazumijevaju se projekti zaštite mora, ekološke tranzicije Europske unije, kao i ostali EU zeleni projekti koji obuhvaćaju morski okoliš, održivo ribarstvo, obalni turizam te obnovljive izvore energije povezane s morem. Podaci su prikupljeni isključivo sa službenih stranica, a u analizu su uključeni samo projekti čija je vrijednost veća od 100.000 eura. Budući da takva baza podataka sadrži uloženi iznos, povrat investicije i vrijeme trajanja projekta, omogućuje se formiranje vremenskih serija čija se stacionarnost analizira pomoću Augmented Dickey-Fuller testa. Nakon što ADF test pokaže stacionarnost, može se zaključiti da ulaganja i njihovi povrati prate trend kroz vrijeme, dopuštajući uvođenje Grangerovog testa kauzalnosti. Ovaj korak će objasniti dovode li veća ulaganja u projekte plave ekonomije do profita u Grangerovom smislu. Ovim korakom se također pokazuje smjer uzročnosti, omogućujući zaključak o tome dovode li ulaganja do dobiti ili dobit dovodi do ulaganja. Rezultati pokazuju da su trenutne vremenske serije projekata plave ekonomije stacionarne, što znači da se njihova profitabilnost vraća u prosjek vremenske serije. To ukazuje na stabilnu ekonomsku putanju, ali Grangerov test uzročnosti pokazuje da prethodna ulaganja ne predviđaju povrat ulaganja u Grangerovom smislu niti se može reći da su prošli dobitci doveli do ulaganja. Nelinearnost profitabilnosti plave ekonomije izbacuje je iz lista dugoročne i kontinuirane isplativosti te tako pritišće investitore na korištenje naprednije kvantitativne metode koje obuhvaćaju promjenjive varijance. Autori konkretno predlažu neparametrijske ekonometrijske modele kao što su Monte Carlo ili parametrijske modele poput GARCH-a. Doprinosi ovog rada koriste investitorima, ulagačima, ali i pokretačima plavih projekata prilikom kvantitativnih procjena njihove profitabilnosti.

Ključne riječi: Plava ekonomija, profitabilnost, analiza financijskih vremenskih serija, Augmentirani Dickey-Fullerov test, Grangerova kauzalnost

Analyzing blue economy profitability using Augmented Dickey Fuller test and Granger causality

Domagoj, Ćorić¹, Dražen, Smiljanić¹, Toni, Pernek²

¹*Institute for Security and Defence Studies, Dr. Franjo Tuđman Defence and Security University*

²*European Parliament*

e-mail: domagoj.coric@sois-ft.hr

The main goal of the paper is to analyze the investments into the blue economy since 2013 and determine whether they are profitable. To achieve this goal, the paper gathers the funding and profitability information from official blue economy project websites and proceeds to form such data into a database. Since such a database contains the invested amount, the return on investment and the time of the project, it allows for the formation of the time series whose stationarity is analyzed using Augmented Dickey-Fuller test. Once the ADF test shows the stationarity, we can conclude that investments and their returns follow a trend trough time, allowing for the introduction Granger causality test. This step will illuminate whether larger investments into the blue economy projects lead to profits in a Grange sense. It also shows the direction of causality, allowing for the conclusion of whether investments lead to profit or do the profits lead to investments. The results show that the current time series of the blue economy projects are stationary, meaning that their profitability is mean reverting in the studied time. This indicates a stable economic trajectory, but Granger's causality test shows that previous investments do not predict a return on investment in the Granger sense, nor can it be said that past gains have led to investments. The non-linearity of the blue economy's profitability removes it from the list of sustainable long term investments and simultaneously puts pressure on its investors to use more advanced quantitative methods that include variable variances if they want to profit from it. In particular, the authors propose nonparametric econometric models such as Monte Carlo or parametric models such as GARCH. The contributions of this paper benefit investors, investors, but also initiators of blue projects in quantitative assessments of their profitability.

Keywords: Blue economy, profitability, financial time series analysis, Augmented Dickey-Fuller test, Granger causality

Jačanje kompetencija mladih inženjera u području obnovljivih izvora energije, EVERYONE Erasmus+ projekt

Ante, Sikirica¹, Zvonimir, Mrle², Marta, Alvir², Ivana, Lučin², Zoran, Čarija²

¹*Centar za napredno računanje i modeliranje, Sveučilište u Rijeci,* ²*Tehnički fakultet, Sveučilište u Rijeci*
e-mail: ante.sikirica@uniri.hr

Globalno zatopljenje dovodi do potrebe za sve većom zastupljenošću obnovljivih izvora energije. To vodi do sve ambicioznijih planova Europske Unije o povećanju kapaciteta proizvodnje iz obnovljivih izvora, uključujući i nove tehnologije za pohranu energije. Navedeno zahtijeva također i sve bržu prilagodbu obrazovnog sustava koji kaska za potrebama industrije te se i dalje bazira na klasičnim pristupima. Sve veća briga o ekološkim utjecajima zahtijeva da inženjeri više nisu fokusirani samo na tehničke aspekte već imaju širu sliku implikacija instalacije postrojenja. To uključuje razumijevanje utjecaja na okoliš, tj. biljni i životinjski svijet prilikom instalacije i eksploatacije, kao i mogućnost recikliranja po završetku radnog vijeka. Također, međunarodna suradnja u vidu studentskih praksi ili mobilnosti kao i jača suradnja znanstvenika koji uključuju studente kroz završne i diplomske radove u svoja istraživanja može ubrzati transfer znanja i ostvarivanje ciljeva zelene tranzicije. Iz tog razloga provodi se Erasmus+ projekt EVERYONE (Exchange of Renewable Energy Harvesting Experience in Europe for Improving Competences of Young Engineers) u suradnji s partnerima iz Italije i Slovenije kako bi se ojačala suradnja i transfer znanja u području obnovljivih izvora energije. Pokazalo se da nedostaje jača suradnja s industrijom kako bi se motiviralo i zainteresiralo studente. Veliki problem predstavlja i to što općenito postoji trend opadanja interesa studenata za STEM područja. Iz tog razloga upravo je cilj ovakvih projekata uvesti inovativne strategije za povećanje interesa studenata u području obnovljivih izvora energije.

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, ekološki aspekti, međunarodna suradnja, jačanje kompetencija

Improving competences of young engineers in the field of renewable energy harvesting, EVERYONE Erasmus+ project

Ante, Sikirica¹, Zvonimir, Mrle², Marta, Alvir², Ivana, Lučin², Zoran, Čarija²

¹*Center for Advanced computing and Modelling, University of Rijeka*, ²*Faculty of Engineering, University of Rijeka*

e-mail: ante.sikirica@uniri.hr

Global warming requires increasing share of renewable energy sources. This led to the European Union ambitious plans of increasing production capacity from renewable sources, including new energy storage technologies. This also requires fast adjustment of the education system, which is having difficulties to meet the needs of the industry and is still based on classic approaches. Increasing concern about environmental impacts requires that engineers no longer focus only on technical aspects but have a broader picture of the implications of plant installation. This includes understanding the impact on the environment, i.e. impact on wildlife during installation and exploitation, as well as the possibility of parts recycling at the end of the work life. Also, international cooperation in the form of student internships or mobilities, as well as stronger cooperation of scientists who include students in their research through final and graduate theses, can speed up the knowledge transfer and the achievement of the goals of the green transition. For this reason, the Erasmus+ project EVERYONE (Exchange of Renewable Energy Harvesting Experience in Europe for Improving Competences of Young Engineers) is being implemented in cooperation with partners from Italy and Slovenia in order to strengthen cooperation and knowledge transfer in the field of renewable energy harvesting. It has been shown that there is a lack of stronger collaboration with industry to motivate and spark interest in students. A major problem is also that there is a general trend of decreasing student interest in STEM fields. For this reason, the goal of projects like this is to introduce innovative strategies to increase student interest in the field of renewable energy sources.

Key words: renewable energy sources, environmental aspects, international cooperation, strengthening of competencies

Oceanska pismenost studenata u Republici Hrvatskoj

Dora, Hodap¹, Neven, Iveša¹, Emina, Pustijanac¹, Moira, Buršić¹, Gioconda, Millotti¹, Petra, Burić¹, Paolo, Paliaga¹, Ines, Kovačić¹

¹*Fakultet prirodnih znanosti, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli*

e-mail adresa autora koji prezentira: dhodap@unipu.hr

Razumijevanje uloge oceana ključno je za očuvanje održivog morskog okoliša i postizanje ciljeva Agende 2030. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati razinu oceanske pismenosti među studentima u Republici Hrvatskoj. Elektronički strukturirani upitnik ispunio je 101 student iz svih županija RH, u dobi od 18 do 25 godina. Sudjelovalo je 81,2 % studenata prijediplomskih studija, 15,8 % diplomskih i 3 % poslijediplomskih studenata. Rezultati pokazuju da 99 % ispitanika zna da je morski ekosustav najveći na Zemlji, dok 56 % prepoznaje sastav morskog dna. Samo 14 % točno navodi udio nezaledene slatke vode na planetu. Plastični otpad i naftu kao najčešća zagađivala hrvatskih plaža prepoznaje 34 % studenata, a 41 % zna da su glavni izvori onečišćenja izljevi nafte i riječni nanosi. Antropogeni utjecaj kao glavni izvor zagađenja prepoznaje 57 %, a 67 % studenata smatra nano- i mikroplastiku posebno opasnom za hranidbene mreže u moru. Najveću bioraznolikost u morima prepoznaje 68 %, dok 55,4 % prepoznaje važnost algi i morskih cvjetnica u proizvodnji kisika. Vatrenjaču kao invazivnu vrstu u Jadranu navodi 51 % ispitanika. Zanimljivo je da samo 14 % studenata procjenjuje svoje znanje o morskom okolišu dobrim. Studija zaključuje da je za poticanje oceanske pismenosti te očuvanje i zaštitu Sredozemnog mora nužno uključiti navedene teme u kurikulum visokog obrazovanja.

Ključne riječi: oceanska pismenost, studenti, poznavanje vrsta, istraživanje mora

Ocean Literacy of Students in the Republic of Croatia

Dora, Hodap¹, Neven, Iveša¹, Emina, Pustijanac¹, Moira, Buršić¹, Gioconda, Millotti¹, Petra, Burić¹, Paolo, Paliaga¹, Ines, Kovačić¹

¹*Faculty of Natural Sciences, Juraj Dobrila University of Pula*

e-mail address of presenting author: dhodap@unipu.hr

Understanding the ocean's role is essential for preserving a sustainable marine environment and achieving the goals of the 2030 Agenda. This study aimed to assess the ocean literacy level among students in the Republic of Croatia. A structured electronic questionnaire was completed by 101 students aged 18 to 25 from all Croatian counties. The sample consisted of 81.2% undergraduate, 15.8% graduate, and 3% postgraduate students. The results showed that 99% of respondents are aware that the marine ecosystem is the largest on Earth, while 56% recognize the composition of the seafloor. Only 14% correctly identified the percentage of unfrozen freshwater on the planet. Plastic waste and oil were identified by 34% of students as the most common pollutants on Croatian beaches, and 41% knew that oil spills and river runoff are the main sources of marine pollution. Anthropogenic impact was recognized by 57% as the primary source of pollution, while 67% believe that nano- and microplastics are especially dangerous when they enter the marine food web. A total of 68% knew that the greatest biodiversity is found in the oceans, and 55.4% recognized the importance of algae and seagrasses in oxygen production. Lionfish was identified as an invasive species in the Adriatic by 51% of respondents. Interestingly, only 14% of students rate their knowledge of the marine environment as good. To promote ocean literacy and ensure the protection and conservation of the Adriatic Sea, it is essential to integrate these topics into higher education curriculum.

Kexwords: ocean literacy, students, species knowledge, marine research

Istraživačko-razvojni centar Rt Zidine na Rabu 2.0

Cene, Fišer¹, Nataša, Beltran², Borut, Mavrič^{1,3}, Maja, Kajin¹, Katarina, Pogačnik²

¹Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija, ²Envirodual d.o.o. Tepanje 28 d, 3210 Slovenske Konjice, Slovenija, ³Nacionalni Inštitut za biologijo, Morska Biološka postaja Piran, Slovenija

e-mail: cene.fiser@bf.uni-lj.si

Učinkovitost prilagodbe klimatskim promjenama i ublažavanja njihovih posljedica na prirodu i ljudsku dobrobit ovisi o integriranom istraživanju, prijenosu znanja i provedbi mjera prilagodbe. Predstavljamo novu inicijativu na otoku Rabu, osmišljenu kao dinamično istraživačko-obrazovno središte. Rt Zidine, u Loparu na sjeverozapadnom dijelu otoka, izvorno je bio istraživačka postaja u vlasništvu Univerze u Ljubljani (UL), no s vremenom je postao turistički kamp. Godine 2024. redefinirana mu je svrha te je razvijen suvremeni edukacijsko-istraživački centar s ciljevima: 1) uključivanje i osnaživanje lokalne zajednice putem građanske znanosti i javnih aktivnosti; 2) unaprjeđenje istraživanja okolišnih izazova i praćenja bioraznolikosti; 3) obrazovanje uz promicanje održivog turizma otpornog na klimatske promjene. Godine 2025. upravljanje centrom preuzima Envirodual d.o.o. s ciljem stvaranja energetski samoodrživog i klimatski otpornog prostora, prilagođenog suši i drugim utjecajima. UL pokrenulo je ljetne škole kao temelj obrazovnih programa te dugoročno praćenje okoliša i prikupljanje podataka o bioraznolikosti. U suradnji s lokalnim ronilačkim klubovima, Nacionalni Inštitut za Biologiju razvija građanski program za praćenje morskih područja. Posvećeni smo otvorenoj znanosti: svi prikupljeni podaci bit će javno dostupni. Postaja ostaje otvorena i pruža mogućnosti za međunarodnu znanstvenu i obrazovnu suradnju, spajajući istraživanje, edukaciju, održivost i otpornost na klimatske promjene.

Ključne riječi: građanski program, ljetne škole, održivi turizam, otvoreni podaci

Educational-Research Center Rt Zidine of Lopar on Island of Rab 2.0

Cene, Fišer¹, Nataša, Beltran², Borut, Mavrič^{1,3}, Maja, Kajin¹, Katarina, Pogačnik²

¹*University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Ljubljana, Slovenia,* ²*Envirodual Ltd. Tepanje 28 d, 3210 Slovenske Konjice, Slovenia,* ³*National Institute of Biology, Marine Biological Station Piran, Slovenia*

e-mail: cene.fiser@bf.uni-lj.si

The effectiveness of adaptation to climate change and mitigation of its consequences on biota and human well-being depends on integrated research efforts, widespread knowledge dissemination and effective implementation of adaptation measures. We present an emerging initiative on the Island of Rab that aims to serve as a dynamic research-educational hub. Located on the northwestern peninsula of Lopar, Rt Zidine was initially established as a research station owned by the University of Ljubljana (UL); however, research activities declined over the years, and the station became primarily used as a tourist camp. In 2024, we strategically redefined its purpose and developed a vibrant educational and research centre based on: 1) mobilizing and empowering local and general public via citizen science and outreach activities; 2) advancing research on local environmental challenges and biodiversity monitoring; and 3) offering education while promoting sustainable tourism resilient to climate change. In 2025 the management of the property was undertaken by Envirodual Ltd., with the overarching goal of transforming the site's infrastructure into a regionally energy self-sufficient and climate-resilient facility, capable of withstanding drought and other climate impacts. UL has launched a series of summer schools as a foundation for educational programmes, alongside the implementation of long-term monitoring and local biodiversity data collection. In collaboration with local diving clubs, the National Institute of Biology aims to develop a citizen science program contribution to the monitoring of selected marine areas. We are committed to open science: all data collected at the station will be made publicly available. The station remains open to all and provides valuable opportunities for international academic and research collaboration by integrating research, education, sustainable development and climate resilience in the region.

Keywords: citizen science, summer schools, sustainable tourism, open data

Od znanosti do zajednice: iskustva inicijative “*Oceanografi na otoku*”

Natalija, Dunić¹, Suzana, Antunović², Marijana, Balić², Maja, Karlović³, Marina, Kranjac², Marko, Mlinar⁴, Krešimir, Ruić², Jadranka, Šepić², Marin, Vojković²

¹ Institut za oceanografiju i ribarstvo, Š.I. Meštrovića 63, 21000 Split, Hrvatska; ² Prirodoslovno-matematički fakultet, R. Boškovića 33, 21000 Split, Croatia; ³ OTP bank d.d., Domovinskog rata 61, 21000 Split, Croatia; ⁴ Hrvatski hidrografski institut, Zrinsko-Frankopanska 161, 21000 Split, Croatia
e-mail: dunic@izor.hr

Inicijativa *Oceanografi na otoku*, pokrenuta 2021. godine od strane mladih hrvatskih oceanografa, ima za cilj jačanje oceanografske pismenosti i klimatske svijesti kroz znanstveno-edukativni pristup u lokalnim zajednicama. Kroz više od 30 edukativnih događanja na šest hrvatskih otoka i obalnih područja, više od 1000 djece, pretežito osnovnoškolaca, sudjelovalo je u interaktivnim radionicama koje su obuhvaćale teme poput mjerenja temperature i saliniteta mora, termohaline cirkulacije, morskih struja, razvrstavanja otpada, distribucije energije u moru, te klimatskih promjena. Poseban naglasak stavljen je na metode koje potiču kritičko razmišljanje, samostalno zaključivanje i timski rad, a radionice su bile koncipirane kroz pokuse, igre, kvizove i izradu kreativnih materijala poput “*kalendara obećanja*” malih čuvara mora. Ostvarena je suradnja s osnovnim školama, vrtićima, turističkim zajednicama i centrima izvrsnosti diljem obalnog područja Jadrana. Za starije sudionike organizirano je osam javnih popularno-znanstvenih predavanja pod nazivom “*Jadran u kafiću*”, kao i edukativni pub-kvizovi i večeri društvenih igara na temu klimatskih promjena i znanostima o moru. Inicijativa je 2024. godine međunarodno prepoznata predstavljanjem na sajmu *Science is Wonderful!* i ulaskom u finale nagrade *ERC Public Engagement with Research*. Unatoč izazovima rada s djecom i ograničenoj financijskoj podršci, planira se daljnji razvoj inicijative kroz osnivanje udruge koja bi osigurala održivost aktivnosti. Prezentacija će prikazati dosadašnje rezultate te mogućnosti širenja ovakvog modela povezivanja znanosti, edukacije i opće zajednice.

Ključne riječi: klimatske promjene, oceanografska pismenost, znanstvena komunikacija, edukacija zajednice

From Science to Community: Experiences from the “Oceanographers on the Island” Initiative

Natalija, Dunić¹, Suzana, Antunović², Marijana, Balić², Maja, Karlović³, Marina, Kranjac², Marko, Mlinar⁴, Krešimir, Ruić², Jadranka, Šepić², Marin, Vojković²

¹ Institute of Oceanography and Fisheries, Š.I. Meštrovića 63, 21000 Split, Hrvatska; ² Faculty of Science Split, R. Boškovića 33, 21000 Split, Croatia; ³ OTP banka d.d., Domovinskog rata 61, 21000 Split, Croatia; ⁴ Hydrographic Institute of the Republic of Croatia, Zrinsko-Frankopanska 161, 21000 Split, Croatia

e-mail: dunic@izor.hr

The Oceanographers on the Island initiative, launched in 2021 by a group of young Croatian oceanographers, aims to strengthen ocean literacy and climate awareness through a science-based educational approach in local communities. Through more than 30 educational events held on six Croatian islands and coastal areas, over 1,000 children – primarily elementary school students – participated in interactive workshops covering topics such as measuring sea temperature and salinity, thermohaline circulation, ocean currents, waste sorting, energy distribution in the ocean, and climate change. Special emphasis was placed on methods that encourage critical thinking, independent thinking, and teamwork. The workshops combined experiments, games, quizzes, and creative activities, including the development of a “calendar of promises” by young ocean caretakers. Collaborations were established with primary schools, kindergartens, tourist boards, and Centers of excellences across the Adriatic coastal region. For older participants, eight public science-in-a-café lectures titled „*The Adriatic in a Café*“ were held, along with educational pub quizzes and board game nights focused on climate change and marine sciences. In 2024, the initiative gained international recognition by being presented at the *Science is Wonderful!* fair and selected as a finalist for the *ERC Public Engagement with Research award*. Despite the challenges of working with children and limited long-term financial support, further development of the initiative is planned through the establishment of a dedicated association to ensure the sustainability of its activities. The presentation will showcase current results and the potential for expanding this innovative model of connecting science, education, and the wider community.

Key words: climate change, ocean literacy, science communication, community education

Kako unaprijediti znanje o moru u obrazovnom sustavu? – HORIZON BlueLightS projekt

Melita, Mokos¹, Ivana, Zubak Čižmek¹, Ivana, Klarica², Igor, Radeka³, Vesko, Nikolaus⁴

¹Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, ²Odjel za izobrazbu učitelja i odgojitelja, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru, Ulica dr. Franje Tuđmana 24 i, Zadar, ³Odjel za pedagogiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru, Obala kralja Petra Krešimira IV/2, Zadar, ⁴Agencija za odgoj i obrazovanje, Donje Svetice 38, Zagreb
e-mail: mmokos@unizd.hr

BlueLightS je HORIZON projekt u okviru misije EU-a „Obnovimo naš ocean i vode do 2030.“ te je posvećen znanju o moru (oceanskoj pismenosti) i poticanju brige o moru i vodama unutar školskih zajednica. Cilj ovog projekta je ojačati znanje i vještine učenika i nastavnika kako bi se postigla održivost i zaštita vodenih i morskih ekosustava. Hrvatska je snažno povezana s Jadranskim morem što je vidljivo kroz društvenu, kulturnu i ekonomsku orijentiranost prema moru. S obzirom na mnoge antropogene pritiske te značaj mora za društvo i prirodu, postoji potreba da se znanje o moru prenese u obrazovni sustav. Kao dio projekta BlueLightS, Hrvatska je jedna od devet eksperimentalnih država u kojima se provode aktivnosti i mjere za unaprjeđenje plavog obrazovanja. U obrazovanju učenika, ali i nastavnika i učitelja, „plavi“ su sadržaji slabo zastupljeni i gotovo da nema mogućnosti za formalno stručno usavršavanje koje bi unaprijedilo znanje o „plavim“ sadržajima nastavnika. No, postoje razne neformalne inicijative plavog obrazovanja koje su usmjerene najčešće na učenike, ali su slabo povezane s obrazovnim sustavom. U ovoj prezentaciji predstaviti ćemo eksperimentalne aktivnosti u Hrvatskoj: a) stručno usavršavanje nastavnika iz područja znanja o moru, b) razvoj obrazovnih resursa na hrvatskom jeziku, c) promicanje mogućnosti za plavo obrazovanje za buduće nastavnike kao dio njihovog sveučilišnog obrazovanja, d) mapiranje postojećih inicijativa plavog obrazovanja u formalnom i neformalnom obrazovanju i istraživanje načina njihovog povezivanja; e) omogućavanje komunikacije između ključnih dionika povezanih s plavim obrazovanjem i izgradnja jačih veza između dionika formalnog i neformalnog obrazovanja, f) povezivanje različitih inicijativa plavog obrazovanja s nastavnicima, g) promicanje plavog obrazovanja na različitim online i fizičkim događajima. Ove eksperimentalne aktivnosti povećat će vidljivost plavog obrazovanja i doprinijeti njegovoj integraciji u hrvatski obrazovni sustav.

Ključne riječi: plavo obrazovanje, „ocean literacy“, oceanska pismenost, znanje o moru, obrazovanje za održivi razvoj

How to improve ocean literacy in the education system? – HORIZON BlueLightS project

Melita, Mokos¹, Ivana, Zubak Čižmek¹, Ivana, Klarica², Igor, Radeka³, Vesko, Nikolaus⁴

¹ Department of Ecology, Agronomy, and Aquaculture, University of Zadar, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, ² Department of Teachers and Preschool Teachers Education, University of Zadar, Ulica dr. Franje Tuđmana 24 i, Zadar, ³ Department of Pedagogy, University of Zadar, Obala kralja Petra Krešimira IV/2, Zadar, ⁴ Department of Pedagogy, University of Zadar, Donje Svetice 38, Zagreb
e-mail: mmokos@unizd.hr

BlueLightS is a HORIZON projects under the EU Mission ‘Restore our ocean and waters by 2030’, committed to increasing ocean literacy (OL) and fostering environmental stewardship within school communities, mainstreaming blue education in Europe. It aims to strengthen the knowledge and skills of students and teachers to deliver blue sustainability, which includes both marine and freshwater ecosystems. Croatia has a strong bond with the Adriatic Sea which can be seen in its social, cultural and economic orientation to the sea. Regarding the anthropogenic pressures, and the importance of the sea for society and nature, there is a need to bring ocean and water literacy into education system. S obzirom na mnoge antropogene pritiske te značaj mora za društvo i prirodu, postoji potreba da se znanje o moru prenese u obrazovni sustav. As a part of the BlueLightS project, Croatia is one of nine experimentation countries that will take actions to enhance the status of blue education. Presence of „blue“ in the student and teachers education is very scarce, with almost no opportunities for both in-service and pre-service teachers to receive training in „blue“ topics. However, there are many non-formal blue education initiatives which are poorly connected to formal education. In this presentation we will present experimentation activities in Croatia: a) teacher training in OL, b) development of educational resources in the native language, c) promotion of the opportunities for blue education for pre-service teachers, d) mapping existing blue education initiatives in, both formal and non-formal education and exploring ways to connect them; e) communication between key stakeholders related to blue education and building stronger connections between formal and non-formal education stakeholders, f) connecting different blue education initiatives with teachers, g) promoting blue education at different online and in-person national events. These experimentation activities will increase visibility of the blue education and contribute to its mainstreaming in Croatian education system.

Key words: blue education, ocean literacy, marine knowledge, education for sustainable development

Kako najmlađima približiti brigu za more i morski okoliš?

Kristina, Kaštelanić¹, Marica, Kučan¹

¹*Pomorska škola Bakar, Nautička 14, 51222 Bakar, Hrvatska*
e-mail: kristina.kastelanic@gmail.com, marica.kucan5@gmail.com,

Učenici Pomorske škole Bakar dugi niz godina educiraju se o važnosti očuvanja mora, posebno kroz projekt Plavi dan, ali i sudjelovanjem u nizu ekoloških akcija. Ono što je posebno vrijedno, prenose svoj entuzijazam i na učenike osnovnih škola. Sudjelovali su na projektnim danima OŠ Čavle i OŠ Vladimir Nazor Crikvenica. Prezentirali su njihovo opredjeljenje za ekološkim osvješćivanjem i brigu za more. Održali su i kratka edukativna predavanja za učenike OŠ Kraljevica povodom Svjetskog dana zaštite okoliša. Približiti se najmlađima, pobuditi u njima brigu za naše bolje sutra veliki je doprinos srednjoškolaca u poduzimanju mjera za zaštitu i očuvanje morskog okoliša. U prezentaciji će ukratko biti prikazane teme koje su predstavljene najmlađima: nove vrste u Jadranu, poplavljanje obalnih područja Jadrana, porast temperature, saliniteta i kiselosti Jadranskog mora, masovna smrtnost plemenite periske, *Posidonia oceanica* u Uvali Krušćica na otoku Cresu uz izvođenje pokusa iz mehanike fluida.

Ključne riječi: očuvanje morskog ekosustava, edukacija, prenošenje ideja, znanja i iskustava

How to teach the youngest about caring for the sea and the marine environment?

Kristina, Kaštelanić¹, Marica, Kučan¹

¹*Maritime School Bakar, Nautička 14, 51222 Bakar, Croatia*
e-mail: kristina.kastelanic@gmail.com, marica.kucan5@gmail.com

For many years, students of the Bakar Maritime School have been educating themselves about the importance of preserving the sea, especially through the Blue Day project, but also by participating in a series of environmental actions. What is especially valuable is that they also transfer their enthusiasm to elementary school students. They participated in the project days of the Elementary School Čavle and the Elementary School Vladimir Nazor Crikvenica. They presented their commitment to environmental awareness and care for the sea. They also held short educational lectures for students of the Elementary School Kraljevica on the occasion of World Environment Day. Getting closer to the youngest, awakening in them concern for our better tomorrow is a great contribution of high school students in taking measures to protect and preserve the marine environment. The presentation will briefly cover the topics that were introduced to the youngest: new species in the Adriatic, flooding of coastal areas of the Adriatic, increase in temperature, salinity and acidity of the Adriatic Sea, mass mortality of *Pinna nobilis*, *Posidonia oceanica* in Krušćica Bay on island Cres along with performing experiments in fluid mechanics.

Keywords: preservation of the marine ecosystem, education, transfer of ideas, knowledge and experiences

Sinergija umjetnosti i znanosti i umjetna inteligencija

Jasna, Lovrinčević¹

¹*Koblenz, Germany*
e-mail: jasna@tiha.de

Sinergija umjetnosti i znanosti dio je programa Svjetske akademije umjetnosti i znanosti, osnovane 1960. koja je i sukreator i potpisnica Jenske Deklaracije, prihvaćene 2021. Jenska Deklaracija poziva na promjenu strategija u postizanju UN-ovih Ciljeva za održivi razvoj kako bi se ostvarili na vrijeme, do 2030. godine. Novi pristup daje važnu ulogu umjetnosti kako bi umjetnost kroz suradnju sa znanošću stvarala novu viziju za planiranu promjenu svijeta. Umjetnost može prenijeti znanstvene spoznaje, educirati, pokazati put do znanja, a prvenstveno je prepoznata njena moć djelovanja na emocije i utjecaj na način razmišljanja. Hoće li umjetnost koju je napravila umjetna inteligencija moći doprinijeti ostvarenju UN Agende 2030? Kada se pedesetih godina, jednom od osnivača suvremene računalne tehnologije i ocu umjetne inteligencije, matmatičaru Alanu Turingu (1912-1954) uvjerljivo tvrdilo kako njegov inteligentni stroj neće moći stvarati poeziju, mada je on bio siguran da hoće, tadašnja javnost nije mogla pretpostaviti da danas umjetna inteligencija stvara poeziju koju je teško prepoznati kao djelo stroja. Poeziju koju je napisala umjetna inteligencija (UI) ispitanici ocjenjuju kao privlačniju od stihova poznatih pjesnika. Turingov test predložen od Alana Turinga 1950. za procjenu inteligencije stroja, ChatGpt 4.5 je uspio proći. Njegovi odgovori nisu se mogli razlikovati od odgovora čovjeka. Također, u području vizualne umjetnosti, slike i fotografije koje su napravili generatori slike, bazirani na umjetnoj inteligenciji pobijedile su na natjecajima, na kojima ocjenjivački sud nije prepoznao da je nagradio djela umjetne inteligencije. A što je sa znanošću i znanstvenim istraživanjem u vremenu UI?

Ključne riječi: umjetnost, održivost, umjetna inteligencija

Synergy of Art and Science and the Artificial Intelligence

Jasna, Lovrinčević¹

¹*Koblenz, Germany*
e-mail: jasna@tiha.de

Synergy between art and science is part of the programme of World Academy of Art and Science, founded in 1960, which is also a co-creator and signatory of the Jena Declaration, adopted in 2021. The Jena Declaration calls for a change in strategies in achieving the UN's Sustainable Development Goals in order to attain them on time, by 2030. The new approach gives an important role to the art so that art, through collaboration with science, creates new vision for the planned transformation of the world. Art can convey scientific knowledge, educate, show the path to knowledge, and it is recognized that its primarily power is to affect emotions and influence the way we think. Will the art produced by artificial intelligence be able to contribute in achieving the UN Agenda 2030? When, in the 1950s, one of the founders of modern computer technology and father of artificial intelligence, mathematician Alan Turing (1912-1954) was confidently told that his intelligent machine would not be able to create poetry, although he was certain that it would, the public at the time could not have assumed that today artificial intelligence creates poetry which is difficult to recognize as the work of a machine. Poetry written by artificial intelligence (AI) is rated by respondents as more attractive than verses by famous poets. The Turing test proposed by Alan Turing in 1950 to assess machine intelligence, ChatGpt 4.5 has managed to pass it. The AI answers were indistinguishable from those of a human. Also, in the field of visual arts, paintings and photographs created by image generators based on artificial intelligence have won competitions where the jury did not recognize that they had awarded works of artificial intelligence. And what about science and scientific research in the age of AI?

Key words: art, sustainability, artificial intelligence

POSTER PREZENTACIJE / POSTER PRESENTATION

Lokalno ekološko znanje o ribarstvu u istočnom Jadranskom moru (Hrvatska)

Bruna, Petani¹, Branko, Ančić², Bosiljka, Mustać¹, Dražen, Cepić²

¹*Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, Hrvatska,* ²*Institut za društvena istraživanja u Zagrebu, Frankopanska 22/I, 10000 Zagreb*
e-mail: bpetani@unizd.hr

Tijekom posljednjih desetljeća Jadransko more suočava se s raznolikim i brojnim stresorima. Porast temperature mora i određene ribolovne tehnike negativno utječu na sastav i strukturu različitih morskih zajednica. Stoga je, u svrhu boljeg razumijevanja prostorne i vremenske dinamike, praćenja bioraznolikosti morskih vrsta te razvoja održive strategije upravljanja morskim resursima, ključno u istraživanja uključiti i informacije izravno dobivene od ribara, koji često posjeduju dragocjeno lokalno ekološko znanje. Značaj ovog suvremenog interdisciplinarnog pristupa široko je prepoznat u znanstvenoj zajednici, što je dovelo do uvođenja pojma FLEK (engl. Fisheries Local Ecological Knowledge – lokalno ekološko znanje o ribarstvu). Ovo istraživanje analiziralo je FLEK u okviru malog obalnog, velikog gospodarskog i rekreacijskog ribolova u Hrvatskoj. Cilj je bio prikupiti podatke o ukupnom neželjenom ulovu i invazivnim vrstama koje se pojavljuju u različitim ribarskim sektorima. Nadalje, uspoređivana je percepcija ribara o ranjivosti ciljanih vrsta i vrstama ribolovnih aktivnosti sa službenim statusom ugroženosti istih. Također, analizirani su stavovi ribara prema klimatskim promjenama, putem strukturiranog upitnika. Istraživanje se temeljilo na uzorku od 550 ribara iz Hrvatske, prikupljenom u sklopu projekta „Održivo ribarstvo: društveni odnosi, identitet i zajedničko upravljanje jadranskim ribolovnim resursima“, financiranog od Hrvatske zaklade za znanost.

Ključne riječi: FLEK, održivi ribolov, mali obalni ribolov, ribolovni alati, Jadransko more

Fisheries local ecological knowledge in the eastern Adriatic Sea (Croatia)

Bruna, Petani¹, Branko, Ančić², Bosiljka, Mustać¹, Dražen, Cepić²

¹*Department of ecology, agronomy and aquaculture, University of Zadar, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, Croatia,* ²*Institute for Social Research in Zagreb, Frankopanska 22/I, 10000 Zagreb*
e-mail: bpetani@unizd.hr

In recent decades, the Adriatic Sea has faced various multiple stressors. Rising sea temperatures and specific fishing techniques have been found to adversely affect the composition and structure of different marine communities. Therefore, in order to better understand the spatial and temporal dynamics, monitor marine species' biodiversity, and develop a sustainable strategy to managing marine resources, it is crucial to incorporate information obtained directly from fishes, who often possess valuable local knowledge. The significance of this recent interdisciplinary approach has been widely recognized by the scientific community, leading to the introduction of the term FLEK (Fisheries Local Ecological Knowledge). This paper analyzed FLEK of small-scale, large-scale and recreational fishery in Croatia. The aim was to provide information in terms of total bycatch and invasive species caught within different fisheries sectors. Furthermore, fishermen's perception of targeted individuals' vulnerability and type of fishing activity was compared with the official endangered status and attitudes towards climate change was examined through a questionnaire. The analysis was based on a sample of 550 fishermen from Croatia, gathered as part of the project "Sustainable fishing: social relations, identity and co-management of Adriatic fishery resources", funded by the Croatian Science Foundation.

Key words: FLEK, sustainable fishing, small scale fishers, fishing tools, Adriatic Sea

Povezanost ubrzanog zagrijavanja Jadranskog mora i dolaska tropskih indopacifičkih zooplanktonskih vrsta

Mirna, Batistić¹, Rade, Garić¹, Marijana, Hure¹

¹*Institut za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku, Kneza D. Jude 12, 20000 Dubrovnik, Hrvatska*
e-mail: mirna.batistic@unidu.hr

Analizirali smo dugoročne trendove temperature i slanosti na otvorenom južnom Jadranu na temelju prosječnih vrijednosti dubine od 200 do 800 m tijekom razdoblja od 40 godina (1985. – 2024.). Analiza je otkrila statistički značajan, ubrzavajući porast temperature i slanosti u dubokom južnom Jadranu. Tijekom razdoblja istraživanja, prosječna temperatura porasla je za $1,15 \pm 0,15$ °C, s trostrukim ubrzanjem stope zagrijavanja nakon 2011. Slično tome, trend slanosti se intenzivirao, s devetostrukim ubrzanjem nakon 2012. Prosječna slanost porasla je za $0,26 \pm 0,053$ PSU tijekom razdoblja istraživanja. Prijelomne godine 2011./2012. poklopile su se s početkom smanjenog riječnog dotoka u Jadransko more i utjecajem ciklonalne faze BiOS mehanizma. Pojava toplovodnih vrsta hidromeduza, kalikofera i hetognata u Jadranskom moru potvrđuje njihovo širenje prema sjevernijim hladnijim područjima Sredozemnog mora. Ovaj događaj je vjerojatno potaknut prvenstveno dvama čimbenicima: snažnim dotokom istočnomediteranskih voda i dugoročnim porastom temperature Jadranskog mora.

Ključne riječi: toplovodne zooplanktonske vrste, klimatske promjene, BiOS mehanizam, Jadransko more, Sredozemno more

Accelerated warming of the Adriatic Sea coincides with arrival of tropical indopacific zooplankton species

Mirna, Batistić¹, Rade, Garić¹, Marijana, Hure¹

¹*Institute for marine and coastal research, University of Dubrovnik, Kneza D. Jude 12, 20000 Dubrovnik, Croatia*

e-mail: mirna.batistic@unidu.hr

We analyzed long-term trends in temperature and salinity in the open South Adriatic Sea based on depth-averaged values from 200 to 800 m over a 40-year period (1985–2024). The analysis revealed statistically significant and even accelerating increases in both temperature and salinity in the deep South Adriatic. Over the study period, the average temperature increased by 1.15 ± 0.15 °C, with a threefold acceleration in the warming rate after 2011. Similarly, the salinity trend intensified, with a ninefold acceleration after 2012. Average salinity rose by 0.26 ± 0.053 PSU during the study period. The breakpoint years of 2011/2012 coincided with the onset of reduced river runoff into the Adriatic and the prevalence of cyclonic BiOS conditions. The appearance of the warm-water hydromedusae, calycophorae and chaetognatha species in the Adriatic confirms a northward expansion of their distribution into the colder regions of the Mediterranean. This event appears to be driven primarily by two factors: a strong inflow of eastern Mediterranean waters, and the long-term increase in Adriatic Sea temperature.

Key words: tropical zooplankton species, climatic changes, BiOS mechanism, Adriatic Sea, Mediterranean Sea

Obalna erozija na otoku Krku

Nadia, Dunato Pejnović¹, Čedomir, Benac², Kristina, Pikelj³, Igor, Ružić⁴

¹Prirodoslovni muzej Rijeka, Lorenzov prolaz 1, Rijeka, Hrvatska, ^{2,4}Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, R. Matejčić 3, Rijeka, Hrvatska, ³Geološki odsjek, Prirodoslovno matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, Zagreb, Hrvatska
e-mail: nadia@prirodoslovni.com

Otok Krk se nalazi u području Kvarnera (SI kanalski dio Jadranskog mora), a ima oblik nepravilnog trokuta. Površina tog otoka je 403 km², a ukupna duljina obala 210 km. Otok Krk izgrađen je od krednih vapnenaca, dolomitnih vapnenaca, breča i rudistnih vapnenaca, kao i paleogenskih foraminiferskih vapnenaca i fliša (pješčenjaci, lapori i siltiti) te oligocensko-miocenskih karbonatnih breča. Karbonatne stijene prevladavaju na kopnenom i obalnom dijelu otoka. Flišne stijene nalaze se u centralnoj depresiji otoka, a njihovi izdanci također u uskim zonama na obalama. Sedimenti sastavljeni od šljunka i oblutaka nalaze se u nizvodnim dijelovima suhih krških dolina i tvore tijela žala. Reljef otoka Krka vrlo je raznolik: 24 km (11 %) je vrlo strma stjenovita obala, 177 km (84 %) je blago položena stjenovita obala, 8 km (4 %) obale su šljunčana žala, a manje od 2 km (1 %) su pjeskoviti žali. Vjetrovi pušu iz promjenjivih smjerova. Valovi u području Kvarnera imaju ograničeno privjetrište u odnosu na otvoreni dio Jadranskog mora. Vrlo spori procesi bioerozije prevladavaju na relativno rezistentnim karbonatnim stijenama, što dovodi do stvaranja plimnih potkapina. To su karakteristična udubljenja koja se razvijaju na stjenovitim karbonatnim obalama s malim plimnim rasponom. Ipak, klifovi su stvoreni u zdrobljenim zonama izloženim djelovanju valova. Mehanička marinska erozija je izraženija na flišnim obalama i na kvartarnim sedimentima. Žali oko otoka Krka su prirodna zaštita obala u sadašnjim oceanografskim prilikama. Rast razine Jadranskog mora predviđa se u rasponu od 19 do 33 cm (2046.-2065.) i od 32 do 65 cm (2081.-2100.). Porast razine mora i povećana valna energija povećat će ranjivost obalnog područja. Učestalija plavljenja uzrokovati će erozije žala, povlačenje klifova te pokretanje klizišta i odrona.

Ključne riječi: marinska erozija, bioerozija, razina mora, ranjivost obala, Jadransko more

Coastal erosion on the Krk Island

Nadia, Dunato Pejnović¹, Čedomir, Benac², Kristina, Pikelj³, Igor, Ružić⁴

¹ *Natural History Museum Rijeka, Lorenzov prolaz 1, Rijeka, Croatia,* ^{2,4} *Faculty of engineering, University of Rijeka, R. Matejčić 3, Rijeka, Croatia,* ³ *Geology department, Faculty of science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia*
e-mail: nadia@prirodoslovni.com

Krk Island is located in the Kvarner area (NE channel part of the Adriatic Sea), and has the shape of an irregular triangle. The surface area of this island is 403 km², and the total length of the coast is 210 km. Krk Island consists of Cretaceous limestones, dolomitic limestones, breccias, and rudist limestones, as well as Palaeogene foraminiferal limestones and flysch (sandstones, marls, and siltstones), and Oligocene-Miocene carbonate breccias. Carbonate rocks prevail on the terrestrial and coastal part of the island. Flysch rocks are located in the central depression of the island, and also in narrow zones on the coasts. Sediments composed of gravel and cobble are situated in the downstream parts of a dry karstic valley and form beach bodies. The relief of the coast of the Krk Island is very diverse: 24 km (11 %) is a very steep rocky coast, 177 km (84 %) is a gentle inclined rocky coast, 8 km (4 %) of the coast are gravel beaches, and less than 2 km (1 %) are sandy beaches. Winds blow from changing directions. Waves in the Kvarner area have limited fetch and a smaller height compared to the open part of the Adriatic Sea. Very slow bioerosion processes prevail on relatively resistant carbonate rocks, leading to the formation of tidal notches. Tidal notches are distinctive erosional features that form on rocky carbonate coasts with low tidal ranges. However, cliffs have formed in the crushed zone exposed to wave action. Mechanical marine erosion is more expressed on flysch rocks and Quaternary sediments. Beaches along the Krk Island are natural coastal protection in the present oceanographic conditions. The predicted sea-level rise of the Adriatic Sea ranges from 19 to 33 cm for the period 2046-2065, and from 32 to 65 cm for 2081-2100. The consequences of rising sea level and increased wave energy are expected to heighten coastal vulnerability. More frequent coastal flooding can cause beach erosion, cliff retreat, and activation of landslides and rockfalls.

Key words: marine erosion, bioerosion, sea level, coastal vulnerability, Adriatic Sea

Invazivna morska alga *Caulerpa cylindracea*: prvi podaci o nutritivnim vrijednostima i sadržaju aminokiselina

Gioconda, Millotti¹, Ines, Kovačić¹, Emina, Pustijanac¹, Neven, Iveša¹, Paolo, Paliaga¹, Moira, Buršić¹, Petra, Burić¹, Mauro, Štifanić¹, Pia, Juričić¹, Ursula, Balas¹, Lada, Jagadić¹

¹Fakultet prirodnih znanosti, sveučilište Jurja Dobrila u Puli, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Croatia
e-mail: gmillotti@unipu.hr

Invazivna morska alga *Caulerpa cylindracea* bilježi brzo i ekstenzivno širenje Jadranskim morem, što izaziva značajne ekološke zabrinutosti. Unatoč njezinoj rasprostranjenosti, dostupna znanstvena literatura ne sadrži podatke o njezinim nutritivnim svojstvima i profilu amino kiselina. Cilj ovog istraživanja bio je doprinijeti nadopunjavanju postojećih literaturnih nedostataka kroz analizu nutritivnih vrijednosti i aminokiselinskog sastava vrste *C. cylindracea*. Uzorci talusa algi prikupljeni su u prosincu 2024. godine u akvatoriju Kamenjaka, Premantura, Hrvatska, na dubini od oko 10 metara. Nakon postupka dehidracije uzoraka, analizirane su nutritivne vrijednosti i sadržaj aminokiselina. Analiza osušene alge pokazuje bogat i uravnotežen profil aminokiselina. Ukupan sadržaj esencijalnih aminokiselina (EAA) iznosio je 3362 mg na 100 g suhe mase, dok sadržaj neesencijalnih aminokiselina (NEAA) iznosio je 3860 mg na 100 g. To je rezultirao omjerom EAA/NEAA od 0,87, što ukazuje na dobro uravnotežen sastav amino kiselina. Među aminokiselinama, glutaminska kiselina (630 mg) najzastupljenija je neesencijalna aminokiselina, dok je leucin (610 mg) najzastupljenija esencijalna aminokiselina. Ostale aminokiseline prisutne s izrazito visokim koncentracijama uključuju valin, lizin i arginin, svaka s minimalno 480 mg na 100 g.

Ključne riječi: *Caulerpa cylindracea*, nutritivne vrijednosti, aminokiseline

Invasive seaweed *Caulerpa cylindracea*: first data on nutritional values and amino acid content

Gioconda, Millotti¹, Ines, Kovačić¹, Emina, Pustijanac¹, Neven, Iveša¹, Paolo, Paliaga¹, Moira, Buršić¹, Petra, Burić¹, Mauro, Štifanić¹, Pia, Juričić¹, Ursula, Balas¹, Lada, Jagadić¹

¹*Faculty of Natural Sciences, Jurja Dobrila University of Pula, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Croatia*
e-mail: gmillotti@unipu.hr

The invasive seaweed *Caulerpa cylindracea* has rapidly spread throughout the Adriatic Sea, causing negative impacts on the ecosystem. Despite its widespread presence, no data exist in the literature regarding its nutritional values and amino acid content. This study aimed to fill this knowledge gap by analyzing the nutritional values as well as amino acid content of *C. cylindracea*. Samples were collected in December 2024 in the waters near Kamenjak, Premantura, Croatia at about 10 m depth. After dehydration they were analyzed for their nutritional values and amino acid content. The analysis of the dried green alga *C. cylindracea* shows a rich and well-balanced amino acid profile. The total essential amino acid (EAA) content was 3362 mg per 100 g of dry weight, while non-essential amino acids (NEAAs) amount was 3860 mg per 100 g. This resulted in an EAA/NEAA ratio of 0.87, which indicates a well-balanced amino acid composition. Among the amino acids, glutamic acid (630 mg) was the most abundant non-essential amino acid and leucine (610 mg) was the most abundant essential amino acid. Other amino acids with notably high concentrations include valine, lysine, and arginine, each at or above 480 mg per 100 g.

Key words: *Caulerpa cylindracea*, nutritional values, amino acid content

Primjena podvodne fotogrametrije za kvantifikaciju stanišne strukture busenastog koralja *Cladocora caespitosa* kod otoka Iža

Rina, Milošević^{1,2}, Marija, Jurica³ Bruna, Petani¹, Slavica, Čolak¹

¹Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadar,
²Sveučilište u Zadru, Centar za geoprostorne tehnologije, Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadar. ³Ronilački klub "KPA ZADAR", Obala kneza Trpimira 12a, 23000 Zadar
e-mail: rmilosevi@unizd.hr

Podvodna fotogrametrija sve više se koristi za istraživanje različitih morskih ekosustava te omogućuje izradu visokorezolucijskih 2D i 3D modela primjenjivih za detaljnu analizu struktura i procesa u podvodnom okolišu. Osnovne prednosti u odnosu na tradicionalne metode su neinvazivnost, brzina, preciznost i ponovljivost. Kod istraživanja bentoskih zajednica poput koraljnih grebena primjenjuje se za analizu strukture staništa i praćenje potencijalnih promjena tijekom vremena. U sklopu ovog istraživanja ispitana je primjenjivost komercijalnog podvodnog robota (ROV) Chasing M2 Pro za kvantitativnu analizu strukture staništa kolonijalnog busenastog koralja *Cladocora caespitosa* u plitkom priobalnom području u blizini otoka Iža (Hrvatska). Na testnoj plohi postavljen je transekt s orijentacijskim točkama i lokalnim koordinatnim sustavom za georeferenciranje. Snimanje je provedeno uz optimalno dnevno osvjetljenje metodom video transekata sa 80% preklapanja. Najoštiji kadrovi obrađeni su metodom *Structure-from-Motion* (SfM) u Agisoft Metashapeu, čime su dobiveni gusti oblak točaka, DSM i ortomozaik. Prostorna analiza provedena je u ArcMapu primjenom heksagonalne mreže za kvantifikaciju strukturnih i ekoloških pokazatelja. Izračunati su specifični pokazatelji vezani uz bioraznolikost, morfometriju, pokrovnost zdravstveno stanje kolonija koralja te prisutnost invazivnih vrsta. Istraživanje je provedeno u sklopu projekta *ReefQuest – Cladocora caespitosa Exploration*, a u svrhu validacije, modeli dobiveni fotogrametrijom kombinirani su s podacima prikupljenima tradicionalnim ronilačkim metodama. Dobiveni podaci omogućuju početnu procjenu stanja populacije te ukazuju na mogućnosti primjene fotogrametrije za daljnji monitoring i zaštitu ove ugrožene vrste uslijed klimatskih promjena.

Ključne riječi: podvodna fotogrametrija, *Cladocora caespitosa*, bentoska zajednica, ROV, modeliranje, ortomozaik

Application of underwater photogrammetry for quantifying the habitat structure of the bushy coral *Cladocora caespitosa* near the Island of Iž

Rina „Milošević^{1,2}, Marija, Jurica³ Bruna, Petani¹, Slavica, Čolak¹

¹University of Zadar, Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, ² University of Zadar, Centar for Geospatial Technologies, Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadar,

³Diving Club "KPA ZADAR", Obala kneza Trpimira 12a, 23000 Zadar

e-mail: rmilosevi@unizd.hr

Underwater photogrammetry is increasingly employed in the study of marine ecosystems, enabling the creation of high-resolution 2D and 3D models for detailed structural and process-based analysis of underwater environments. Compared to traditional methods, it offers significant advantages, including non-invasiveness, rapid data acquisition, high precision, and repeatability. For coral reef ecosystems and other benthic communities, it provides an effective approach for quantifying habitat structure and documenting temporal changes. This study investigated the applicability of the underwater remotely operated vehicle (ROV) Chasing M2 Pro for habitat structure analysis of the colonial cushion coral *Cladocora caespitosa* in a shallow coastal area near the island of Iž (Croatia). For spatial reference, a transect with orientation markers and a local coordinate system was established at the study site. Video transects were recorded under optimal daylight conditions with 80% frame overlap. The sharpest frames were processed using the *Structure-from-Motion* (SfM) method in Agisoft Metashape, generating a dense point cloud, a digital surface model (DSM), and an orthomosaic. Spatial analysis was performed in ArcMap using a hexagonal grid to facilitate spatially explicit quantification of structural and ecological indicators. Quantification was performed through a set of metrics related to biodiversity, morphometric traits, coral cover, colony health, and invasive species occurrence. The research was conducted as part of the *ReefQuest-Cladocora caespitosa Exploration project*. For validation, photogrammetrically derived models were cross-referenced with data collected through traditional scuba diving surveys. The obtained data enable an initial assessment of the population status and indicate the potential of photogrammetry for further monitoring and conservation of this endangered species in the context of climate change.

Keywords: underwater photogrammetry, *Cladocora caespitosa*, benthic community, remotely operated vehicle (ROV), modeling, orthomosaic

Biološka raznolikost školjkaša na kolektorima ličinki školjkaša u dva Natura 2000 područja Splitsko-dalmatinske županije

Zvezdana Popović Perković¹, Josip, Boban², Jelena, Kurtović-Mrčelić², Karla, Marinić¹

¹Sveučilišni odjel za studije mora, Sveučilište u Splitu, Ruđera Boškovića 37, Split, Hrvatska, ²Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode na području Splitsko-dalmatinske županije „More i krš”, Prilaz braće Kaliterna 10, 21000 Split, Hrvatska
e-mail: zvezdana.popovic@unist.hr

Istraživanje zajednice školjkaša na sakupljačima ličinki školjkaša provedeno je na područjima ekološke mreže Natura 2000 Splitsko-dalmatinske županije (Pantan (HR3000430) i ušće Cetine (HR3000126)). Sakupljači ličinki školjkaša su postavljeni 2023. godine kao metoda, praćenja novačenja i preživljavanja mlađi kritično ugrožene vrste *Pinna nobilis* Linnaeus 1758, prikupljanja podataka o biološkoj raznolikosti školjkaša i bilježenja pojavnosti invazivnih vrsta. Analiza sakupljača ličinki školjkaša rezultirala je determinacijom 27 vrsta školjkaša iz 13 porodica međutim niti jedna juvenilna jedinka vrste *P. nobilis* nije pronađena. Između 11896 analiziranih jedinki školjkaša nije bilo alohtonih vrsta međutim pronađene su jedinke kozmopolitske i invazivne vrste morske mješčice *Styela plicata*. Najbrojnije jedinke bile su vrste *Musculus costulatus* (N=6178), *Musculus subpictus* (N=2152) i *Lima hians* (N=814). Svi dobiveni kvalitativni i kvantitativni podaci analizirani su u statističkom paketu Primer 6 gdje su izračunati indeksi bioraznolikosti, uključujući Margalefov, Pielouov, Shannon-Wiener i Simpsonov indeks. Također, Bray-Curtisov indeks sličnosti (1957) se koristio radi utvrđivanja razine sličnosti između replika uzoraka a za vizualni prikaz je korištena multivarijantna ordinarna statistička metoda MDS sa dobivenim koeficijentom razine stresa 0,14. Ovo istraživanje je značajno za procjenu stanja bioraznolikosti u istraživanom morskom području i korisno za buduće planiranje programa, provedbu zaštite staništa u područjima mreže Natura 2000 u Splitsko-dalmatinskoj županiji koje nastanjuje vrsta *P. nobilis*, te praćenje prisutnosti rezistentnih jedinki i alohtonih vrsta. Preporuča se daljnje praćenje i analiza zajednice školjkaša.

Ključne riječi: bioraznolikost, Splitsko-dalmatinska županija, školjkaši, *Pinna nobilis*, invazivne vrste

Biodiversity of bivalve molluscs on a bivalve larval collectors in two Natura 2000 sites of Split-Dalmatia County

Zvezdana, Popović Perković¹, Josip, Boban², Jelena, Kurtović-Mrčelić², Karla, Marinić¹

¹University Department of Marine Studies, University of Split, Ruđera Boškovića 37, 21000 Split, Croatia,

²Public Institution for the Management of Protected Areas in the County of Split and Dalmatia – „Sea and Karst”, Prilaz braće Kaliterna 10, 21000 Split, Croatia
e-mail: zvezdana.popovic@unist.hr

Research of the bivalve community on bivalve larvae collectors was conducted in the ecological network Natura 2000 sites of Split-Dalmatia County (Pantan (HR3000430), and the Cetina estuary (HR3000126)). The collectors were set up in 2023. as a method of critically endangered *Pinna nobilis* Linnaeus 1758 juvenile recruitment and survival monitoring, collecting data on bivalve biodiversity, and recording emergence of non-native species. Analysis of the shellfish larvae collectors resulted in the determination of 27 bivalve species from 13 families and none of the *P. nobilis* juveniles. Among 11896 analysed bivalve individuals there were no non-native species however the cosmopolitan and invasive species of sea squirt *Styela plicata* was found. The most numerous individuals were *Musculus costulatus* (N=6178), *Musculus subpictus* (N=2152), and *Lima hians* (N=814) species. All obtained qualitative and quantitative data were analysed in statistical package Primer 6 where biodiversity indices were calculated including Margalef, Pielou, Shannon-Wiener and Simpson index. Also, the Bray-Curtis similarity index (1957) was used to determine the level of similarity between replicate samples, and the multivariate ordinary statistical method MDS with a stress level coefficient of 0.14. This research is significant for assessing the state of biodiversity in the researched marine area and useful for future program planning, habitat protection implementation in the areas of the Natura 2000 network in Split-Dalmatia County inhabited by the *P. nobilis* species and monitoring the presence of resistant individuals and allochthonous species. Further monitoring and analysis of the bivalve community is recommended.

Key words: biodiversity, Split-Dalmatia County, bivalve, *Pinna nobilis*, invasive species

Prikupljanje mlađi jakobove kapice *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) iz prirode

Valentina Šebalj¹, Ivan Župan², Matija Bumbak³, Petar Zuanović², Simone Caiazzo⁴

¹Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, Uprava ribarstva, Služba za akvakulturu, Ispostava Zadar, Trg kralja Stjepana Držislava 1b, 23000 Zadar, ²Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, ³Platforma 22 d.o.o., Trg Dražena Petrovića 10, 22000 Šibenik, ⁴Sveučilište u Napulju Federico II, Biološki odsjek, Via Vicinale Cupa Cintia, 21, 80126 Napulj (Italija)
vsebalj@gmail.com

Školjkaši na tržište dolaze uglavnom iz marikulture, ali je ta ponuda ograničena na mali broj vrsta. U Jadranskom moru uglavnom se uzgajaju dagnje (*Mytillus galloprovincialis* Lamarck, 1819) i kamenice (*Ostrea edulis* Linnaeus, 1758). Proizvodnja se, ponajviše zbog utjecaja klimatskih promjena, susreće sa sve više izazova pri čemu ekstremne temperature mora i fluktuacije saliniteta dovode do velikih mortaliteta. Najosjetljiviji su ličinački stadiji te uzgajivači proteklih godina prijavljuju probleme s prikupljanjem mlađi iz prirode. Jedan od mogućih pristupa je uvođenje u uzgoj novih vrsta koje su otpornije na klimatske promjene. Jakobova kapica (*Pecten jacobaeus* Linnaeus, 1758) tražena je komercijalna vrsta iz ribolova koja postiže visoku tržišnu cijenu. Zbog života na većim dubinama, gdje su učinci klimatskih promjena ublaženi, jakobove kapice predstavljaju perspektivnu vrstu za uzgoj. Ovim istraživanjem ispitivan je potencijal prikupljanja mlađi jakobove kapice iz prirode radi njenog uvođenja u akvakulturu. Svakog mjeseca od jeseni 2024. godine do ljeta 2025. godine na uzgajalištu školjkaša u estuariju rijeke Krke, dva tipa kolektora, različite veličine oka (7 kolektora od 1 mm i 7 kolektora od 8 mm), ovješena su konopom sa splavi na različitim dubinama (od 8 do 20 m), a između svakog bio je razmak od 2 m. Svaki mjesec kolektori, koji su bili uronjeni dva mjeseca, su vađeni iz mora te je brojana sakupljena mlađ razvrstana po tipu kolektora i dubini. Prikupljanje mlađi jakobove kapice najpovoljnije je u ljetnom te u rano jesenskom razdoblju. Više pričvršćene mlađi uočeno je kod kolektora veličine oka od 1 mm te koji su bili postavljeni na većim dubinama, s padom broja mlađi prema površini. Zaključno, s obzirom na to da je broj prikupljene mlađi bio nedovoljan za komercijalni uzgoj, nužno je razviti i paralelno provoditi uzgoj ličinki i mlađi u kontroliranim uvjetima mrjestilišta.

Ključne riječi: *Pecten jacobaeus*, prikupljanje mlađi, estuarij rijeke Krke

The Mediterranean scallop *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) wild spat collection

Valentina, Šebalj¹, Ivan, Župan², Matija, Bumbak³, Petar, Zuanović², Simone, Caiazzo⁴

¹Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Directorate of Fisheries, Service for Aquaculture, Zadar Office, Trg kralja Stjepana Držislav 1b, 23000 Zadar, ²University of Zadar, Department of Ecology, Agriculture and Aquaculture, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, ³Platforma 22 d.o.o., Trg Dražena Petrovića 10, 22000 Šibenik, University of Naples Federico II, Department of Biology, Via Vicinale Cupa Cintia, 21, 80126 Naples (Italy)
vsebalj@gmail.com

Bivalves are primarily supplied to the market through mariculture, but this supply is often limited to a small number of species. Mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) and oysters (*Ostrea edulis* Linnaeus, 1758) are mainly farmed in the Adriatic Sea. Production is facing increasing challenges, primarily due to the impact of climate change, as extreme sea temperatures and salinity fluctuations result in high mortality. Larval stages are the most vulnerable, and farmers have reported problems collecting juveniles from nature in recent years. One possible approach is the introduction of new species that are more resilient to climate change. The Mediterranean scallop (*Pecten jacobaeus* Linnaeus, 1758) is a sought-after commercial species from fishing that achieves a high market price. Due to living at greater depths, where the effects of climate change are mitigated, scallops represent a promising species for farming. This research examined the potential of collecting wild spat for their introduction into aquaculture. Every month, from autumn 2024 to summer 2025, at a shellfish farm in the Krka River estuary, two types of collectors with differing mesh sizes (7 collectors of 1 mm and 7 collectors of 8 mm) were suspended by rope from a raft at different depths (from 8 to 20 m), at 2-meter intervals between them. Every month, collectors that had been submerged for two months were removed from the sea, and the collected spat was counted and sorted by collector type and depth. The wild spat collection from the Krka River estuary is most favorable in the summer and early autumn period. More attached spat were observed in collectors with 1 mm mesh sizes, and which were placed at greater depths, with a decrease of spat numbers towards the surface. In conclusion, given that the number of collected spat was insufficient for commercial farming, it is necessary to develop and implement in parallel the cultivation of larvae and spat in controlled hatchery conditions.

Keywords: *Pecten jacobaeus*, wild spat collection, Krka River estuary

I školjkašima u uzgajalištu je vruće!

Bojan, Hamer¹, Luca, Privileggio¹, Kristina, Grozić¹, Dijana, Pavičić-Hamer¹, Andrej, Jaklin¹, Anđela, Premzl², Nina, Bednarsek³, Tjaša, Kanduč³, Sonja, Lojen³

¹ *Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora, Rovinj, Hrvatska,* ² *Centar za razvoj ribarstva i akvakulture Istarske županije - Centro per lo sviluppo della pesca e dell'acquacoltura della Regione Istriana (CERRA), Rovinj, Hrvatska,* ³ *Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenija*
e-mail: bhamer@irb.hr

Tijekom dugogodišnje suradnje s uzgajivačima školjkaša u svezi korištenja dagnji i kamenica iz uzgajališta u Limskom zaljevu za ekotoksikološke pokuse i biomonitoring stanja okoliša u sklopu znanstvenih projekata i programa, uzgajivači uz pitanja „Jel more čisto i kakva je naša dagnja/kamenica?“, postavljaju i pitanja vezana za rješavanje konkretnih prijetnji, ugroza i unapređenja-povećanja proizvodnje istih. Dati odgovore na postavljena pitanja nije moguće korištenjem dostupne literature i povremenih mjerenja bez ciljanih primijenjenih istraživanja i redovitog praćenja. U suradnji s uzgajivačima, Istarskom županijom i suradnicima započeli smo (2023.) preliminarna sustavna komplementarna istraživanja praćenja stanja školjkaša (indeks kondicije, vitalnost, čvrstoća ljuštura), mjerenje temperature mora data logerima na odabranim lokacijama (0,5, 3, 5, 10, 15, 17 m dubine, svakih 15 min.) te mjerenje oceanografskih parametara (temperatura, salinitet, kisik, turbiditet, klorofil) svaka dva mjeseca CTD sondom u cijelom vodenom stupcu mora i transektu uz povremenu karakterizaciju uzoraka dagnji/morske vode (pH, ukupna alkalnost, DOC/POC, stabilni izotopi). Na temelju provedenih istraživanja i prikupljenih podataka mjerenja možemo reći da u Limskom zaljevu postoje dnevne i sezonske oscilacije oceanografskih parametara i razlike (gradijenti) između uzgojnih zona, lokacija i godina što naravno ima reperkusiju na rasprostranjenost biote, ali i rast/preživljavanje/smrtnost školjkaša u cijelom uzgojnom području. Primjerice, zabilježeno je formiranje ljetne termokline na dubini 14,0–15,0 m (2024.) i 12,5–17,5 m (2025.). Rezultati ovog istraživanja će pomoći u argumentaciji i davanju odgovora na postavljena pitanja, jer u hrvatskoj osim projektnih istraživanja ne postoji sustavno praćenje stanja u uzgojnim područjima, a ona zahtijevaju značajne ljudske i materijalne resurse te kontinuitet mjerenja.

Ključne riječi: marikultura, školjkaši, klimatske promjene, Limski zaljev, monitoring

Even the shellfish in the farm are feeling the heat!

Bojan, Hamer¹, Luca, Privileggio¹, Kristina, Grozić¹, Dijana, Pavičić-Hamer¹, Andrej, Jaklin¹, Anđela, Premzl², Nina, Bednarsek³, Tjaša, Kanduč³, Sonja, Lojen³

¹ Ruđer Bošković Institute, Center for Marine Research, Rovinj, Croatia, ² Center for fisheries and aquaculture development of Istrian Region - Centro per lo sviluppo della pesca e dell'acquacoltura della Regione Istriana (CERRA), Rovinj, Croatia, ³ Institute Jožef Stefan, Ljubljana, Slovenia
e-mail: bhamer@irb.hr

During long-term collaboration with shellfish farmers in Lim Bay on the use of mussels and oysters for ecotoxicological experiments and environmental monitoring within scientific projects and programs, farmers, in addition to asking “Is the sea clean and how are our mussels/oysters doing?”, frequently raise questions about specific threats, risks, and ways to improve production. Addressing these questions cannot rely solely on available literature and occasional measurements; it requires targeted applied research and continuous monitoring. In 2023, in cooperation with farmers, the Istrian County, and other collaborators, we initiated preliminary systematic complementary research. The study focused on monitoring shellfish condition (condition index, vitality, shell strength), recording sea temperature with data loggers at selected depths (0.5, 3, 5, 10, 15, and 17 m; every 15 min), and measuring oceanographic parameters (temperature, salinity, oxygen, turbidity, chlorophyll) every two months using a CTD probe across the entire water column and transects. Additionally, mussel and seawater samples were occasionally characterized for pH, total alkalinity, DOC/POC, and stable isotopes. Based on the conducted research and the collected measurement data, we can state that there are daily and seasonal fluctuations of oceanographic parameters in the Lim Bay, as well as differences (gradients) between farming zones, locations, and years, which naturally affect the distribution of biota and the growth/survival/mortality of shellfish throughout the farming area. For example, the formation of a summer thermocline was recorded at depths of 14.0–15.0 m (2024) and 12.5–17.5 m (2025). These findings will enable evidence-based answers to farmers’ questions, as systematic monitoring requires substantial human and material resources and consistent long-term data collection.

Key words: mariculture, shellfish, climate changes, Lim Bay, monitoring

Odraz razvoja: Koliko otpada pluta u luci Dubrovnik?

Ivona, Onofri¹, Barbara, Gangai Zovko¹

¹Sveučilište u Dubrovniku, Institut za more i priobalje, Damjana Jude 12, 20000 Dubrovnik
e-mail: ivona.onofri@unidu.hr

U ovom istraživanju prvi put je provedeno sustavno i kontinuirano prikupljanje plutajućeg otpada u luci Dubrovnik tijekom razdoblja od 12 mjeseci (4. 2023. - 3. 2024.). Cilj je bio kvantificirati količinu i razinu zasićenosti luke makrootpadom. Luka je poluzatvoreni sustav povezan s otvorenim morem kroz uzak prolaz (50 m) između Tvrdave Sv. Ivana i lukobrana Kaše. Paralelno su bilježeni podaci makrofaune obrasta na prikupljenom materijalu te meteorološki podatci. Istraživanje je provedeno prema smjernicama *Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas*, čime je osigurana metodološka standardizacija. Otpad je prikupljan površinski, na dionici dugoj 508 m (od Tvrdave Sv. Ivana do Velikog mula), pomoću teleskopskog podmetača (veličina otvora 50x40x50 cm, okca 7 mm), a razvrstan je u osam kategorija: plastika, drvo, tekstil, guma, papir, metal, staklo i ostalo. Ukupno je zabilježeno 1325 predmeta mase 32,33 kg. Plastika je bila dominantna što je u skladu s globalnim trendovima. Od 60 analiziranih predmeta, 68,3 % potječe iz Hrvatske, 15 % iz Albanije, 5 % iz Italije, po 3,3 % iz Grčke, Crne Gore i Francuske te 1,7 % iz Ujedinjenog Kraljevstva. Najveći pojedinačni nalaz bila je plastična folija dužine 57 m, pronađena u prosincu 2023., koja ilustrira problematiku velikih i postojanih komada plastičnog otpada. Biološka analiza obraštaja pokazala je dominaciju vrste *Lepas anatifera* (rak vitičar), indikatora biološke disperzije u pelagičkim uvjetima. Time je potvrđena uloga antropogenog otpada kao vektora širenja morskih organizama. Analiza mjesečnih meteoroloških podataka (temperatura, tlak, vjetar) ukazuje da vjetrovi južnog kvadranta (jugo), česti zimi, pogoduju akumulaciji otpada u luci. Rezultati istraživanja doprinose boljem razumijevanju dinamike plutajućeg otpada i njegovih ekoloških učinaka u urbanim obalnim područjima te služe kao temelj za razvoj strategija zaštite morskog okoliša i integriranog upravljanja na svim razinama.

Ključne riječi: plutajući otpad, makroplastika, biološki obraštaj, južni Jadran, makrofauna

Reflection on development: How much waste is floating in Dubrovnik harbour?

Ivona, Onofri¹, Barbara, Gangai Zovko¹

¹*University of Dubrovnik, Institute for Marine and Coastal Research, Damjana Jude 12,
20000 Dubrovnik
e-mail: ivona.onofri@unidu.hr*

In this study, floating marine litter in the harbor of Dubrovnik was collected systematically and continuously for the first time over 12 months (April 2023 – March 2024). The aim was to quantify the quantity and saturation of macro-litter. The harbor is a semi-enclosed system connected to the open sea by a narrow 50 m passage between St. John's Fortress and the Kaše breakwater. In parallel, data on biofouling fauna and meteorological parameters were collected. The survey followed the Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas to ensure methodological consistency. Floating litter was collected from the surface along a 508-metre stretch (from St. John Fortress to the Great Pier) using a telescopic coaster (opening size 50x40x50 cm, diameter 7 mm) and classified into eight categories: plastic, wood, textiles, rubber, paper, metal, glass and other. A total of 1325 objects weighing 32.33 kg were recorded, with plastic being the most dominant material. Of the 60 objects of known origin analysed, 68.3 % came from Croatia, followed by Albania (15 %), Italy (5 %), Greece, Montenegro and France (3.3 % each) and the United Kingdom (1.7 %). The largest object, a 57-metre-long plastic sheet, was found in December 2023 and illustrates the threat posed by large, stubborn debris. Analysis of the fouling showed the dominance of *Lepas anatifera*, an indicator of pelagic dispersal, confirming the role of marine litter in the transport of species. The meteorological data showed that the southerly winds (jugo) common in winter favor the accumulation of litter in the harbor. The results provide an insight into the dynamics of floating litter and its ecological impact in urban coastal areas supporting future strategies for marine conservation and integrated management.

Key words: floating litter, macroplastics, biofouling, southern Adriatic, macrofauna

Onečišćenje mora plastikom: analiza znanstvene literature globalnog problema prisutnog i u Jadranu

Nina, Marn^{1,2}, Marina, Veseli,¹ Ines, Haberle³, Marija, Purgar Filjak¹, Sunčana, Geček¹

¹ *Division for Marine and Environmental Research, Institute Ruđer Bošković, Bijenička 54, Zagreb, Croatia,* ²*School of Biological Sciences, and Oceans Institute, University of Western Australia, 35 Stirling Highway, Crawley, Perth, WA, Australia,* ³ *Department of Biological Sciences, Florida Atlantic University, 777 Glades Road, Boca Raton, Florida, USA*
e-mail: nina.marn@irb.hr

Onečišćenje morskog okoliša plastičnim otpadom predstavlja sve veći globalni problem čije se posljedice sve češće uočavaju u prirodnim ekosustavima. Posljedično u posljednjih nekoliko godina značajno je porastao interes za istraživanje utjecaja plastičnog otpada na ekosustave i organizme. Ipak, i dalje postoje brojne nepoznanice u vezi s dugoročnim učincima izloženosti plastici, uključujući moguće smanjenje vitalnosti organizama, promjene u ponašanju te potencijalne toksične učinke. Sustavna analiza postojećeg znanja kao i sistematizacija dostupnih podataka stoga su nužni za usmjeravanje daljnjih istraživanja ovog područja. S ciljem sistematizacije dostupnih podataka te kvantifikacije učinaka plastike na organizme, napravljen je sustavni pregled postojeće literature koristeći dvije vodeće baze znanstvene literature: Scopus i Web of Science. Pomoću kolaborativne platforme Rayyan pregledano je preko 3.000 jedinstvenih preglednih (review) radova, od kojih je približno 1.000 označeno relevantnim za daljnju analizu. Odabrani radovi su zatim analizirani i kategorizirani prema dodijeljenim ključnim riječima, što je omogućilo identifikaciju najčešće proučavanih staništa, organizama i fokusa istraživanja. Preliminarna analiza pokazala je da su ribe i školjkaši najčešće istraživane skupine u kontekstu unosa plastike. Također, oko 40 % pregledanih radova bavi se toksičnim aspektima plastike ili s njom povezanih kemikalija. Predstavljena metodologija i glavni rezultati analize dio su aktivnosti za odabir organizama na kojima će se pomoću modela baziranih na teoriji dinamičkih energijskih budžeta (DEB) kvantificirati utjecaji plastike na pojedinu vrstu.

Ključne riječi: unos plastike, pregled literature, toksikologija, morski organizmi, mehanistički modeli

Marine plastic pollution: scientific literature analysis of a global issue also presents in the Adriatic Sea

Nina, Marn^{1,2}, Marina, Veseli,¹ Ines, Haberle³, Marija, Purgar Filjak¹, Sunčana, Geček¹

¹ Division for Marine and Environmental Research, Institute Ruđer Bošković, Bijenička 54, Zagreb, Croatia, ²School of Biological Sciences, and Oceans Institute, University of Western Australia, 35 Stirling Highway, Crawley, Perth, WA, Australia, ³Department of Biological Sciences, Florida Atlantic University, 777 Glades Road, Boca Raton, Florida, USA
e-mail: nina.marn@irb.hr

Plastic pollution in the marine environment is an increasingly serious global issue, with its consequences becoming more frequently observed in natural ecosystems. As a result, interest in studying the impacts of plastic waste on ecosystems and organisms has grown significantly in recent years. Nevertheless, many uncertainties remain regarding the long-term effects of plastic exposure, including potential reductions in organismal fitness, behavioral changes, and toxicological impacts. A systematic analysis of existing knowledge, as well as the organization of available data, is therefore essential to guide further research in this field. With the aim of systematizing available data and quantifying the effects of plastic on organisms, a systematic literature review was conducted using two leading databases of scientific literature: Scopus and Web of Science. Using the collaborative platform Rayyan, over 3,000 unique review papers were screened, of which approximately 1,000 were identified as relevant for further analysis. The selected studies were then analyzed and categorized based on assigned keywords, which enabled the identification of the most frequently studied habitats, organisms, and research foci. Preliminary analysis indicated that fish and bivalves are the most commonly studied groups in the context of plastic ingestion. Additionally, around 40% of the reviewed studies address the toxicological aspects of plastics or related chemicals. The methodology presented and the main results of this analysis are part of ongoing efforts to select appropriate model organisms for quantifying the effects of plastic pollution using models based on Dynamic Energy Budget (DEB) theory.

Keywords: plastic ingestion, literature review, toxicology, marine organisms, mechanistic models

Usporedba prisutnosti mikroplastike u različitim tkivima indikatorskih organizama iz Jadranskog mora

Vlatka, Filipović Marijić¹, Marija, Kuštro¹, Martina, Ugrinović¹, Sara, Šariri¹, Tatjana, Mijošek Pavin¹, Fabio, Faraguna², Dajana, Kučić Grgić²

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Hrvatska*

²*Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Trg Marka Marulića 19, 10000 Zagreb, Hrvatska*
e-mail: vfilip@irb.hr

Današnji način života rezultira različitim antropogenim utjecajima na vodene ekosustave, među kojima se plastika izdvojila kao globalni okolišni problem. Sa stajališta organizama, posebno je važna prisutnost mikroplastike, čije su čestice manje od 5 mm, što im omogućava unos u organizme, a ujedno su i vektor za unos drugih zagađivala. Podaci o prisutnosti mikroplastike u pojedinim tkivima riba i školjkaša još su rijetki, a ovise o vrsti tkiva, njegovoj fiziologiji i ulozi u organizmu. U ovom radu smo izolirali i odredili oblike, veličinu, boju i tip mikroplastike u probavnom i mišićnom tkivu orada (*Sparus aurata*) te probavnoj žlijezdi i plaštu dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) iz Šibenskog zaljeva. Školjkaši i ribe su uobičajeni bioindikatorski organizmi akvatičkih ekosustava, a koriste se i u ljudskoj prehrani, čime se može pratiti učinak i na zdravlje ljudi. Spomenuta tkiva su razgrađena s 10% KOH na 60 °C tijekom 48-72 sata u ultrazvučnoj kupelji te je zatim provedena vakuum filtracija na polistirenskim i polikarbonatnim filterima presvučenim zlatom, veličine pora 0,8 µm. Nakon sušenja na sobnoj temperaturi, uzorci su analizirani primjenom ATR-FTIR spektroskopije (IRTracer-100, AIM-9000, Shimadzu). Postupak je uključivao rad u zaštitnom kabinetu kako bi se spriječilo okolišno onečišćenje, a uz svaki set uzoraka primjenjen je i „slijepi uzorak“ u svrhu provjere čistoće i točnosti rada. Rezultati su potvrdili prisutnost mikroplastike u svim analiziranim tkivima riba i školjkaša. Razlike su postojale s obzirom na vrstu tkiva, te je probavno tkivo, koje je odgovorno za unos iz okoliša, bilo više opterećeno mikroplastikom. Određeno je više oblika, boja i tipova mikroplastike, poput polietilena, polistirena i etilen-vinil acetata. Dobiveni rezultati ukazuju na prisutnost mikroplastike u organizama iz Jadranskog mora te na važnost praćenja izloženosti i akumulacije mikroplastike u akvatičkih organizama.

Ključne riječi: Jadransko more, mikroplastika, ribe, školjkaši

Comparison of the presence of microplastics in different tissues of indicator organisms from the Adriatic Sea

Vlatka, Filipović Marijić¹, Marija, Kuštro¹, Martina, Ugrinović¹, Sara, Šariri¹, Tatjana, Mijošek Pavin¹, Fabio, Faraguna², Dajana, Kučić Grgić²

¹*Ruder Bošković Institute, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Croatia*

²*University of Zagreb Faculty of chemical engineering and technology, Trg Marka Marulića 19, 10000 Zagreb, Croatia*
e-mail: vfilip@irb.hr

Today's lifestyle results in various anthropogenic impacts on aquatic systems, among which plastics represent a global environmental problem. The presence of microplastics, specific by particles smaller than 5 mm, is particularly important, due to possibility to be ingested into organisms, and consequently to serve as a vector for the intake of other pollutants. Data on the presence of microplastics in different tissues of fish and bivalves are still rare, and depend on the tissue type, physiology and role in the organism. In this work, we isolated and determined the shapes, size, color and type of microplastics in the intestine and muscle of sea bream (*Sparus aurata*) and the digestive gland and mantle of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Šibenik Bay. Bivalves and fish are common bioindicator organisms of aquatic systems, which are used in human nutrition, allowing to monitor the effect on human health. Mentioned tissues were digested using 10% KOH at 60 °C for 48-72 hours in the ultrasonic bath, followed by vacuum filtration over polyester and polycarbonate filters coated with gold of a pore size of 0.8 µm. After drying at room temperature, the samples were analyzed using ATR-FTIR spectroscopy (IRTracer-100, AIM-9000, Shimadzu). The procedure involved working in a protective cabinet to prevent environmental contamination, and application of a "blank sample" to check the cleanliness and accuracy of the work. The results confirmed the presence of microplastics in all analyzed tissues of fish and bivalves, showing differences in relation to the type of tissue, with higher occurrence in intestine, as a site for uptake from the environment. Several shapes, colours and types of microplastics were identified, such as polyethylene, polystyrene and ethylene-vinyl acetate. The results obtained indicate the presence of microplastics in organisms from the Adriatic Sea and the importance of monitoring exposure and accumulation of microplastics in aquatic organisms.

Key words: Adriatic Sea, microplastics, fish, bivalves

Perfluoroalkilne tvari (PFAS) u ribama iz Jadranskog mora

Nina, Bilandžić¹, Ines, Varga¹, Jelena, Kaurinović¹, Božica, Solomun Kolanović¹, Marija, Sedak¹, Ivana, Varenina¹, Maja, Đokić¹, Bruno, Čalopek¹, Tanja, Bogdanović², Sandra, Petričević², Bosiljka, Mustać³, Bruna, Petani³, Slavica, Čolak³

¹ Hrvatski veterinarski institut, Savska 143, 10000 Zagreb, Hrvatska; ² Hrvatski veterinarski institut, Veterinarski zavod Split, Poljička cesta 33, 21000 Split, Hrvatska; ³ Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, Hrvatska
e-mail: bilandzic@veinst.hr

Per- i polifluoroalkilne tvari (PFAS) su sintetičke kemikalije široke namijene koje imaju svoju primjenu u različitim industrijama kao i svakodnevnim proizvodima. Ove tvari su pod pojačanom javnom pozornosti zbog onečišćenja okoliša kojem doprinose te štetnih učinaka na ljudsko zdravlje. Kronična izloženost populacije PFAS spojevima prvenstveno nastaje konzumiranjem kontaminirane hrane i vode za piće. Među izvorima hrane, konzumacija ribe smatra se jednim od primarnih putova izloženosti ljudi PFAS. Ova studija predstavlja preliminarne koncentracije 30 PFAS spojeva u četiri vrste morskih riba izlovljenih u Jadranskom moru tijekom 2024. godine: oslić (*Merluccius merluccius*), skuša (*Scomber scombrus*), srdela (*Sardina pilchardus*) i škarpina (*Scorpaena scrofa*). PFAS su kvantificirani korištenjem visokoučinkovite tekućinske kromatografije ultra visoke djelotvornosti u kombinaciji s tandemskom masenom spektrometrijom (UHPLC-MS/MS). Granice kvantifikacije PFAS spojeva su se kretala od 25 do 75 ng/kg. Četiri PFAS spoja izmjerena pri najvišim koncentracijama bila su: PFOS (perfluorooktan sulfonska kiselina), FOSA (perfluorooktan sulfonamid), PFTrDA (perfluorotridekanska kiselina) i PFUnDA (perfluoroundekanska kiselina). Izmjerene su sljedeće srednje koncentracije (ng/kg): PFOS 46,8-599, FOSA 33-215, PFTrDA 58,0-532 i PFUnDA 28,2-177. Najviše razine sva četiri PFAS spoja pronađene su u srdeli, a zatim u skuši. Koncentracije PFTrDA i PFUnDA u osliću bile su ispod granica kvantifikacije. Koncentracije PFOS izmjerene u četiri vrste riba bile su ispod maksimalnih razina od 2000 i 7000 ng/kg propisanih Uredbom (EU) 2023/915. Istraživanje je financirano sredstavima Europske unije–NextGenerationEU– PFASsFoodWildlife.

Ključne riječi: perfluoroalkilne tvari, PFAS, kontaminati, morske ribe

Peryfluoroalkyl substances (PFAS) in fishes from the Adriatic Sea

Nina, Bilandžić¹, Ines, Varga¹, Jelena, Kaurinović¹, Božica, Solomun Kolanović¹, Marija, Sedak¹, Ivana, Varenina¹, Maja, Đokić¹, Bruno, Čalopek¹, Tanja, Bogdanović², Sandra, Petričević², Bosiljka, Mustać³, Bruna, Petani³, Slavica, Čolak³

¹ Croatian Veterinary Institute, Savska 143, 10000 Zagreb, Croatia; ² Croatian Veterinary Institute, Veterinary Institute Split, Poljička cesta 33, 21000 Split, Croatia; ³ University in Zadar, Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, Croatia
e-mail: bilandzic@veinst.hr

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are a group of synthetic chemicals widely utilized across various industries and in everyday products. These substances are under increased public attention due to the environmental pollution they contribute to and their adverse effects on human health. Chronic exposure to PFAS primarily occurs through the ingestion of contaminated food and drinking water. Among food sources, the consumption of fish is regarded as one of the primary pathways for human exposure to PFAS chemicals. This study presented the preliminary concentrations of 30 PFAS compounds in four species of marine fish caught in the Adriatic Sea during 2024: hake (*Merluccius merluccius*), Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*), sardine (*Sardina pilchardus*), and red scorpionfish (*Scorpaena scrofa*). PFAS were quantified using ultra-high-performance liquid chromatography combined with tandem mass spectrometry (UHPLC-MS/MS). The limits of quantification for PFAS ranged from 25 to 75 ng/kg. The four PFAS compounds measured at the highest concentrations were: PFOS (perfluorooctane sulfonic acid), FOSA (perfluorooctane sulfonamide), PFTrDA (perfluorotridecanoic acid), and PFUnDA (perfluoroundecanoic acid). The following mean concentrations were measured (ng/kg): PFOS 46.8-599, FOSA 33-215, PFTrDA 58.0-532, and PFUnDA 28.2-177. The highest levels of all four PFAS were found in sardine, followed by Atlantic mackerel. Concentrations of PFTrDA and PFUnDA in hake were below the limits of quantification. The concentrations of PFOS measured in four fish species were below the maximum levels of 2000 and 7000 ng/kg prescribed by Regulation (EU) 2023/915. This study was funded by the European Union–Next Generation EU–PFASsFoodWildlife.

Key words: perfluoroalkyl substances, PFAS, contaminants, marine fish

Utjecaj desalinizacijskog postrojenja na morski okoliš

Martina Ivić¹, Marta, Alvir¹, Darija, Vukić Lušić², Lado, Kranjčević¹

¹Tehnički fakultet, Sveučilište u Rijeci, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Hrvatska, ²Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, Krešimirova 52a, Rijeka, 51000, Hrvatska

e-mail: martina.ivic@uniri.hr

Nedostatak vode predstavlja rastući globalni problem, uzrokovan nedostatkom prirodnih obnovljivih izvora pitke vode, klimatskim promjenama, prekomjernim iskorištavanjem vodnih resursa te zagađanjem. Osim za svakodnevne potrebe lokalnog stanovništva, osobita potreba za značajnim količinama pitke vode javlja se na priobalnom području koje je tijekom ljetnih mjeseci opterećeno velikim brojem turista. Stoga se mnoge sušne regije oslanjaju na postupke desalinizacije. Također, pročišćena voda je ključna u proizvodnji vodika koji je sve važniji faktor pri osiguranju stabilnosti energetske mreže i pohrani energije iz obnovljivih izvora. Desalinizacija podrazumijeva uklanjanje otopljenih soli i drugih tvari iz ulazne vode, čiji je nusproizvod salamura s visokom koncentracijom soli i kemikalija korištenih u procesu. Jedna od najčešćih metoda odlaganja salamure je ispušt u morski okoliš. Ovo istraživanje obuhvaća pregled štetnih utjecaja na morski okoliš i ljudsko zdravlje te pregled zakonodavnih propisa. Najveći utjecaj imaju povećanje saliniteta i temperature mora te nakupljanje kemikalija. Pregled dosadašnjih istraživanja ukazuje na problem neuniformnog načina mjerenja kemijskih i fizikalno-kemijskih parametara u blizini ispuštanja salamure, stoga rezultati uglavnom nisu usporedivi što je povezano i s nedostatkom jasno definiranih propisa za mjerenje. Osim toga, nedostaju istraživanja koja detaljnije analiziraju dugoročne i kratkoročne utjecaje salamure na morski ekosustav. S obzirom na važnost desalinizacije, nužno je umanjiti i kontrolirati njezine utjecaje radi očuvanja morskog okoliša i poboljšanja kvalitete života stanovništva. Neke od preporučenih mjera za smanjenje štetnih utjecaja uključuju pravilan odabir lokacije postrojenja te odgovarajuće metode odlaganja otpadnih voda, kako bi se maksimiziralo razrjeđenje salamure u morskoj vodi.

Ključne riječi: desalinizacija, salamura, morski okoliš, pitka voda, obnovljivi izvori energije

Impact of the desalination plant on the marine environment

Martina, Ivić, Marta, Alvir, Darija, Vukić Lušić, Lado, Kranjčević

¹*Faculty of Engineering, University of Rijeka, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Croatia,* ²*Teaching Institute of Public Health of Primorje-Gorski Kotar County, Krešimirova 52a, Rijeka, 51000, Croatia*

e-mail: martina.ivic@uniri.hr

Water scarcity represents a growing global issue, caused by the lack of naturally renewable sources of drinking water, climate change, overexploitation of water resources, and pollution. In addition to meeting the daily needs of local populations, the demand for significant amounts of drinking water is particularly high in coastal areas, which host a large number of tourists during the summer months. As a result, many arid regions rely on desalination processes. Moreover, purified water is essential for hydrogen production, which is an increasingly important factor in ensuring the energy grid's stability and storing energy from renewable sources. Desalination involves the removal of dissolved salts and other substances from intake water, producing brine as a byproduct, which is characterized by a high concentration of salt and chemicals used in the process. One of the most common brine disposal method is discharge into the marine environment. This study provides an overview of the harmful impacts on the marine environment and human health, as well as a review of relevant legislation. The most significant impacts include increased salinity and seawater temperature, along with the accumulation of chemicals. A review of previous studies highlights the issue of inconsistent chemical and physicochemical parameter measurement near brine discharge points, making the results largely incomparable, which is linked to the lack of clearly defined measurement regulations. Furthermore, there is a lack of research that thoroughly analyzes the short-term and long-term effects of brine on marine ecosystems. Given the importance of desalination, it is essential to mitigate and control its impacts to preserve the marine environment and improve the quality of life for the local population. Some of the recommended measures to reduce harmful impacts include careful selection of plant locations and appropriate brine disposal methods to maximize brine dilution in seawater.

Key words: desalination, brine, marine environment, drinking water, renewable energy sources

Upravljanje balastnim vodama u jadranskim lukama zatvorenog tipa

Renata, Rubčić¹, Romina, Kraus², Renato, Ivče³

¹*Sveučilište obrane i sigurnosti „Dr. Franjo Tuđman“, Zrinsko-frankopanska 207a, Split, Hrvatska,*

²*Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora, Giordana Paliage 5, Rovinj, Hrvatska,*

³*Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Studentska 2, Rijeka, Hrvatska*

e-mail: renata.rubcic@sois-ft.hr

Iako je pomorski promet ključan za globalnu trgovinu, on također uzrokuje značajne ekološke probleme širenjem invazivnih vodenih vrsta putem balastnih voda brodova. Konvencija IMO-a o upravljanju balastnim vodama nastoji riješiti te probleme, ali luke zatvorenog tipa suočavaju se s različitim izazovima zbog smanjene izmjene vode i povećane ekološke osjetljivosti. Koristeći Hrvatski integrirani pomorski informacijski sustav, ovaj rad analizira podatke o ispuštanju balastnih voda iz luka Bršica i Šibenik, prikupljene između 2015. i 2024. godine. Podaci otkrivaju promjenjive količine ispuštanja pod utjecajem lučkih operacija i infrastrukture. Talijanska luka Ravenna se pojavljuje kao glavni izvor balastnih voda za obje luke. Ovi podaci naglašavaju potrebu za kontinuiranim praćenjem, procjenama rizika temeljenim na podacima i prilagođenim strategijama upravljanja prikladnim za luke zatvorenog tipa. Jadranska tradicija kooperativnih, znanstveno utemeljenih upravljačkih inicijativa ima za cilj poboljšati morsku biološku sigurnost. Međutim, jedinstveni izazovi koje predstavljaju luke zatvorenog tipa zahtijevaju lokalizirana rješenja, uključujući prekograničnu suradnju i napredne tehnologije praćenja, kako bi se učinkovito spriječilo širenje štetnih vodenih organizama i patogena i zaštitili morski ekosustavi.

Ključne riječi: balastne vode, invazivne vodene vrste, luke zatvorenog tipa, praćenje

Ballast Water Management in Closed-Type Adriatic Ports

Renata, Rubčić¹, Romina, Kraus², Renato, Ivčec³

¹ „Dr. Franjo Tuđman“ University of Defense and Security, Zrinsko-frankopanska 207a, Split, Croatia, ² Ruđer Bošković Institute, Center for Marine Research, Giordano Paliaga 5, Rovinj, Croatia, ³University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Studentska 2, Rijeka, Croatia

e-mail: renata.rubcic@sois-ft.hr

Although maritime transportation is essential for global trade, it also causes significant ecological issues by spreading invasive aquatic species through ships' ballast water. The IMO's Ballast Water Management Convention aims to address these issues, but closed-type ports face different challenges due to reduced water exchange and heightened ecological sensitivity. Utilizing the Croatian Integrated Maritime Information System, this paper analyzes ballast water discharge data from the ports of Bršica and Šibenik collected between 2015 and 2024. The data reveal varying discharge quantities influenced by port operations and infrastructure. The Italian port of Ravenna is the main source of ballast water for both ports. These data highlight the need for continuous monitoring, data-driven risk assessments, and tailored management strategies suitable for closed-type ports. The Adriatic's tradition of cooperative, science-based management initiatives aims to enhance marine biosecurity. However, the unique challenges posed by closed ports require localized solutions, including cross-border cooperation and advanced monitoring technologies, to effectively prevent the spread of harmful aquatic organisms and pathogens and safeguard marine ecosystems.

Key words: ballast water, invasive aquatic species, closed-type ports, monitoring

ClimEmpower, projekt Obzor Europe: Korištenje procjene klimatskog rizika projekta CLIMAAX

Lucija, Petricioli¹, Patrick, Kaleta², Predrag, Pale¹, Marija, Vurnek¹

¹*Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska,*
Austrijski institut tehnologije, Giefinggasse 4, 1210 Beč, Austrija
lucija.petricioli@fer.unizg.hr

Projekt *CLIMAAX* razvio je metodologiju procjene klimatskog rizika (engl. *Climate Risk Assessment*, CRA) kojom nastoji uskladiti i konsolidirati praksu procjene klimatskog rizika. U sklopu projekta su razvijene Jupyter bilježnice kako bi pomogle regijama lakše dobiti grubu procjenu vlastitog klimatskog rizika. Budući da su bilježnice prilično fleksibilne i prilagodljive, projekt *ClimEmpower* radi na razvoju verzija koje bi partnerskim regijama (Andaluzija, Regija središnje Grčke, Osječko-baranjska županija, Sicilija i područje planine Troodos) mogle pružiti detaljnije procjene klimatskog rizika i jasnija predviđanja za budućnost. Cilj je svakoj regiji pružiti jasnu i relevantnu procjenu prilagođenu specifičnostima regije, uz održavanje visoke razine usporedivosti rezultata. *ClimEmpower* također surađuje s regijama na prikupljanju lokalnih podataka i određivanju zajedničkih i lokalnih pokazatelja klimatskog rizika koji bi se mogli koristiti za daljnje poboljšanje izračuna. Nadalje, jedan od ciljeva projekta *ClimEmpower* je razvoj aplikacije temeljene na prikupljenim pokazateljima i lokalnim podacima koji bi mogli pružiti nove uvide u lokalne procjene klimatskog rizika.

Ključne riječi: klimatske promjene, procjena rizika, indikatori klimatskog rizika

ClimEmpower, a Horizon Europe Project: Leveraging CLIMAAX Climate Risk Assessment

Lucija, Petricioli¹, Patrick, Kaleta², Predrag, Pale¹, Marija, Vurnek¹

¹University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia, ² Austrian Institute of Technology, Giefinggasse 4, 1210 Vienna, Austria
lucija.petricioli@fer.unizg.hr

The *CLIMAAX* project has developed the Climate Risk Assessment (CRA) Methodology, with which it aims to harmonize and consolidate the practice of climate risk assessment. Interactive Jupyter Notebooks were developed to help regions obtain a rough assessment of their climate risk more easily. Since the notebooks are fairly flexible and customizable, *ClimEmpower* is working on developing versions that could provide partner regions (Andalusia, Region of Central Greece, Osijek-Baranja County, Sicily, and Troodos Mountain area) with more detailed CRAs and a clearer path forward. The goal is to provide each region with a clear and relevant assessment tailored to the specifics of the region, while maintaining a high level of comparability between the results. *ClimEmpower* is also working with the regions to collect local data and determine both shared and local climate risk indicators that could be used to further refine the calculations. Furthermore, *ClimEmpower* aims to develop applications based on the collected indicators and local data that could provide novel insights into local CRA.

Key words: climate change, risk assessment, climate risk indicators

Pravni aspekti određivanja pravaca za polaganje prekograničnih podmorskih kabela: hrvatska perspektiva

Ivica, Kinder¹

¹*Sveučilište obrane i sigurnosti Dr. Franjo Tuđman, Zagreb, Ilica 256b*
e-mail: ivica.kinder@sois-ft.hr

Ususret mogućem polaganju prekograničnih podmorskih kabela u Jadranskom moru, ovo istraživanje ima za cilj istražiti pravni položaj aktivnosti premjeravanja koja se provode u svrhu određivanja pravaca za polaganje, jer te aktivnosti čine početnu fazu u takvim projektima. U tom smislu, istraživanje ispituje kako su aktivnosti premjeravanja uređene u međunarodnom pravu i je li Hrvatska to pitanje uredila na odgovarajući način u svojem nacionalnom pravnom okviru. Autor prikuplja relevantne pravne izvore, uključujući Konvenciju Ujedinjenih naroda o pravu mora iz 1982., hrvatski Pomorski zakonik i njegove podzakonske propise, kao i druge relevantne dokumente, mišljenja pravnih pisaca i praksu država. Potom, primjenjuje metodu analize i komparativnu metodu u svrhu kritičkog procjenjivanja tih materijala, s posebnim fokusom na sadržaj tipičnih aktivnosti u okviru premjeravanja. Utvrđuje kako te aktivnosti uključuju i fizičke zahvate u morsko dno i podzemlje, kao što su bušenje, grabljenje i druge slične radnje. Pravno gledajući, utvrđuje kako je odobrenje obalne države potrebno samo za određivanje pravaca za polaganje podmorskih plinovoda, ali ne i kabela. Štoviše, prevladavajuće stajalište u međunarodnoj pravnoj doktrini je da odobrenje obalne države općenito nije potrebno niti za provedbu premjeravanja za određivanje pravaca za polaganje. Međutim, postoji pravna obveza pribavljanja odobrenja obalne države za „bušenja u bilo koju svrhu“ na njezinom epikontinentalnom pojasu. Stoga, iako odobrenje obalne države nije potrebno za određivanje pravca za polaganje podmorskog kabela na njezinom epikontinentalnom pojasu (i u isključivom gospodarskom pojasu), obalna država ipak mora odobriti aktivnosti bušenja koja se provode u okviru premjeravanja. Zaključno, autor preporučuje da Hrvatska donese propise kojima će urediti aktivnosti bušenja na svojem epikontinentalnom pojasu, u skladu sa svojim suverenim pravima, uključujući zaštitu i očuvanje morskog okoliša.

Ključne riječi: Jadransko more, podmorski kabeli, epikontinentalni pojas, isključivi gospodarski pojas, bušenje.

Legal Aspects of Delineating Courses for the Laying of Transboundary Submarine Cables: The Croatian Perspective

Ivica, Kinder¹

¹*Dr. Franjo Tuđman Defense and Security University, Zagreb, Ilica 256b*
e-mail: ivica.kinder@sois-ft.hr

In anticipation of the potential laying of transboundary submarine cables in the Adriatic Sea, this research aims to explore the legal status of surveying activities conducted for delineating courses for laying, as surveying constitutes the initial phase of such projects. To this end, the study examines how surveying activities are regulated under international law and whether Croatia has adequately addressed this issue within its national legal framework. The author collects relevant legal sources, including the 1982 United Nations Convention on the Law of the Sea, the Croatian Maritime Code and its subordinate laws, as well as other pertinent documents, legal scholars' opinions, and state practices. The author then applies analytical and comparative methods to critically assess these materials, with a particular focus on the typical activities within surveying. The author finds that these activities include physical intrusions into the seabed and subsoil, such as drilling, grabbing, and other similar actions. Legally, it is determined that the approval of the coastal state is required only for the delineation of courses for laying submarine pipelines, but not cables. Moreover, the prevailing view in international legal doctrine is that the coastal state's consent is not necessary for conducting surveys to delineate such courses. However, there is an obligation to obtain the coastal state's authorization for "drilling in the continental shelf for all purposes". Therefore, although the coastal state's consent is not required for delineating the course for laying a submarine cable on its continental shelf (and exclusive economic zone), the coastal state must still grant permission for drilling activities as part of the survey. In conclusion, the author recommends that Croatia enacts provisions to address drilling activities in its continental shelf, in line with its sovereign rights, including the protection and preservation of the marine environment.

Key words: Adriatic Sea, submarine cables, continental shelf, exclusive economic zone, drilling.

Mikroklimatske prilagodbe kao pristup oblikovanju obalnih javnih prostora

Katarina, Kazić¹, Sanja, Gašparović²

^{1, 2} *Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10 000 Zagreb*

e-mail: kkazic@arhitekt.hr

Klimatske promjene značajno utječu na obalne gradove uzrokujući porast temperatura, češće ekstremne uvjete i porast razine mora. Rad analizira mjere prilagodbe s naglaskom na mikroklimatsko planiranje kao ključnu strategiju povećanja otpornosti obalnih javnih prostora. Za razliku od konvencionalnih „sivih” inženjerskih rješenja koja često fragmentiraju ekosustave, u središtu interesa su pristupi koji povezuju tehničke, prirodne i prostorne strategije radi poboljšanja mikroklimе, jačanja bioraznolikosti i regeneracije okoliša. Metodološki okvir temelji se na usporednoj analizi suvremenih projekata obalnih intervencija, pri čemu se ispituje način korištenja klimatskih agenasa: vode, vjetra i sunca u oblikovanju javnih prostora. U analizi se promatraju tip intervencije, funkcija, mjerilo utjecaja te ekološki, društveni i estetski učinci. Odabrani primjeri, poput *Floating Gardens* u Vejleu u Danskoj koji integrira plivajuće zelene površine i *Sand Motor* u Monsteru u Nizozemskoj koji koristi morfološke obalne intervencije kao biološke barijere za zaštitu i obnovu ekosustava kao i drugi analizirani primjeri pokazuju kako klimatski procesi mogu postati aktivni alati oblikovanja prostora koji redefiniраju obalu ne samo kao zaštitni rub, već i kao društveno-kulturni ambijent. Cilj analize je ispitati mogućnosti prilagodbe principa mikroklimatskog planiranja temeljenih na prirodi specifičnim uvjetima jadranske obale, koju obilježavaju razvedena morfologija, strme stijene, mediteranska klima s ekstremima bure, juga i toplinskih valova te povijesna struktura kompaktnih naselja. Takvi konteksti zahtijevaju rješenja koja čuvaju kulturnu baštinu, a istodobno povećavaju otpornost i prostornu kvalitetu. Mikroklimatske prilagodbe u jadranskim gradovima mogu tako prerasti u novu generaciju javnih prostora, višefunkcionalnih i regenerativnih, koji povezuju ekologiju, zajednicu i urbanizam te omogućuju prilagodbu obale klimatskim izazovima.

Ključne riječi: planiranje mikroklimе, javni otvoreni prostori, urbanistička rješenja, interdisciplinarni dizajn

Microclimatic adaptations as an approach to the design of coastal public spaces

Katarina, Kazić¹, Sanja, Gašparović²

^{1, 2}*Faculty of Architecture, University of Zagreb, Kačićeva 26, 10 000 Zagreb, Croatia*
e-mail: kkazic@arhitekt.hr

Climate change exerts a profound impact on coastal cities, driving rising temperatures, more frequent extreme events, and sea-level rise. This paper examines adaptation measures with a focus on microclimate planning as a key strategy for enhancing the resilience of coastal public spaces. In contrast to conventional “grey” engineering solutions that often fragment ecosystems, the emphasis is placed on approaches that integrate technical, natural, and spatial strategies to improve microclimate, foster biodiversity, and regenerate the environment. The methodological framework is based on a comparative analysis of contemporary coastal interventions, investigating the ways in which climatic agents: water, wind, and sunlight are employed in the design of public spaces. The analysis considers the type of intervention, its function, scale of impact, and ecological, social, and aesthetic outcomes. Selected examples, such as the *Floating Gardens* in Vejle, Denmark, which integrates floating green surfaces, and the *Sand Motor* in Monster, the Netherlands, which employs large-scale morphological interventions as biological barriers for coastal protection and ecosystem restoration, alongside other case studies, illustrate how climatic processes can become active design tools that redefine the coastline not merely as a defensive boundary but as a socio-cultural environment. The aim of the analysis is to explore the potential adaptation of nature-based microclimatic planning principles to the specific conditions of the Adriatic coast, characterized by diverse morphology, steep cliffs, a Mediterranean climate with extremes of bora, sirocco, and heat waves, as well as the historic fabric of compact settlements. Such contexts require solutions that safeguard cultural heritage while simultaneously enhancing resilience and spatial quality. Microclimatic adaptations in Adriatic cities can thus evolve into a new generation of public spaces, multifunctional and regenerative that interweave ecology, community, and urbanism, enabling the coastline to adapt to the challenges of climate change.

Key words: microclimate planning, open public spaces, urban planning solutions, interdisciplinary design

Razvoj oceanske pismenosti kroz igru i suradnju među učenicima

Tamara, Banović¹, Marina, Fisatanić¹, Martina, Milina¹

¹*OŠ Josip Pupačić, Trg kralja Tomislava 1, Omiš*
e-mail: tamara.banovic@skole.hr

U radu se prikazuju primjeri razvoja oceanske pismenosti u osnovnoj školi kroz inovativne i participativne metode rada, s naglaskom na učenje kroz igru, pokuse i međuvršnjačku suradnju. Kroz niz edukativnih aktivnosti učenici istražuju teme vezane uz oceane, morske ekosustave, zagađenje plastikom i klimatske promjene, stječući znanja i vještine koje su u skladu s konceptom plavog obrazovanja. Posebna pažnja posvećena je vertikalnoj povezanosti među učenicima različitih razrednih odjeljenja, gdje stariji učenici preuzimaju uloge mentora i voditelja radionica za mlađe, čime se jačaju suradnički odnosi, osjećaj odgovornosti i ekološka svijest. Prikazani rezultati i refleksije učenika ukazuju na visoku razinu motivacije i angažiranosti, kao i na učinkovitost ovakvog pristupa u razvoju ključnih kompetencija za održivi razvoj. Rad potvrđuje da škola može biti važan akter u razvoju oceanske pismenosti te poticajno okruženje za stvaranje generacija koje razumiju i brinu o oceanima.

Ključne riječi: plavo obrazovanje, oceanska pismenost, klimatske promjene, međuvršnjačko učenje, učenje kroz igru

Developing Ocean Literacy through Play and Student Collaboration

Tamara, Banović¹, Marina, Fisatanić¹, Martina, Milina¹

¹*Elementary school Josip Pupačić, Trg kralja Tomislava 1, Omiš*
e-mail: tamara.banovic@skole.hr

This paper presents examples of developing ocean literacy in primary school through innovative and participatory teaching methods, with a focus on learning through play, experiments, and peer collaboration. Through a series of educational activities, students explore topics related to oceans, marine ecosystems, plastic pollution, and climate change, gaining knowledge and skills aligned with the concept of blue education. Special attention is given to vertical collaboration among students of different age groups, where older students take on the roles of mentors and workshop leaders for younger ones, fostering cooperation, responsibility, and environmental awareness. The presented results and student reflections indicate a high level of motivation and engagement, as well as the effectiveness of this approach in developing key competences for sustainable development. The paper confirms that schools can play a key role in promoting ocean literacy and creating an encouraging environment for nurturing generations that understand and care for the ocean.

Key words: blue education, ocean literacy, climate change, peer learning, learning through play

„Kralješnjaci Jadrana – vrijeme promjena“: muzejska izložba kao alat za osvještavanje o promjenama u Jadranskom moru

Dora, Lovrić¹, Snježana, Vujčić-Karlo¹

¹ *Narodni muzej Zadar, Prirodoslovni odjel, Ulica Andrije Medulića 2, 23000 Zadar*
e.mail: dora.lovric@nmz.hr

Tijekom posljednjih desetljeća sve su izraženije globalne promjene u Jadranu. Sa ciljem osvještavanja javnosti o značaju i ugroženosti morskih kralješnjaka, realizirali smo izložbu „Kralješnjaci Jadrana – vrijeme promjena“. Njezina svrha je ukazati na sve izraženije utjecaje ljudskih aktivnosti na morski ekosustav. Obrađene su četiri teme: klimatske promjene, morski otpad, utjecaj marikulture, te alohtone vrste. Izložba je namijenjena svim dobnim skupinama, s naglaskom na djecu i mlade. Kroz izložbeni postav posjetitelji se upoznaju s autohtonom morskom faunom, njezinom ugroženošću, te alohtonim vrstama. U završenom dijelu izložbe obrađena je problematika porasta razine mora, zagađenja morskim otpadom te utjecaja marikulture. Ove su teme dodatno približene kroz edukativne radionice. Osmišljene su tri radionice s igrama pomoću kojih polaznici prepoznaju konkretne prijetnje, osobito one povezane s morskim otpadom. S ciljem procjene dosega izložbe među ciljanom skupinom (predškolci, osnovnoškolci, srednjoškolci, studenti), provedena je analiza strukture posjetitelja u razdoblju od 19.12.2024. do 01.06.2025. Izložbu je posjetilo 1.248 posjetitelja, od čega 1.119 djece, a 292 djece pohađalo je radionice. Veći udio, 65,78% čine organizirani posjeti vrtića (17,53%), osnovnih (56,39%) i srednjih škola (26,09%). Ova je izložba dobar primjer sinergije između muzejske edukacije i formalnog obrazovanja, potičući razvoj oceanske pismenosti među mladima.

Ključne riječi: oceanska pismenost, kralješnjaci Jadrana, edukacija

"Vertebrates of the Adriatic – A Time of Change": a museum exhibition as a tool for raising awareness about changes in the Adriatic Sea

Dora Lovrić¹, Snježana Vujčić-Karlo¹

¹*National Museum Zadar, Natural History Department, Andrije Medulića 2, 23000 Zadar*

e-mail: dora.lovric@nmz.hr

In recent decades, global changes affecting the Adriatic Sea have become increasingly evident. With the aim of raising awareness among public about the importance and vulnerability of marine vertebrates, we organized the exhibition "Vertebrates of the Adriatic – A Time of Change." Its purpose is to highlight the growing impact of human activities on the marine ecosystem. The exhibition addresses four key topics: climate change, marine litter, the impact of mariculture and alien species. It is intended for all age groups, with a special focus on children and young people. Through the exhibition display, visitors are introduced to native marine fauna, its vulnerability, and alien species. In the final section of the exhibition, the issues of sea level rise, marine pollution, and the impact of mariculture are explored in more detail. These topics are further explained through educational workshops. A total of three workshops with educational games have been designed to help participants recognize specific threats, particularly those related to marine litter. To evaluate the exhibition's reach among the target groups (preschool children, primary and secondary school students, and university students) an analysis of visitors was conducted for the period from December 19, 2024 to June 1, 2025. The exhibition was visited by 1.248 people, of whom 1.119 were children, and 292 of them participated in the workshops. A significant portion of visits, 65,78%, came through organized group visits from kindergartens (17,53%), primary schools (56,39%), and secondary schools (26,09%). This exhibition is as a good example of synergy between museum education and formal education, encouraging the development of ocean literacy among young people.

Keywords: ocean literacy, Adriatic sea vertebrates, education

Klimatski jelovnik Jadrana

Dragana, Mamić¹, Marijana, Vuković²

¹Osnovna škola Sućidar, Perivoj Ane Roje 1, Split, ²Gimnazija dr. Mate Ujevića Imotski, Brune Bušića 59, Imotski

e-mail: dragana.mamic@skole.hr, marijana.vukovic5@skole.hr

Jadransko more i oceani upili su približno trećinu emisija stakleničkih plinova uzrokovanih ljudskim aktivnostima i ublažili utjecaje porasta njihovih emisija te globalnog zatopljenja na kopnene sustave. Cilj istraživanja je prikazati kako konzumacija različitih vrsta namirnica utječe na emisiju stakleničkih plinova, a tako i na zakiseljavanje mora. Kroz nastavu biologije s učenicima Osnovne škole Sućidar Split i Gimnazije dr. Mate Ujevića Imotski na području Splitsko-dalmatinske županije provelo se istraživanje Sukob mišanog zelja i burgera kroz projekt SEMEP koji je trajao godinu dana u školskoj godini 2023./2024. Anketnim upitnikom i usmenom predajom učenici su dobili informacije kojima su mogli usporediti vrste namirnica u jelima koje se konzumiraju danas i koje su konzumirale njihove bake. Nakon provedenih upitnika, učenici su izračunali emisiju CO₂ svake namirnice. Rezultati upućuju da na području Splitsko-dalmatinske županije konzumacijom namirnica u modernim jelovnicima emitiramo veću količinu CO₂ nego konzumacijom namirnica u tradicionalnim jelovnicima čime smo potvrdili kako moderni način života utječe na biomasu fitoplanktona, a tako i na bioraznolikost mora. Promidžbom pravilne prehrane učenici su proaktivno djelovali kako bi potaknuli svoje vršnjake i lokalnu zajednicu na promišljanja o povezanosti modernog načina prehrane s zakiseljavanjem Jadrana.

Ključne riječi: more, namirnice, ugljikov dioksid, zakiseljavanje, fitoplankton

Climate Menu of the Adriatic

Dragana Mamić¹, Marijana, Vuković²

1Elementary school Sućidar, Perivoj Ane Roje 1, Split, 2 Gymnasium dr. Mate Ujevića Imotski, Brune Bušića 59, Imotski

e-mail: dragana.mamic@skole.hr, marijana.vukovic5@skole.hr

The Adriatic Sea and oceans have absorbed approximately a third of greenhouse gas emissions caused by human activities and mitigated the impacts of increasing greenhouse gas emissions and global warming on terrestrial systems. The aim of the research is to show how the consumption of different types of food affects greenhouse gas emissions, and thus ocean acidification. Through biology classes with students from the Elementary School Sućidar in Split and the Gymnasium dr. Mate Ujevića Gymnasium in Imotski in the Split-Dalmatia County, the study The Conflict of Mixed Cabbage and Burgers was conducted through the SEMEP project, which lasted one year in the 2023./2024. school year. Through a questionnaire and oral presentation, students received information that allowed them to compare the types of foods in dishes consumed today and those consumed by their grandmothers. After completing the questionnaires, the students calculated the CO₂ emissions of each food. The results indicate that in the Split-Dalmatia County, the consumption of foods from modern menus emits a greater amount of CO₂ than the consumption of foods from traditional menus, which confirms how the modern lifestyle affects phytoplankton biomass and thus marine biodiversity. By promoting proper nutrition, students proactively acted to encourage their peers and the local community to think about the connection between modern nutrition and the acidification of the Adriatic.

Keywords: sea, foods, carbon dioxide, acidification, phytoplankton