

V. ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP / V. SCIENTIFIC-EXPERT CONFERENCE

s međunarodnim sudjelovanjem / with international participation

Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava
Jadranskog mora

*Adaptations to Climate Change and Preservation of Marine
Ecosystems of Adriatic Sea*



Climate change and preservation
of marine ecosystems in the
Adriatic Sea

KNJIGA SAŽETAKA / BOOK OF ABSTRACTS

Zadar, Hrvatska
26. do 29. rujna 2024

Zadar Croatia
26. to 29. September, 2024



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |



KNJIGA SAŽETAKA

V. ZNANSTVENO-STRUČNOG SKUPA

Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora s međunarodnim sudjelovanjem

BOOK OF ABSTRACTS

5th SCIENTIFIC-EXPERT CONFERENCE

Adaptations to Climate Change and Preservation of Marine Ecosystems of Adriatic Sea with international participation

Urednici / Editors

Slavica Čolak, Tomislav Šarić, Rina Milošević

Nakladnik / Publisher

Sveučilište u Zadru

University of Zadar

Zadar, 2024.

ISBN: 978-953-331-516-4

(Knjiga sažetaka V. znanstveno-stručnog skupa Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora s međunarodnim sudjelovanjem, Zadar, 2024.)

V. ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP / 5th SCIENTIFIC-EXPERT CONFERENCE

Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora s
međunarodnim sudjelovanjem

Adaptations to Climate Change and Preservation of Marine Ecosystems of Adriatic Sea with
international participation

Zadar, od 26. do 29. rujna 2024.
Zadar, 26th to 29th September, 2024

KNJIGA SAŽETAKA
BOOK OF ABSTRACTS

Urednici / Editors
Slavica Čolak, Tomislav Šarić, Rina Milošević

Zadar, 2024.

V. ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP

Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora se održava pod **pokroviteljstvom predsjednika Republike Hrvatske te Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije republike Hrvatske**

5th SCIENTIFIC-EXPERT CONFERENCE

Adaptations to Climate Change and Preservation of Marine Ecosystems of Adriatic Sea is held with **support of the president of the Republic of Croatia and the Ministry of Environmental Protection and Green Transition, Republic of Croatia**

ORGANIZATORI/ORGANIZATORS

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru / *Department of Ecology, Agronomy and Acquaculture University of Zadar*

Udruga morski obrazovni centar Puča / *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*

Prirodoslovni muzej Rijeka / *Natural History Museum Rijeka*

Javna ustanova Natura Jadera / *Public Institution Natura Jadera*

Javna ustanova Priroda / *Public Institution Priroda*

Ponikve eko otok Krk d.o.o. / *Ponikve Eko Island Krk*

MareMundi Institut / *MareMundi Institute*

Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci / *Faculty of Engineering University of Rijeka*

Sveučilište u Dubrovniku / *University of Dubrovnik*

Hrvatski veterinarski institut Zagreb / *Croatian Veterinary Institute Zagreb*

Centar za istraživanje mora, Institut Ruđer Bošković, Rovinj / *Center for Marine Research - Ruđer Bošković Institute Rovinj*

Javna ustanova Nacionalni park Krka / *Public Institution National Park Krka*

Javna ustanova Park prirode Vransko jezero / *Public Institution Nature Park Vransko Lake*

ORGANIZACIJSKI ODBOR / ORGANIZING COMMITTEE

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

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

Rina Milošević, mag. geogr., Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru / *Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture*

Dr. sc. Milena Mičić, Aquarium Pula

ZNANSTVENI ODBOR / SCIENTIFIC COMMITTEE

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

Dr. sc. Nikola Biliškov, Institut Ruđer Bošković Zagreb / *Ruđer Bošković Institute Zagreb, McGill University, Montréal (Kanada)*

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

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

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

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

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

Dr. sc. Silvija Kipson, SeaFan Zagreb

Prof.dr.sc. Mirjana Kovačić, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci / *Faculty of Maritime Studies of the University of Rijeka*

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

Prof. art. Ljubomir Mišćević, Arhitektonski fakultet, Sveučilište u Zagrebu / *Faculty of Architecture, University of Zagreb*

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

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

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

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

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

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

Prof. dr. sc. Lado Kranjčević, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci / *Faculty of Engineering University of Rijeka*

Izv. prof. dr. sc. Marijana Pećarević, Sveučilište u Dubrovniku / *University of Dubrovnik*

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

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

Prof. dr. sc. Jelena Čulin, Pomorski odjel Sveučilišta u Zadru / *Maritime Department University of Zadar*

PREDGOVOR

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru, Aquarium Pula, Udruga Morski obrazovni centar Pula i Institut Ruđer Bošković organiziraju **V. znanstveno-stručni skup s međunarodnim sudjelovanjem Klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora**. Skup se nastavlja na prethodna četiri održana Skupa u organizaciji Eko Kvarnera u Gradu Krku: Proširenje ekološke mreže NATURA 2000 na morska područja (sjeverozapadna obala otoka Krka, Riječki zaljev) s ciljem očuvanja staništa plemenite periske (*Pinna nobilis*, Linneaus, 1758) (2020.), Pismenost (poznavanje i razumijevanje) funkcioniranja ekosustava Jadranskog mora (2021.), Klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora (2022.) i Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora (2023.)

Skup se održava 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. 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.

Jadransko more u odnosu na površine svih mora vrlo je malo: čini 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 početkom srpnja 2022. godine, što do sada nije zabilježeno. Sve se češće i ranije pojavljuju cvjetanja fitoplanktona, a razni patogeni uzrokuju veće pomore organizama. Dolazi i do promjene areala rasprostranjenosti vrsta unutar Jadranskog mora te do promjena u dotocima vode i hranjivih tvari rijekama te posljedično i do promjena saliniteta. Podiže se i razina mora, a mijenja se i cirkulacija vode u Jadranu. Djelatnostima čovjeka u more dopijevaju 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 morekopno te upoznavanje donosilaca odluka sa znanstvenim spoznajama na svim razinama. Vrlo je bitno upoznati i širu društvenu zajednicu uključivo i najmlađe članove s temeljnim znanjima o utjecaju klimatskih promjena na more, procese i živi svijet u njemu te 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) u suradnji s relevantnim znanstvenim i edukativnim institucijama u RH organiziramo V. znanstveno-stručni Skup s međunarodnim sudjelovanjem: **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 je organizatora motivirati sudionike za razmjenu ideja, znanja i iskustva s mogućnošću suradnje na postojećim i iniciranjem novih multi- i inter-disciplinarnih 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, a 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:

- Prilagodbe brzim promjenama koje se u morima događaju
- Mjere i dobri primjeri pristupa klimatskim promjenama, moguće prilagodbe i mjere u praksi,
- plava ekonomija
- Klimatske promjene i njihov utjecaj u Jadranskom moru
- Zagađenje mora, uključujući buku i biološko zagađenje invazivnim stranim vrstama
- Prekomjerno iskorištavanje morskih resursa
- 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
- Pismenost o oceanu, građanska znanost i sinergija između znanosti i umjetnosti
- Socijalna ekologija i društveni mehanizmi klimatskih promjena

Želimo Vam ugodno druženje i boravak u Zadru!

Ispred Organizacijskog odbora:

Tomislav Šarić, predsjednik

FOREWORD

The Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture of the University of Zadar, Aquarium Pula, the Marine Educational Center Association Pula, and the Ruđer Bošković Institute are organizing the **5th Scientific Expert Meeting on Adaptations to Climate Change and Preservation of Marine Ecosystems of Adriatic Sea**. The meeting is a continuation of the previous four conferences organized by Eko Kvarner in the City of Krk: *Expansion of the NATURA 2000 Ecological Network to Marine Areas (northwestern coast of the island of Krk, Rijeka Bay)* with the aim of preserving the habitat of the noble pen shell (*Pinna nobilis*, Linnaeus, 1758) (2020), *Literacy (knowledge and understanding) of the functioning of the Adriatic Sea ecosystem* (2021), *Climate Change and the Conservation of Marine Ecosystems of the Adriatic Sea* (2022), and *Adaptations to Climate Change and the Preservation of Marine Ecosystems of the Adriatic Sea* (2023).

The conference is organized to raise awareness in the broader social community about the impact of climate change, combined with other detrimental human activities, on the Adriatic Sea. Set within the framework of the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development 2021–2030, the conference emphasizes scientific research, education, socio-economic, and humanistic perspectives. It explores various adaptations, measures, and best practices to address the challenges posed by climate change, with a special focus on the protection and conservation of marine ecosystems.

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 also to the strong impacts of climate change. With the increase of sea temperature in the Adriatic, various non-indigenous thermophilic species of fish, 3 algae, bacteria and gelatinous organisms are more frequently appearing. We are witnessing extremely high sea temperatures, like up to 30°C in July 2022, which has not been recorded until nowadays. Phytoplankton blooms appear earlier and more frequent, and various pathogens cause mass mortalities of organisms. There is also a change in the abundance and the 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. 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 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 as for 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 only solution to support sustainable development. However, in order 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 decision makers 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 potential consequences of our insufficient knowledge of this issue for. 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 V. Scientific-Expert Conference with international participation: 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 approach 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 and to disseminate knowledge to the broader community, especially to local and state level governance bodies. 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 programme 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:

- Adaptations to rapid changes that are happening in the seas
- 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
- Exploitation and overexploitation of natural marine resources
- 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
- Ocean literacy, Citizen science, and Synergy between Science and Arts
- Social ecology and social mechanisms of climate change

SADRŽAJ / CONTENTS

PROGRAM SKUPA / CONGRESS PROGRAMME	1
PLENARNO PREDAVANJE / PLENAR LECTURE.....	12
USMENE PREZENTACIJE / ORAL PRESENTATION.....	14
POSTERSKE PREZENTACIJE / POSTER PRESENTATION	105
KAZALO AUTORA / AUTHOR INDEX.....	165

PROGRAM SKUPA

Četvrtak, 26. 9. 2024. Sveučilište u Zadru, Ulica Mihovila Pavlinovića 1

19.00 – 20.00 Dolazak i registracija sudionika, postavljanje postera

20.00 – 21.00 Koktel dobrodošlice, Sveučilište u Zadru, Svečana dvorana

Petak, 27. 9. 2024. Sveučilište u Zadru, Ulica Mihovila Pavlinovića 1, Svečana dvorana

8.30 - 9.30 Dolazak i registracija sudionika, postavljanje postera, Svečana dvorana

9.30 Otvorenje skupa i uvodni govor

Plenarno priopćenje:

10.00 Branko Grisogono

O recentnim klimatskim promjenama iznad Mediterana

On recent climate changes over the Mediterranean area

Usmena priopćenja:

10.45 Alexey Kamyshny, Irena Ciglenečki

Potruga za biogeokemijskim vremeplovom: Jadranska obala i šire

Quest for the biogeochemical time machines: Adriatic coast and beyond

11.00 Ivica Vilibić, Petra Pranić, Petra Zemunik Selak, Maja Bubalo, Hrvoje Mihanović, Iva Dominović Novković

Visokofrekventne oscilacije razine Vranskog jezera (Biograd, Hrvatska)

High-frequency water level oscillations in Vrana Lake (Biograd, Croatia)

11.15 Joško Trošelj, Iva Dominović, Jadranka Pečar Ilić, Irena Ciglenečki, Georgiy Kirillin

O osnovnim fizikalnim mehanizmima cirkuliranja vode i međudjelovanja slojeva vodenog stupca morskog jezera “Zmajevo oko” kod Rogoznice

On underlying water circulation physical mechanisms and interactions in the water column layers of marine lake “Zmajevo oko” near Rogoznica

11.30 Iva Dominović, Marija Marguš, Tatjana Bakran-Petricioli, Donat Petricioli, Irena Ciglenečki, Ivica Vilibić

Izmjena vode u jezeru Zmajevo oko (Rogoznica, Hrvatska) uzrokovana plimnim oscilacijama

Tidally driven water exchange in lake Zmajevo oko (Rogoznica, Croatia)

11.45 Sarah Mateša, Marija Marguš, Iva Dominović, Milan Čanković, Irena Ciglenečki

Prostorna i vremenska dinamika reduciranih sumpornih specija u morskom euksinskom okolišu (Rogozničko jezero – Zmajevo oko, Hrvatska)

Spatial and temporal dynamics of the reduced sulfur species in a marine euxinic environment (Rogoznica Lake – Dragon Eye, Croatia)

12.00 Pauza za kavu / Pregledavanje postera, Svečana dvorana

12.30 Niki Simonović, Doris Potočnik, Marija Marguš, Nives Ogrinc, Irena Ciglenečki
Preliminarna izotopna analiza sezonskih uzoraka Rogozničkog jezera-Zmajeva oka
Preliminary isotopic analysis of seasonal samples from Rogoznica Lake-Zmajevo oko

12.45 Dragana Mamić, Marijana Vuković
Prehrana mijenja pH mora
Nutrition Changes the pH of the Sea

13.00 Irena Ciglenečki, Tamara Đakovac, Iva Tojčić, Niki Simonović, Iva Dominović, Elena Terzić, Jelena Dautović, Ivica Vilibić
Fenomen cvjetanja mora, „mucillagini” u sjevernom Jadranu 2024. godine
The phenomenon of sea blooming, "mucillagini" in the northern Adriatic in 2024

13.15 Krešimir Žganec, Maja Čuže Denona, Maja Bjelić, Norma Fressel, Ivana Ribić
Učinci klimatskih promjena na interakcije slatkovodnih sustava i Jadranskog mora: studija sustava Vranskog jezera u Dalmaciji
Effects of climate change on freshwater-Adriatic Sea interactions: A case study of the Vrana Lake system in Dalmatia (Croatia)

13.30 Kristina Pikelj, Frane Marković, Nina Furčić
Obalni procesi i mehanizam razvoja klastične obale otoka Vrgade
Coastal processes and mechanism of coastal evolution on the Vrgada Island clastic coast

13.45 Maja Novosel, Anđelko Novosel
Video pregled čestih morskih pridnenih staništa duž hrvatske obale Jadranskog mora
Video overview of common bottom marine habitats along the Croatian Adriatic coast

14.00 Pauza za ručak (Restoran Barbakan, ul. Ruđera Boškovića 5)

15.30 Rina Milošević, Tomislav Šarić, Ivan Župan
Praćenje širenja invazivne alge *Caulerpa cylindracea* u uvali Sakarun (Dugi otok, Hrvatska)
Monitoring the *Caulerpa cylindracea* spread in Sakarun Bay (Dugi otok, Croatia)

15.45 Petar Kružić, Romana Gračan, Lovrenc Lipej, Borut Mavrič, Pavel Ankon, Andrea Čačković

Klimatske promjene i ugroženost crvene gorgonije (*Paramuricea clavata* (Risso, 1826)) u istočnom Jadranu

Climate changes and the threat to the red gorgonian (*Paramuricea clavata* (Risso, 1826)) in the Eastern Adriatic Sea

16.00 Josipa Poduje

Invazivna vrsta - *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766)

Invasive species - *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766)

16.15 Zoran Šikić, Ivan Župan, Tomislav Šarić, Ivana Bušljeta, Anđela Štuc, Matej Dolenc

Usporedba jakosti antropogenog utjecaja u NP Brijuni na morski okoliš

Comparison of the strength of the anthropogenic impact in Brijuni National Park on the marine environment

16.30 Silvija Kipson, Nika Stagličić, Branko Dragičević, Mišo Pavičić, Fedra Dokoza, Matea Špika, Agata Kovačev, Matea Martinović, Sara Nikšić, Denis Grubišić, Zrinka Jakl, Andrea Blašković

Vizualni cenzus riba kao indikatora klimatskih promjena u hrvatskim morskim zaštićenim područjima

Fish Visual Census for climate change indicators in Croatian Marine Protected Areas

17.00 Pauza za kavu / pregledavanje postera, Svečana dvorana

17.30 Dubravko Pejdo, Anđela Ivanac, Tomislav Šarić, Ivan Župan

Monitoring pojavnosti morskih organizama na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu

Monitoring of marine organisms on the artificial reef in the Zadar channel

17.45 Valentina Šebalj, Ivan Župan, Lav Bavčević, Tomislav Šarić, Petar Zuanović

Mrijest jakobove kapice *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) u mrjestilištu

Spawning of the Mediterranean scallop *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) under hatchery conditions

18.00 Lav Bavčević

Akvakultura u Jadranskom moru u uvjetima klimatskih promjena

Impact of climate change on aquaculture in the Adriatic Sea

18.15 Andrea Blašković, Joaquim Garrabou, Ernesto Azzurro, Fabio Figurella, Elena Ojea Fernandez Colmeiro, Fernando Pinillos, Carlo Cerrano, Ivan Guala, Thomais Vlachogianni

Jačanje kapaciteta zaštićenih morskih područja kao rješenje za prilagodbu klimatskim promjenama, Interreg Euro-MED MPA4Change

Enhancing Marine Protected Areas as Nature Based Solutions for adaptation to climate change, Interreg Euro-MED MPA4Change

18.30 Rasprava i zaključci skupa I. dan

- 19.00 Izložba najboljih dječjih radova s Međunarodnog likovnog natječaja „2024 Iserlohn-Essen-Zagreb“ za djecu od 1. do 8. razreda u Hrvatskoj i polaznike hrvatske nastave u iseljeništvu s temom „**Očuvanje i zaštita mora i voda**“
Izložba fotografija učenika Pomorske škole Bakar „**U podmorju Bakarskog zaljeva**“

Subota, 28.9. 2024. Sveučilište u Zadru, Ulica Mihovila Pavlinovića 1, Svečana dvorana 1. kat

8.00 - 9.00 Dolazak i registracija sudionika

Usmena priopćenja:

- 9.00 **Nina Bilandžić, Ines Varga, Božica Solomun Kolanović, Marija Sedak, Ivana Varenina, Maja Đokić, Đurđica Božić Luburić, Bruno Čalopek, Miroslav Benić, Luka Cvetnić, Željko Mihaljević, Natalija Džafić, Dijana Mišetić Ostojić, Kristina Kvirgić, Tanja Bogdanović, Sandra Petričević, Zvonimir Jažo, Bosiljka Mustać, Bruna Petani, Slavica Čolak, Ivana Ujević, Snježana Herceg Romanić, Gordana Mendaš Starčević, Ivica Bošković, Andrea Gross-Bošković, Vlatka Buzjak Služek, Elena Fattore**
PFASsFoodWildlife: projekt određivanja perfluoroalkilnih tvari (PFASs) u životinjskim vrstama iz vodenih i kopnenih staništa te hrani životinjskog podrijetla
PFASsFoodWildlife: project for determination of perfluoroalkyl substances (PFASs) in animal species from aquatic, marine and terrestrial habitats and food of animal origin
- 9.15 **Vlatka Filipović Marijić, Tatjana Mijošek, Sara Šariri, Marija Kuštro, Dajana Kučić Grgić, Viktorija Martinjak, Martina Miloloža, Šime Ukić, Zuzana Redžović, Marijana Erk, Damir Kapetanović, Ana Gavrilović, Tena Radočaj, Neven Cukrov**
Procjena toksičnosti i kombiniranih utjecaja onečišćujućih tvari na akvatičke organizme
Assessment of toxicity and combined effects of contaminants on aquatic organisms
- 9.30 **Ines Alujević**
Ispitivanje utjecaja krema za sunčanje na vodene ekosustave
Testing the impact of sunscreens on aquatic ecosystems
- 9.45 **Romina Kraus**
Klimatske promjene povećavaju potrebu za monitoringom luka zbog očuvanja bioraznolikosti - je li konačno vrijeme da počne monitoring?
Climate change increases the need for port monitoring for biodiversity conservation - is it finally time to start monitoring?
- 10.00 **Donat Petricioli, Smiljan Gluščević**
Luke na istočnoj obali Jadranskog mora i podizanje razine mora: da li smo nešto naučili?
Ports on the eastern coast of Adriatic Sea and sea level rise – have we learned anything?

- 10.30 Milena Mičić, Ludovica Rodriguez, Tamara Sović Čalić**
Mikroalge i fotobioreaktori kao rješenje za klimatske promjene
Microalgae and photobioreactors as a solution for climate change
- 10.45 Brigita Hočevar, Filipa Alexandra Andre Vicente, Uroš Novak, Maja Gabrič, Rok Pogorevc, Žan Lavrič, Matej Huš, Miha Grilc, Blaž Likozar**
Valorizacija otpada od plodova mora u kemikalije i materijale s dodanom vrijednošću
Valorization of seafood wastes into added-value chemicals and materials
- 11.00 Pauza za kavu / pregledavanje postera, Svečana dvorana**
- 11.30 Dalibor Carević, Tin Kulić, Goran Lončar**
Razvoj modela zasnovanoga na agentima za analizu rasprostiranja invazivnih planktonskih frakcija
Development of agent-based models for the analysis of invasive plankton fractions
- 11.45 Elisa Donati, Nina Marn, Ines Haberle, Cosimo Solidoro, Salvatore Libralato**
Populacijski modeli male pelagične ribe temeljeni na teoriji dinamičkih energijskih proračuna (DEB)
Small pelagic fish population models based on Dynamic Energy Budget (DEB) theory
- 12.00 Stella Dumenčić, Marta Alvir, Ivana Lučin, Siniša Družeta, Lado Kranjčević**
Praćenje promjena vodenih površina uz satelitske snimke
Automatic detection of water surface changes using satellite images
- 12.15 Silvija Šiljeg, Ante Šiljeg, Ivan Marić, Fran Domazetović**
Samoodrživi višesenzorski sustav za nadzor kvalitete stajaćih kopnenih voda
Self-sustainable Multisensor System for Monitoring Water Quality in Inland Waterbodies
- 12.30 Ivana Lučin, Marta Alvir, Stefan Ivić, Stella Dumenčić**
Mogućnosti i implikacije instalacije odobalnih vjetroparkova u Jadranskom moru
Implications and possibilities of offshore wind farms installations in Adriatic Sea
- 12.45 Nikola Biliškov**
Analiza klimatskih politika RH i EU – što je potrebno i što možemo očekivati?
Analysis of climate policies of the Republic of Croatia and the EU – what is needed and what we can expect?
- 13.00 Danijela Mioković**
Kako djelovati u borbi s klimatskim promjenama i invazivnim vrstama – (a ostati) unutar pravnog okvira zakonodavstva EU?
Taking action on climate change and invasive species – what can be done within the legal frame of the EU legislation?

13.15 Jelena Čulin

Pregled i analiza zahtjeva za smanjenje ugljičnog intenziteta pomorstva prema Prilogu VI MARPOL-a

Review and analysis of requirements for reducing the carbon intensity of shipping according to Annex VI of MARPOL

13.30 Milvana Arko-Pijevac

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

Evaluation reports on the need for environmental impact assessment (EIA) - form vs. nature and environment protection measure

13.45 Eli Marušić, Vesna Dobronić, Merica Slišković, Željana Pučo

Stavovi lokalne zajednice o važnosti obrazovanja i suradnje u održivom razvoju morskog ekosustava

Attitudes of the local community on the importance of education and cooperation for the sustainable development of the marine ecosystem

14.00 Pauza za ručak (Restoran Barbakan, ul. Ruđer Bokovića 5)

15.30 Jasna Lovrinčević

Znanost i umjetnost za život u skladu s Ciljevima održivog razvoja UN-a

Science and Art for Living in Accordance With the UN Goals of Sustainable Development

15.45 Mirela Sertić Perić, Diana Garašić, Borjanka Smojver, Sanja Fabac, Lydia Lugar, Marina Ništ

Održivi razvoj u školskom kurikulumu: Fokus na morske ekosustave i klimatske promjene

Sustainable development in the school curriculum: Focus on marine ecosystems and climate change

16.00 Marina Ništ, Marica Kučan, Sanja Fabac

Projekt SEMEP - interdisciplinarni pristup u poučavanju o klimatskim promjenama

The SEMEP project - an interdisciplinary approach in teaching about climate change

16.15 Tamara Banović, Ivica Štrbac

Obrazovanje o klimatskim promjenama i njihovom utjecaju na mora i oceane u OŠ Josip Pupačić u Omišu

Education about climate change and its impact on seas and oceans at Josip Pupačić Elementary School in Omiš

16.30 Anita Mustać

Istraživanje učenika osnovne škole o utjecaju klimatskih promjena i zakiseljavanja mora na morske organizme

Primary School Students' Research on the Impact of Climate Change and Sea Acidification on Marine Organisms

- 16.45 Zrinka Ljubešić, Antonija Matek, Maja Mucko, Sunčica Bosak, Hrvoje Mihanović, Mirko Orlić, Hrvoje Čižmek, Barbara Čolić, Davor Lučić, Branka Pestorić, Eric P. Achterberg, Raffaella Casotti, Damir Viličić**
Prepoznavanje važnosti i prijedlog dodatne zaštite područja pod utjecajem valova zarobljenih uz otok – Park prirode Lastovsko otočje
Recognizing the importance and proposal for additional protection of the area under the influence of island trapped waves – Lastovsko otočje Nature Park
- 17.00 Anita Šimac, Margarita Morić**
Morski ekološki leksikon – podučavanje oceanske pismenosti u osnovnim školama
Marine ecological lexicon - teaching ocean literacy in primary schools
- 17.15 Boris Mifka, Maja Telišman Prtenjak, Irena Ciglencečki**
Multidisciplinarna istraživanja epizoda donosa i taloženja pustinjske prašine na Jadran
Multidisciplinary research on episodes of desert dust advection and deposition in the Adriatic
- 17.30 Maja Čuže Denona** - uvod u stručni izlet na Vransko jezero
Prilagodbe klimatskim promjenama na području Vranskog jezera
Adaptations to climate change in the area of Lake Vrana

17. 45 Rasprava i zaključci skupa II. dan i prijedlog teme za 2024. godinu

18.30 Zatvaranje Skupa i nagrada za najbolji poster

19.30 Impact factor, znanstveno-muzički sastav IRBa

20.30 Zajednička večera (Restoran Barbakan, ul. Ruđer Boškovića 5)

Posterska priopćenja:

- 1. Marijana Gudić, Marijana Bandić Buljan**
Mogu li promjene u kriosferi izazvati promjene u Jadranskom moru?
Can changes in the cryosphere cause changes in the Adriatic Sea?
- 2. Marko Mlinar, Srđan Čupić**
Višegodišnji niz mjerenja površinskih temperatura mora u Splitu valografskom plutačom
Multi-year series of measurements of sea surface temperatures in Split with a waverider buoy
- 3. Kristina Kvirgić, Dijana Mišetić Ostojić, Džafić, Jelka Pleadin**
Ciklički imini u dagnjama iz uzgajališta južnog dijela istarskog poluotoka, Hrvatska

Cyclic imines in Mediterranean mussels from the southern part of the Istrian peninsula, Croatia

4. **Paolo Paliaga, Niki Simonović, Andrea Budiša, Irena Ciglonečki**
Razvoj tri različitih pojava sluzavih agregata duž obale zapadne Istre u 2024. godini
Development of three different mucilage events along the coast of western Istria in 2024

5. **Natalija Džafić, Barbara Boljkovac Begić, Karmela Nina Barać, Kristina Kvrčić, Dijana Mišetić Ostojić, Sara Džafić, Miroslav Benić**
Utjecaj temperature mora na pojavnost bakterije *Vibrio parahaemolyticus* u školjkašima iz otpremnih centara
Influence of sea temperature on the occurrence of bacterium *Vibrio parahaemolyticus* in shellfish from shipping centers

6. **Vida Burić, Pavel Ankon, Domagoj Đikić, Romana Gračan, Irena Landeka Jurević, Silvestar Beljan, Petar Kružić**
Utjecaj temperaturnog stresa na fiziološke i histološke promjene u tkivu koralja (Hexacorallia, Anthozoa) iz Jadranskog mora
Impact of temperature stress on physiological and histological changes in the tissue of the Adriatic Sea corals (Hexacorallia, Anthozoa)

7. **Marija Jurica, Ana Masar, Andrea Gojak, Slavica Čolak**
Busenasti koralj (*Cladocora caespitosa*) u blizini otoka Iža "ReefQuest: *Cladocora caespitosa* Exploration"
Bushy Coral (*Cladocora caespitosa*) near the Iž island "ReefQuest: *Cladocora caespitosa* Exploration"

8. **Ines Kovačić, Petra Burić, Anamarija Panić, Valentina Kolić, Ante Žunec, Neven Iveša, Iva Čanak, Jadranka Frece, Mauro Štifanić**
Klimatske promjene utječu negativno na alometriju češljače *Aequipecten opercularis* (Linnaeus, 1758)
Climate change conditions negatively affect the allometry of the queen scallop *Aequipecten opercularis* (Linnaeus, 1758)

9. **Bruna Babin, Filip Tafra, Tomislav Grgić, Božena Vitlov, Matea Kučina, Bosiljka Mustać, Slavica Čolak**
Suživot divlje ribe i uzgajane na uzgajalištima morskih riba u Hrvatskoj
Cohabitation of wild fish and farmed fish in marine fish farms in Croatia

10. **Ana Barta, Marina Rados, Bosiljka Mustać, Bruna Petani**
Lokalno ekološko znanje o ribarstvu na istočnoj (Zadarska županija) i zapadnoj (regija Marche) obali srednjeg Jadrana
Fisheries Local Ecological Knowledge in Eastern (Zadar county) and Western (Marche region) Coast of the Central Adriatic Sea

- 11. Snježana Herceg Romanić, Gordana Mendaš, Gordana Jovanović, Tijana Milićević, Marijana Matek Sarić, Bosiljka Mustać**
Istraživanje onečišćenja okoliša i poliklorirani bifenili u morskim organizmima Jadranskog mora
Research on Environmental Pollution and Polychlorinated Biphenyls in Marine Organisms of the Adriatic Sea
- 12. Mirjam Vidas, Melita Mokos, Ivana Zubak Čižmek**
Karakterizacija mezoplastike i mikroplastike u sedimentu plaže u Ninu
Characterization of mesoplastics and microplastics in the beach sediment in Nin
- 13. Petra Vukosav, Tea Mišić Radić**
Umjetno proizvedene nanočestice u morskom okolišu – uloga izvanstaničnih polimera mikroalgi
Engineered nanoparticles in the marine environment – the role of microalgal extracellular polymers
- 14. Ines Kovačić, Anamarija Vidas, Moira Buršić, Petra Burić, Paolo Paliaga, Neven Iveša, Ana Markić, Andrea Budiša, Gioconda Milotti, Emina Pustijanac**
Povezanost klimatskih promjena i onečišćenja mora plastikom: utjecaji na morske organizme
Connection of Climate Change and Marine Plastic Pollution: Impacts on Marine Organisms
- 15. Tijana Milićević, Snježana Herceg Romanić, Jasna Đinović-Stojanović, Dubravka Relić, Gordana Jovanović, Aleksandar Popović, Bosiljka Mustać**
Procjena rizika i koristi od konzumiranja jadranske pelagične ribe
Health risks and benefits of consuming Adriatic pelagic fish
- 16. Gordana Jovanović, Snježana Herceg Romanić, Tijana Milićević, Marijana Matek Sarić, Gordana Mendaš**
Onečišćenje humanog mlijeka u Zadru: organska onečišćivala, antioksidacijski kapacitet i zdravstveni rizik
Contaminant profiles in Zadar breast milk: a study on organic pollutants, antioxidant capacity and health risk
- 17. Ivana Rumora Samarin, Dubravka Vitali Čepo, Tara Gabrijele Martinko, Lara Čišper, Nikolina Štruml, Ivana Trbojević**
Ugljični otisak prehrane studenata i Mediteranski indeks prehrane
Carbon footprint of students' diet and Mediterranean diet quality index
- 18. Marta Alvir, Ivana Lučin, Ante Sikirica, Lado Kranjčević**
Primjena postupka za jednosmjerno ugnježđivanje detaljnih numeričkih modela u oceanografske modele

Application of the procedure for one-way nesting of detailed numerical models in oceanographic models

19. Tamara Banović, Luka Kovačić, Filip Kovačić

Zagrijavanje različito obojenih fasada kuća i njihov utjecaj na pojavnost gradskih toplinskih otoka

Heating of differently colored house facades and their impact on the formation of urban heat islands

20. Ivica Kinder

Pregled hrvatskog zakonodavstva u svezi s mogućim iskorištavanjem obnovljivih izvora energije na moru

A review of the Croatian legislation regarding the possible exploitation of renewable energy sources at sea

21. Lucija Petricioli, Predrag Pale, Marija Vurnek, Denis Havlik

ClimEmpower, projekt Obzor Europe: Postavljanje, dosad naučeno i daljnji koraci

ClimEmpower, a Horizon Europe Project: Setup, Current Lessons Learned, and Way Forward

22. Barbara Sladonja, Marija Pičuljan, Klaudia Dragičević, Ninoslav Luk, Danijela Poljuha, Martina Begić, Mirela Uzelac Božac

Integrirane strategije i rješenja za smanjenje otpada u zaštićenim i Natura 2000 područjima (WASTEREDUCE)

Integrated waste reduction strategies and solutions in protected and Natura 2000 areas (WASTEREDUCE)

23. Tamara Banović, Ivana Zemunik

Kako edukacijom unaprijediti ekološki status morskih ekosustava?

How to improve the ecological status of marine ecosystems through education?

24. Tamara Banović, Ivica Štrbac

GLOBE program i hidrološka mjerenja

GLOBE program and hydrological measurements

25. Marica Kučan

U podmorju Bakarskog zaljeva

Below the sea surface of Bakar Bay

26. Irina Kozličić Juraga, Biljana Agić

Zadarski Willow Creek u luci Gaženica

Zadar's Willow Creek in the Gaženica port

27. Valentina Zelenika, Mihovila Rončević, Jelena Barbarić-Gaćina

Razvijanje svijesti o raznolikosti mekušaca Jadrana kroz izradu školske zbirke

Developing Awareness of Adriatic Mollusk Diversity Through the Creation of a School Collection

28. Ivana Petrov Rančić

Ribe od naplavina – umjetnost u službi podizanja svijesti o stranim i invazivnim vrstama riba u Jadranu

Driftwood fish – art as a tool for raising awareness of alien and invasive fish species in the Adriatic Sea

29. Antonija Bezić Radman

Zaštita nematerijalne kulturne baštine učenjem o moru

Protection of intangible cultural heritage through learning about the sea

30. Marin Kirinčić

Sezonske promjene u sastavu dekapodne faune (Crustacea, Decapoda) plitkog sedimentnog infralitorala zaljeva Meline, otok Krk

Seasonal variations in a decapod fauna (Crustacea, Decapoda) of the shallow sedimentary infralitoral zone at the Meline Bay, island of Krk

Nedjelja, 29. 9. 2024. Stručni izlet na PP Vransko jezero

9.00 Okupljanje sudionika ispred studentskog doma Sveučilišta u Zadru na adresi Put Stanova 1a

9.30 Stručni izlet na PP Vransko jezero

15.00 Povratak u Zadar

PLENARNO PREDAVANJE / PLENARY LECTURE

O recentnim klimatskim promjenama iznad Mediterana

Branko, Grisogono¹

¹*Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Hrvatska*

e-mail: branko.grisogono@gfz.hr

Brzina i ubrzanje aktualnih globalnih i regionalnih klimatskih promjena mora se uzeti u obzir u svim ljudskim aktivnostima, a posebice u poljoprivredi - u njezinom najširem smislu, prometu, svim energetske sektorima, daljnjim istraživanjima i obrazovanju. Godina 2023. bila je najvjerojatnije najtoplija godina prema klimatološkim podacima; štoviše, u 2023. zabilježen je rekordni broj dana s „ekstremnim toplinskim stresom“. Postoji sve jači trend u broju dana s barem „jakim toplinskim stresom“ diljem Europe; smrtnost povezana s vrućinom porasla je za oko 30% u posljednjih 20 godina, a procjenjuje se da je smrtnost povezana s vrućinom porasla u više od 90% promatranih europskih krajeva. Sredozemna područja zagrijavaju se brže od većine svijeta, gotovo jednako brzo kao i polarna područja. Činjenice su da se oceani i mora također zagrijavaju i da se raslojavaju, gube O₂ i postaju kiseli. Zagrijavanje područja Sredozemlja razmatrat će se u smislu nekoliko geofizičkih parametara dinamike fluida, npr. konvektivna raspoloživa potencijalna energija, visina temperature zraka od nula stupnjeva Celzijusa, približna temperatura vrha atmosferskog graničnog sloja i temperature površine mora, pojave tuče, itd. Pristup prezentaciji ide od planetarnih skala prema sve finijim, tj. manjim i privremeno kraćim skalama. Završit će osvrtom na vinogradarstvo kao važan poljoprivredni resurs mediteranskog područja.

Ključne riječi: aerosoli, opća cirkulacija, mezoskalna dinamika, pozitivni klimatski trendovi

On recent climate changes over the Mediterranean area

Branko, Grisogono¹

¹Department of Geophysics, Faculty of Science University of Zagreb, Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Croatia

e-mail: branko.grisogono@gfz.hr

The speed and acceleration of the recent global and regional climate changes must be accounted for in generally all human activities, and especially so in agriculture - in its broadest sense, in traffic, all energy sectors, further research and education. The year of 2023 was most probably the warmest year on the climatic record; moreover, 2023 saw a record number of days with “extreme heat stress“. There is an increasing trend in the number of days with at least “strong heat stress“n across Europe; heat-related mortality has increased by around 30% in the past 20 years and heat-related deaths are estimated to have increased in over 90% of the European regions monitored. Mediterranean areas are warming up faster than most of the world, almost as fast as the polar areas. Facts are that oceans and seas are also warming up and more layering, loosing O₂ and becoming more acid. Warming of the Mediterranean area shall be tackled in terms of several geophysical fluid dynamics parameters, e.g., convective available potential energy, zero-degree air temperature level, approximate temperature of the top of the atmospheric boundary layer, and sea surface temperature, hail events and more. The presentation approach goes from planetary scales to progressively finer, i.e., smaller and temporary shorter scales. It will end with comments on viticulture as an important agricultural resource of the Mediterranean area.

Key words: aerosols, general circulation, mesoscale dynamics, positive climatic trends

USMENE PREZENTACIJE / ORAL PRESENTATIONS

Potruga za biogeokemijskim vremeplovom: Jadranska obala i šire

Alexey, Kamyshny^{1,2}, Irena, Ciglenečki²

¹*Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel*

²*Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb, Hrvatska,*
e-mail: alexey93@gmail.com

Rana evolucija života na Zemlji bila je blisko povezana s razvojem kemijskog sastava oceana i redoks uvjeta. Biogeokemijski procesi drevnih oceana, koji se odražavaju u kemijskom i izotopnom sastavu sedimentnih stijena, proučavaju se usporedbom sastava stijena s obzirom na rezultate kemijske i izotopne frakcionacije koja se pronalazi u modernim vodenim sustavima u uvjetima sličnim onima za koje se vjeruje da su postojali u drevnim oceanima. Stratificirana jezera s anoksičnim i sulfidnim hipolimnionom naširoko se koriste kao analozi proterozojskog oceana. Jedno od takvih jezera koje se intenzivno proučavalo posljednjih desetljeća je Rogozničko jezero-Zmajevo oko u Hrvatskoj. Drugo slično morsko jezero za koje je poznato da je sezonski slojevito, je jezero Mir na Dugom otoku. Poznato je da su morska laguna Butrint (Albanija) i slatkovodno jezero Bled (Slovenija) također podložni stratifikaciji vodenog stupca. U ovom izlaganju raspravljat će se o potencijalu različitih limničkih sustava koji se nalaze na obali Jadranskog mora i šire da služe kao suvremeni analozi drevnih morskih sustava s obzirom na njihove hidrografske uvjete i kemijski sastav vodenog stupca.

Ključne riječi: stratificirana jezera, morska jezera, sumporovodik, proterozoik, Rogozničko jezero

Quest for the biogeochemical time machines: Adriatic coast and beyond

Alexey, Kamyshny^{1,2}, Irena, Ciglencčki²

^{1,2}*Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel*

²*Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Zagreb, Croatia*

e-mail: alexey93@gmail.com

The early evolution of life on Earth was intimately coupled with the development of the oceans' chemical composition and redox conditions. The biogeochemical processes of the ancient oceans, reflected in the chemical and isotopic compositions of sedimentary rocks, are studied by comparing the rock compositions with the chemical and isotope fractionation patterns that are formed in modern aquatic systems under conditions similar to those that are believed to have existed in ancient oceans. Stratified lakes with anoxic and sulfidic hypolimnion are widely used as Proterozoic Ocean analogs. One of such lakes which was intensively studied during the late decades is Lake Rogoznica (Zmajevo oko) in Croatia. Other marine lake in Croatia, which is known to be seasonally stratified is Lake Mir on Dugi otok Island. Marine Butrint lagoon (Albania) and freshwater lake Bled (Slovenia) are also known to undergo water column stratification. This presentation will discuss the potential of various limnic systems located on the coast of the Adriatic Sea and beyond to serve as modern analogs of ancient marine systems with regard to their hydrographic conditions and chemical composition of the water column.

Key words: stratified lakes, seawater lake, hydrogen sulfide, Proterozoic Ocean, Lake Rogoznica

Visokofrekventne oscilacije razine Vranskog jezera (Biograd, Hrvatska)

Ivica, Vilibić^{1,2}, Petra, Pranić³, Petra, Zemunik Selak³, Maja, Bubalo⁴, Hrvoje, Mihanović³, Iva, Dominović Novković¹

¹Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb, Hrvatska; ²Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split, Hrvatska; ³Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, Hrvatska; ⁴Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geofizički odsjek, Zagreb, Hrvatska
e-mail: ivica.vilibic@irb.hr

Vransko jezero, najveće jezero u Hrvatskoj duljine 14 km, je plitko bočato jezero s maksimalnom dubinom od 4 metra, povezano s morem preko nekoliko spojnih krških kanala. Jezero je prepoznato kao ključno odmorište za mnoge vrste migratornih ptičjih vrsta koje putuju između sjeverne Europe i juga te proglašeno parkom prirode 1999. godine. Međutim, ekosustav jezera je posljednjih godina sve više ugrožen prodorima slane vode u jezero zbog porasta razine mora i značajnijih sušnih razdoblja. Tijekom 2021. godine, na jugoistočnom kraju jezera kraj kanala Prosika, instaliran je radarski mareograf za mjerenje promjena razine jezera, kao i popratna meteorološka postaja. Oba uređaja do danas kontinuirano obavljaju mjerenja jednom u minuti. Mjerenja razine jezera ukazuju na dugoročne oscilacije razine jezera uzrokovane promjenama u oborinskim režimima u slivnom području jezera i s oscilacijama razine mora. Uređaj je također bilježio snažne oscilacije razine jezera – seše – perioda oko 85 minuta koje mogu doseći 40 cm, što je oko 10% dubine jezera i približno 25% maksimalnog raspona razine vode zabilježenog tijekom razdoblja mjerenja. Preliminarne analize sugeriraju da su ove oscilacije – zbog male dubine jezera – prvenstveno uzrokovane naletima vjetra, dok je utjecaj putujućih poremećaja zraka uobičajen kod iste pojave u moru zanemariv. U okviru istraživanja planiraju se načiniti studije osjetljivosti pomoću numeričkog modela jezera, čime bi se kvantificirali atmosferski uvjeti koji dovode do snažnih oscilacija razine vode. Ovo istraživanje naglašava važnost kontinuiranog praćenja i modeliranja fizikalnih procesa u osjetljivim obalnim sustavima, kako bi se ublažili ekološki utjecaji i osigurala održivost ovog prirodnog staništa.

Ključne riječi: razina jezera, visokofrekventne oscilacije, utjecaj vjetar, Vransko jezero

High-frequency water level oscillations in Vrana Lake (Biograd, Croatia)

Ivica, Vilibić^{1,2}, Petra, Pranić³, Petra, Zemunik Selak³, Maja, Bubalo⁴, Hrvoje, Mihanović³, Iva, Dominović Novković¹

¹*Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Zagreb, Croatia;* ²*Institute of Adriatic Crops and Karst Reclamation, Split, Croatia;* ³*Institute of Oceanography and Fisheries, Split, Croatia;* ⁴*University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Geophysics, Zagreb, Croatia*
e-mail: ivica.vilibic@irb.hr

Vrana Lake, the largest lake in Croatia with a length of 14 km, is a shallow brackish lake with a maximum depth of 4 meters, connected to the sea through several karst channels. The lake is recognized as a crucial resting place for many species of migratory birds traveling between northern Europe and the south and was declared a nature park in 1999. However, in recent years, the lake's ecosystem has become increasingly threatened by the intrusion of saltwater due to rising sea levels and more significant drought periods. During 2021, a radar tide gauge was installed at the southeastern end of the lake near Prosika Channel to measure changes in lake levels, along with a complementary meteorological station. Both devices have been continuously performing measurements once a minute to date. Measurements of the lake's water level indicate long-term oscillations caused by changes in the precipitation regimes in the lake's catchment area and sea level changes. The device has also recorded strong lake level oscillations – seiches – with a period of about 85 minutes that can reach 40 cm, which is about 10% of the lake's depth and approximately 25% of the maximum water level range recorded during the measurement period. Preliminary analyses suggest that these oscillations – due to the lake's shallow depth – are primarily caused by wind surges, while the impact of traveling atmospheric disturbances, common in the sea, is negligible. As part of the research, sensitivity studies using a numerical model of the lake are planned to quantify the atmospheric conditions leading to strong water level oscillations. This research highlights the importance of continuous monitoring and modeling of physical processes in sensitive coastal systems to mitigate ecological impacts and ensure the sustainability of this natural habitat.

Key words: water level, high-frequency oscillations, wind forcing, Vrana Lake

O osnovnim fizikalnim mehanizmima cirkuliranja vode i međudjelovanja slojeva vodenog stupca morskog jezera “Zmajevsko oko” kod Rogoznice

Joško, Trošelj¹, Iva, Dominović¹, Jadranka, Pečar Ilić¹, Irena, Ciglencečki¹, Georgiy, Kirillin²

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

²*Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries Berlin, Njemačka*
e-mail:josko.troselj@irb.hr

Vrlo složeno, nedovoljno istraženo, a mjerenjima i istraživanjima prepoznato međudjelovanje slojeva vodenog stupca morskog jezera „Zmajevsko oko“ kod Rogoznice u Hrvatskoj [1] inicirala je istraživačku znatiželju i posljedično potrebu za sveobuhvatnim istraživanjem njenih temeljnih mehanizama. Stoga je cilj ove studije rasvijetliti ključne dijelove dinamike između vodenih slojeva unutar vodenog stupca jezera, posebno se fokusirajući na stopu posmičnog naprezanja ($U = du/dz$) i vertikalne stratifikacije ($R = \rho/(dp/dz)$). Analizirali smo utjecaje U kod ruba jezera na dubinama od 2,5 do 7,5 m i utjecaje R kod središta jezera (uobičajena točka uzorkovanja) na dubinama od 0,5 do 12,5 m. Utjecaji U pokazali su da se prekidi mjerenja brzine s Acoustic Doppler Current Profiler-om (ADCP)-om, redovito javljaju na dubinama oko 6,5 m istovremeno s većim vrijednostima U , dok su utjecaji R pokazali pojavu viših vrijednosti u sloju oko 8,5 m, što ukazuje na veće trenje i posljedično turbulenciju na toj dubini. Za cjelokupniji pregled studije, planiramo prikupiti podatke o brzini i gustoći iste točke u jezeru, tako da možemo ispitati sve moguće skupove vrijednosti između U i R , kako bi procijenili njihove zajedničke interakcije i utjecaje na ukupnu vodnu bilancu u vodenom stupcu jezera. Očekujemo da bi velike vrijednosti U i R trebale biti povoljne za smanjene uvjete navigacije, gdje navigaciju definiramo kao lakoća kretanja različite gustoće od vode. Takvi smanjeni uvjeti odnose se na višekontekstualni raspon navigacije bilo čega što je u bilo kakvoj simbiozi s jezerom, na primjer brzine plivanja životinja, brzine putovanja signala ADCP-a, strujanje biokemijski različitih slojeva, itd. Naši rezultati pokazuju da, u kombinaciji s nekim drugim parametrima, istodobni utjecaji finih interakcija između U i R , mogu poslužiti kao smjernice za daljnje prosvjetljavanje detaljnijeg razumijevanja temeljnih fizičkih mehanizama kompleksne dinamike unutar vodenog stupca morskog jezera Zmajevsko oko.

Ključne riječi: višekontekstualno hidrotehničko istraživanje, stopa posmičnih naprezanja, vertikalna stratifikacija, navigacijski uvjeti, vodna bilanca u jezeru Zmajevsko oko

On underlying water circulation physical mechanisms and interactions in the water column layers of marine lake “Zmajevsko oko” near Rogoznica

Joško, Trošelj¹, Iva, Dominović¹, Jadranka, Pečar Ilić¹, Irena, Ciglencečki¹, Georgiy, Kirillin²

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

²*Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries Berlin, Germany*

e-mail:josko.troselj@irb.hr

Highly complex, insufficiently researched, recognized by measurements and research, dynamics within the water column of the marine lake “Zmajevsko oko” in Croatia [1] initiated research curiosity and the need for comprehensive research of its fundamental mechanisms. Therefore, the aim of this study is to enlighten key parts of the dynamics among layers in the Zmajevsko oko water column, focusing in particular on the shear stress rate ($U = du/dz$) and vertical stratification ($R = \rho/(dp/dz)$). We analyzed the effects of U at the edge of the lake on depths of 2,5 to 7,5 m and the effects of R at the center of the lake (usual sampling point) on depths of 0,5 to 12,5 m. The effects of U showed that interruptions in velocity measurement with the Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) regularly occur at depths of 6.5 m simultaneously with higher values of U , whereas the effects of R showed the appearance of higher values in the layer of 8.5 m, which indicates greater friction and consequently turbulence on that depth. For a more balanced overview of the study, we plan to collect velocity and density data from the same point in the lake, so that we can examine all sets of values between U and R , to assess their mutual interactions and impacts on the overall water balance in the lake water column. We expect that large values of U and R should be favorable for reduced navigation conditions, where we define navigation as ease of movement of a different density than water. Such reduced conditions relate to the multi-contextual range of navigation of anything in any symbiosis with the lake, for example animal swimming speeds, ADCP signal travel speeds, flow of biochemically different layers, etc. Our results show that, in combination with some other parameters, the simultaneous impacts of fine interactions between U and R can serve as guidelines for further enlightening a more detailed understanding of the basic physical mechanisms of complex dynamics in the marine lake Zmajevsko oko.

Key words: multi-contextual hydrotechnical research, shear stress rate, vertical stratification, navigability conditions, lake water balance in lake Zmajevsko oko

Izmjena vode u jezeru Zmajevu oko (Rogoznica, Hrvatska) uzrokovana plimnim oscilacijama

Iva, Dominović¹, Marija, Marguš¹, Tatjana, Bakran-Petricioli², Donat, Petricioli³, Irena, Ciglencečki¹, Ivica, Vilibić^{1,4}

*¹Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb, Hrvatska, ²Sveučilište u Zagrebu, Odsjek za Biologiju, Zagreb, Hrvatska; ³D.I.I.V. d.o.o. - ekologija mora, voda i podzemlja, Sali, Hrvatska, ⁴Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split, Hrvatska
e-mail:idominov@irb.hr*

Jezero Zmajevu oko (ZO) morsko je jezero u blizini Rogoznice (Hrvatska) u kojemu se povremeno događaju iznenadne anoksične holomiksije. Također, ZO karakterizira i progresivna deoksigenacija, a u posljednjim desetljećima opsežno je proučavano zbog svojih fizikalnih i biogeokemijskih svojstava. Ipak, još uvijek nedostaju saznanja o izmjeni vode između ZO-a i mora kroz porozni krš. Radi nadopune znanja o ZO, povremena mjerenja temperature, saliniteta, otopljenog kisika, hranjivih tvari i razine mora provedena su u razdoblju od 2020. do 2023. godine na lokacijama unutar i oko ZO-a, uključujući špilje za koje se pretpostavlja da je kroz njih komunikacija ZO-more najjača. Iako su plime i oseke ZO-a znatno prigušene naspram onih u moru, utvrđeno je da izmjena uzrokovana dnevnim oscilacijama značajno utječe na temperaturni signal u gornjem sloju uz rubove jezera, ukazujući na advekciju ili toplije ili hladnije morske vode u jezero tijekom zimskih, odnosno ljetnih razdoblja. Kad se tome doda učinak saliniteta, te vode mogu ojačati ili oslabiti hidrostatičku stabilnost ZO-a. Spektralne analize pokazuju da je jezero zaštićeno od visoko frekventnih oscilacija razine vode koje se javljaju u moru, budući da se ZO ponaša kao prirodni, prigušeni sustav u plimnim i subdnevnim oscilacijama. Također je uočeno da otopljeni kisik i hranjive tvari u gornjem sloju (na lokacijama s najvećom izmjenom krške vode) variraju tijekom ciklusa plime i oseke, no potrebna je bolja strategija uzorkovanja za kvantificiranje učinaka izmjene vode na biogeokemijska svojstva unutar ZO-a. Kako su događaji anoksičnog prevrtanja postali sve češći, potrebna su daljnja istraživanja koja bi kvantificirala osjetljivost ZO-a na izmjene vode, kako u sadašnjoj klimi tako i u očekivanoj budućoj klimi s višim temperaturama zraka, većim salinitetom u moru i ekstremnijim oborinama koje se očekuju na jadranskom području.

Cljučne riječi: Morsko jezero, anoksija, raslojavanje, plimni ciklusi, obrtanje slojeva

Tidally driven water exchange in lake Zmajevsko oko (Rogoznica, Croatia)

Iva, Dominović¹, Marija, Marguš¹, Tatjana, Bakran-Petricioli², Donat, Petricioli³, Irena, Ciglencečki¹, Ivica Vilibić^{1,4}

¹*Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Zagreb, Croatia,*
²*University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Zagreb, Croatia,* ³*D.I.I.V. Ltd.,
for marine, freshwater and subterranean ecology, Sali, Croatia;* ⁴*Institute for Adriatic Crops and
Karst Reclamation, Split, Croatia*
e-mail:idominov@irb.hr

Zmajevsko oko Lake (ZO), a marine lake near Rogoznica (Croatia), which occasionally experiences sudden anoxic overturns and is characterized by progressive deoxygenation, has been extensively studied for its physical and biogeochemical properties in recent decades. Nevertheless, there is still lack of knowledge about the exchange of water with the sea through the porous karst rock of ZO. To address this lack of knowledge, opportunistic measurements of temperature, salinity, dissolved oxygen, nutrients, and sea level were carried out from 2020 to 2023 at locations in and around ZO, including caves through which the greatest exchange between ZO and the sea is thought to occur. Although the tides in the ZO are attenuated with respect to sea, the tidal exchange was found to substantially influence the temperature series in the upper layer, indicating an advection of either warmer or colder sea waters to ZO during winter or summer periods, respectively. When combined with salinity effects, these waters can strengthen or weaken the hydrostatic stability in ZO. The spectral analyses indicate that the ZO is sheltered from high-frequency water level oscillations that occur in the neighbouring sea, as it acts as a natural damping system at tidal and sub-diurnal periods. It has also been observed that dissolved oxygen and nutrients in the upper layer fluctuate during the tidal cycle at sites with higher rates of underground water exchange. However, a better sampling strategy is needed to quantify the sea-ZO exchange effects on the biogeochemical properties of ZO. As the anoxic overturn events become more frequent, further research is needed to quantify sensitivity of the lake to the water exchanges. This applies both to current climate and to the anticipated climate, in which higher air temperatures, saltier sea, and more extreme precipitation is expected for the Adriatic area.

Keywords: Marine Lake, anoxia, stratification, tidal cycles, layer overturn

Prostorna i vremenska dinamika reduciranih sumpornih specija u morskom euksinskom okolišu (Rogozničko jezero – Zmajevsko oko, Hrvatska)

Sarah, Mateša¹, Marija Marguš¹, Iva, Dominović¹, Milan, Čanković, Irena, Ciglenečki¹

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

Rogozničko jezero (RJ) - Zmajevsko oko, jako eutrofno morsko jezero na istočnoj obali Jadrana (43°32' N, 15° 58' E) sezonski varira između stratificiranih i holomikličnih anoksičnih uvjeta. U stratificiranim uvjetima jezero ima tipična euksinska svojstva kada je donji sloj (u zadnje vrijeme obično < 8 m dubine) okarakteriziran relativno visokom koncentracijom ukupnih reduciranih sumpornih specija (RSS_{tot}) i to uglavnom u obliku sulfida, nehlapljive frakcije RSS_{nv} , koja odgovara prisutnosti elementarnog sumpora ($RSS_{nv} \sim S(0)$) i polisulfida (S_x^{2-}). RSS_{tot} , posebno njegova RSS_{nv} i S_x^{2-} frakcija variraju sezonski, ovisno o fizičko-kemijskim uvjetima unutar vodenog stupca, tj. položaju kemokline, njezinoj stabilnosti kao i intenzitetu svjetlosti koji dopire do kemokline, te koncentraciji sulfida odnosno RSS_{tot} . Tijekom najizraženije stratifikacije u ljetnim mjesecima, koncentracije RSS_{nv} u kemoklini i ispod nje obično su više. Tada su obično više i koncentracije RSS_{tot} u anoksičnom pridnenom sloju. Također, u ljetnim mjesecima pri višim temperaturama, kada je i najveći intenzitet svjetlosti što doprinosi intenzivnoj mikrobiološkoj aktivnosti fototrofnih ljubičastih sumpornih bakterija (PSB), utvrđena je i prisutnost najviših koncentracija S_x^{2-} (do 90 μ M polisulfidnog S^0) s maksimumom ispod kemokline. Dugoročni podaci RSS_{nv} pokazuju ovisnost o stabilnosti vodenog stupca, ukazujući na periodične promjene, za razliku od RSS_{tot} čija koncentracija na dugoročnoj skali raste.

Ključne riječi: reducirane sumporne specije, elementarni sumpor, polisulfidi, dugoročni podaci, Rogozničko jezero

Spatial and temporal dynamics of the reduced sulfur species in a marine euxinic environment (Rogoznica Lake – Dragon Eye, Croatia)

Sarah, Mateša¹, Marija Marguš¹, Iva, Dominović¹, Milan, Čanković¹, Irena, Ciglonečki¹

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

Rogoznica Lake (RL) is a highly eutrophicated marine lake on the eastern coast of the Adriatic Sea (43°32' N, 15° 58' E), which fluctuates seasonally between stratified and anoxic holomictic conditions. Under stratified conditions, the lake has typical euxinic characteristics when the bottom layer (usually < 8 m depth in recent years) is characterized by a relatively high concentration of total reduced sulfur species (RSS_{tot}) mainly in the form of sulfide, non-volatile RSS attributed to elemental sulfur (RSS_{nv} ~ S(0)) and polysulfides (S_x²⁻). RSS_{tot}, especially its RSS_{nv} and S_x²⁻ fractions, varies seasonally, depending on the physico-chemical conditions in the water column, such as the position of the chemocline and its stability, as well as the light intensity reaching the chemocline. During the strongest stratification in the summer months, the RSS_{nv} in the chemocline and below are generally higher. Then the RSS_{tot} concentrations in the bottom anoxic layer are also higher. Moreover, in the summer months, when the temperature is higher together with the maximum light intensity, which strongly influences the microbial activity of phototrophic purple sulfur bacteria (PSB) which usually is detected in maximum abundance, the presence of S_x²⁻ was found in the highest concentrations (up to 90 μM polysulfidic S⁰) and with a maximum below the chemocline. Long-term RSS_{nv} data shows the dependence of RSS_{nv} concentration on water column stability, indicating periodic changes, in contrast to RSS_{tot} concentration, which shows a long-term increase.

Key words: reduced sulfur species, elemental sulfur, polysulfides, long-term data, Rogoznica lake

Preliminarna izotopna analiza sezonskih uzoraka Rogozničkog jezera-Zmajeva oka

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

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

²*Institut Jožef Stefan, Jamova cesta 39, Ljubljana, Slovenija*

e-mail: nsimonov@irb.hr

Rogozničko jezero – Zmajevo oko (RJ) predstavlja jedinstveni stratificirani euksinski morski okoliš na obali Jadranskog mora, koji je pod utjecajem različitih okolišnih promjena. Organska tvar (OT) u vodenom stupcu RJ čini kompleksnu smjesu organskih spojeva s različitim površinsko aktivnim svojstvima koja variraju ovisno o okolišnim uvjetima. Glavne fizičko-kemijske promjene unutar jezera očituju se kroz zagrijavanje i deoksigenaciju vodenog stupca, akumulaciju reduciranih spojeva poput toksičnih sulfida i amonijaka te učestaliju pojavu anoksične holomiksije. Dugoročno istraživanje RJ ukazuje na akumulaciju partikularnog (eng. POC, *particulate organic carbon*) i otopljenog organskog ugljika (eng. DOC, *dissolved organic carbon*) osobito u anoksičnom hipolimnionu. Kvalitativne promjene OT, s naglaskom na površinski aktivne tvari (PAT), mogu se pratiti u promjenama vrijednosti DOC normalizirane površinske aktivnosti (NPA=PAT/DOC). Detaljnija karakterizacija OT može se postići analizom koncentracija C, N i S te njihovih stabilnih izotopa ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ i $\delta^{32}\text{S}$), koji pružaju dodatne informacije o strukturi fitoplanktonskih zajednica, porijeklu morske vode i biogeokemijskim ciklusima u morskom okolišu. Ovaj rad diskutirat će preliminarne rezultate izotopne analize ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ i $\delta^{32}\text{S}$) u reprezentativnim sezonskim uzorcima iz vodenog stupca RJ u odnosu na promjenjive fizičko-kemijske parametre (varijabilnost saliniteta, zasićenja kisikom i atmosferskog taloženja). Rezultati izotopne analize, u usporedbi s drugim parametrima OT (DOC, POC, PAT, NPA), sugeriraju kvalitativnu i kvantitativnu promjenu tipa OT koja se može okarakterizirati kao dominantno autohtoni organski materijal u RJ, uz povremeni unos alohtone OT što pridonosi eutrofikaciji. Ista analiza OT provedena je na uzorcima obogaćenim organskim ugljikom iz srednjeg i sjevernog Jadrana za vrijeme neuobičajenih pojava „crvene plime“ i želatinoznog cvjetanja zooplanktona.

Ključne riječi: izotopna analiza, karakterizacija organske tvari, okolišne promjene, Rogozničko jezero, eutrofikacija

Preliminary isotopic analysis of seasonal samples from Rogoznica Lake-Zmajevsko oko

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

¹*Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia*

²*Jožef Stefan Institute, Jamova cesta 39, Ljubljana, Slovenia*

e-mail: nsimonov@irb.hr

Rogoznica Lake – Zmajevsko oko (RL) represents a unique stratified euxinic marine environment on the Adriatic coast, which is subjected to significant environmental changes. The organic matter (OM) in the water column of RL consists of a complex mixture of organic compounds with different surface-active properties depending on environmental conditions. The main changes in physico-chemical parameters of the RL water column are reflected in warming and deoxygenation of the water column, accumulation of reduced compounds such as toxic sulfides and ammonia, and the increased frequency of anoxic holomixis. Long-term studies of RL indicate the accumulation of particulate organic carbon (POC) and dissolved organic carbon (DOC), particularly in the anoxic hypolimnion. Qualitative changes in OM, with an emphasis on surface-active substances (SAS), were tracked using DOC normalized surfactant activity (NSA=SAS/DOC). Furthermore, characterization of OM was achieved through analysis of C, N and S concentrations, and stable isotope analyses ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{32}\text{S}$), which provided additional information on the structure of phytoplankton communities, the origin of seawater, and biogeochemical cycles in the marine environment. In this paper, preliminary results of isotopic analysis ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{32}\text{S}$) in representative seasonal samples from the RL water column are discussed in relation to variable physico-chemical parameters (variability of salinity, oxygen saturation and atmospheric deposition). The results of isotopic analyses, when compared to other OT parameters (DOC, POC, PAT, NPA), indicate a qualitative and quantitative change in the type of OT that can be characterized as predominantly autochthonous organic material in RL, with occasional input of allochthonous OT contributing to negative effects of eutrophication. The same OT analysis was performed on organic matter enriched samples from the central and northern Adriatic Sea during the unusual occurrence of the "red tide" and zooplankton gelatinous bloom.

Keywords: isotopic analysis, organic matter characterization, environmental changes, Rogoznica Lake, eutrophication

Prehrana mijenja pH mora

Dragana, Mamić¹, Marijana, Vuković²

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

e-mail: dragana.mamic@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 predavanja je pokazati primjer dobre prakse u nastavi biologije s učenicima osnovnih i srednjih škola kroz projekt u kojem se istraživalo kako konzumacija različitih vrsta namirnica utječe na emisiju stakleničkih plinova, a tako i na zakiseljavanje mora. Anketnim upitnikom i usmenom predajom učenici su dobili informacije kojima su mogli usporediti vrste namirnica koje se konzumiraju danas i koje su konzumirale njihove bake. Kalkulatorom su izračunali emisiju CO₂ svake namirnice i donijeli zaključak kako moderni način života utječe na zakiseljavanje mora. Promidžbom pravilne prehrane učenici su proaktivno djelovali kako bi spriječili uništavanje kostura školjki i puževa.

Ključne riječi: more, namirnice, ugljikov dioksid, zakiseljavanje

Nutrition Changes the pH of the Sea

Dragana, Mamić¹, Marijana, Vuković²

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

e-mail:dragana.mamic@skole.hr

The Adriatic Sea and the oceans have absorbed approximately one-third of greenhouse gas emissions caused by human activities, mitigating the impacts of increased emissions and global warming on terrestrial systems. The aim of the lecture is to demonstrate an example of good practice in biology education with primary and secondary school students through a project that investigated how the consumption of different types of food affects greenhouse gas emissions and, consequently, ocean acidification. Through a survey questionnaire and oral presentation, students received information that allowed them to compare the types of food consumed today with those consumed by their grandmothers. Using a calculator, they calculated the CO₂ emissions of each type of food and concluded how modern lifestyles impact ocean acidification. By promoting proper nutrition, students proactively worked to prevent the destruction of shellfish and snail skeletons.

Keywords: sea, food, carbon dioxide, acidification

Fenomen cvjetanja mora, „mucillagini” u sjevernom Jadranu 2024. godine

Irena, Ciglenečki¹, Tamara, Đakovac², Iva, Tojčić³, Niki, Simonović¹, Iva, Dominović¹, Elena, Terzić¹, Jelena, Dautović¹, Ivica, Vilibić^{1,4}

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb, Hrvatska;*

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

³*Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Split, Hrvatska*

⁴*Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split, Hrvatska*

e-mail:irena@irb.hr

Cvjetanje mora s pojavom mukoznih agregata je prirodni fenomen koji se javlja sporadično u Jadranskom moru. Najintenzivniji događaji dokumentirani su na sjevernom Jadranu, u devedesetim i početkom 2000-tih godina, kada se mukozni agregati pojavljuju i u drugim dijelovima Mediterana. Po prvi puta mukozne nakupine pojavile su se u srednjem Jadranu oko otoka Šolte tijekom 2021. godine, a iste godine vrlo intenzivan događaj zabilježen je u Mramornom moru. Početkom lipnja 2024.g „mucillagini” preplavljaju područje sjevernog Jadrana oko zapadne obale Istre, slično kao devedesetih godina. Glavni okidači za ovako ekstremno cvjetanje mora su: (1) topla zima i proljeće, što dovodi do izraženog raslojavanja mora, zbog čega dolazi do (2) ranog i snažnog razlijevanja rijeke Po prema obalama Istre te izražen donos nutrijenata, što ima za posljedicu (3) akumulaciju topline te nagli porast temperature površinskog sloja do visokih 24 Celzijeve stupnja, što potiče (4) intenzivnu fitoplanktonsku i mikrobiološku aktivnost. Dodatni donos nutrijenata iz atmosfere putem peludi i saharske prašine, koji su bili izraženi početkom lipnja, vjerojatno su doprinijeli pojačanom cvjetanju mora. Važno je naglasiti kako svi ti čimbenici imaju sinergijski utjecaj te, ukoliko se dogode u isto vrijeme, nastaje ekstremno cvjetanje mora i hiperprodukcija organskog materijala koja se mjerila u koncentracijama do 500 mg/L organskog C. Uobičajene vrijednosti organskog materijala u području sjevernog Jadrana su na granici oligotrofnosti, do 1.5 mg/l. Tonjenjem ove velike količine sluzavog organskog materijala dolazi do prekrivanja morskog dna istim, što dovodi do pojave hipoksičnih i anoksičnih uvjeta te potpunog uništavanja bentosa. Za potpuno razumijevanje ovakvih neuobičajenih pojava koje se sporadično i s ekstremnim vremenskim prilikama sve češće pojavljuju i na lokacijama gdje ih do sad nikada nije bilo, potrebna su dodatna multidisciplinarna i interdisciplinarna istraživanja.

Ključne riječi: mukozne nakupine, organska tvar, termohalina stratifikacija, sjeverni Jadran

The phenomenon of sea blooming, "mucillagini" in the northern Adriatic in 2024

Irena, Ciglencečki¹, Tamara, Đakovac², Iva, Tojčić³, Niki, Simonović¹, Iva, Dominović¹,
Elena, Terzić¹, Jelena, Dautović¹, Ivica, Vilibić^{1,4}

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

²*Ruđer Bošković Institute, Center for Marine Research Rovinj, Croatia;*

³*University of Split, Faculty of Science, Split, Croatia*

⁴*Institute for Adriatic Crops and Karst Reclamation, Split, Croatia*

e-mail: irena@irb.hr

The blooming of the sea with mucous aggregates is a natural phenomenon that sporadically occurs in the Adriatic Sea. The most intense events were documented in the northern Adriatic during the 1990s and early 2000s, extending to other parts of the Mediterranean. In 2021, for the first time, mucous accumulations appeared in the central Adriatic around the island of Šolta, and a very intense event was recorded in the Sea of Marmara that same year. In early June 2024, "mucillagini" inundated the northern Adriatic (NAd) area around the western coast of Istria, reminiscent of the occurrences in the 1990s. The primary triggers for this extreme sea bloom include: (1) an exceptionally warm winter and early spring, leading to early and intense vertical stratification, that allow for (2) early and significant transport of nutrient-rich waters from the Po River to the Istrian coasts, resulting in (3) accumulation of heat near the surface that caused a pronounced increase in sea surface temperature to 24 degrees Celsius, and finally (4) triggering intense phytoplankton and microbiological activity. Additional nutrient supply from the atmosphere, possibly from pollen and Saharan dust recorded in extreme concentrations in June 2024, likely exacerbated the bloom. It is important to emphasize the synergistic effect of these factors. When they coincide, as in 2024, a hyperproduction of organic material with concentrations up to 500 mg/L of organic carbon can occur. This strongly contrasts with the average NAd conditions which are oligotrophic, with organic carbon concentrations up to 1.5 mg/L. The sinking of such large amounts of slimy organic material to the seabed leads to hypoxic and anoxic conditions, resulting in the complete destruction of the benthic ecosystem. Additional multidisciplinary and interdisciplinary research is needed to fully understand these unusual phenomena, which are appearing more frequently in new locations under extreme weather conditions.

Keywords: „mucillagini”, organic matter, thermohaline stratification, northern Adriatic

Učinci klimatskih promjena na interakcije slatkovodnih sustava i Jadranskog mora: studija sustava Vranskog jezera u Dalmaciji

Krešimir, Žganec¹, Maja, Čuže Denona², Maja, Bjelić², Norma, Fressel², Ivana, Ribić³

¹ Sveučilište u Zadru, Odjel za nastavničke studije u Gospiću, dr. Ante Starčevića 12, 53000 Gospić, Hrvatska, ² Javna ustanova Park prirode Vransko jezero, Kralja Petra Svačića 2, 23210 Biograd n/M, Hrvatska, ³ Udruga Biom, Čazmanska 2, 10000 Zagreb, Hrvatska
e-mail:kzganec@unizd.hr

Vransko jezero u Dalmaciji je jedno od najvažnijih močvarnih područja u Hrvatskoj, zaštićeno kao Park prirode, Natura 2000 i Ramsarsko područje. Značajna promjena u ovom oligohalinom jezeru dogodila se u 18. stoljeću kada je jezero izravno povezano s Jadranskim morem putem kanala Prosika. Klimatske promjene u slivu Vranskog jezera karakteriziraju trendovi rasta temperature zraka i vode te pojačani periodi suša i poplava. Najniže i najviše razine vode, u više od 75 godina bilježenja, zabilježene su u jezeru u posljednjem desetljeću (2010.-2020.). Kombinacija klimatskih promjena, porasta razine mora i crpljenja vode uzrokovala je češća zaslanjenja jezera, obilježena prijelazima iz niskih oligohalinih (<1-2) u više salinitete (2-5), s vrhuncima u iznimno sušnim godinama (2008. – 12,3; 2012. – 18,3). Cilj ovog rada je predstaviti učinke salinizacije i drugih stresora na glavne ekološke promjene koje su se dogodile u Vranskome jezeru tijekom posljednja dva desetljeća. Zajednice makrobekralježnjaka dna obalne zone pokazale su izražene promjene od dominacije bočatih vrsta tijekom viših saliniteta do oporavka slatkovodnih/oligohalinih svojiti tijekom niskih saliniteta. Zajednice makrofita na dnu jezera drastično su se promijenile 2020. godine kada su nestale alge parožine, što je uzrokovalo prijelaz jezera iz stanja čiste vode u stanje mutne vode. Populacije ptica zimovalica, osobito biljojednih vrsta poput liski i pataka, doživjele su drastično smanjenje brojnosti s nestankom algi parožina. Salinizacija je jedan od najvažnijih stresora u slivu Vranskog jezera i hitno su potrebne mjere aktivnog upravljanja. Prioritet treba dati adaptivnom upravljanju salinizacijom jezera kontroliranjem razine vode pomoću pokretne brane na kanalu Prosika. Osim toga, hitno su potrebne mjere za poboljšanje kvalitete i povećanja prozirnosti jezerske vode te obnovu staništa livada algi parožina i populacija ptica koje se njima hrane.

Ključne riječi: zaslanjenje, višestruki stresori, plitko jezero, promjene zajednica, prekretnice

Effects of climate change on freshwater-Adriatic Sea interactions: A case study of the Vrana Lake system in Dalmatia (Croatia)

Krešimir, Žganec¹, Maja, Čuže Denona², Maja, Bjelić², Norma, Fressel², Ivana, Ribić³

¹ *University of Zadar, Department of Teacher Education Studies in Gospić, dr. Ante Starčevića 12, 53000 Gospić, Croatia,* ² *Public Institution Nature Park Vransko jezero, Kralja Petra Svačića 2, 23210 Biograd n/M, Croatia,* ³ *Association Biom, Čazmanska 2, 10000 Zagreb, Croatia*
e-mail:kzganec@unizd.hr

The shallow Vrana Lake in Dalmatia is one of the most important wetland areas in Croatia, protected as a Nature Park, Natura 2000 site, and Ramsar site. A significant alteration in this oligohaline lake occurred in the 18th century when it was directly connected to the Adriatic Sea via the Prosika Canal. Climate change in the Vrana Lake basin is characterized by increasing trends in air and water temperatures, as well as intensified droughts and floods. The lowest and highest water levels in more than 75 years of records were observed in the past decade (2010-2020). The interplay of climate change, sea level rise, and water abstraction has led to more frequent salinization, marked by transitions from low oligohaline (<1-2) to higher (2-5) salinities, with peaks recorded in extremely dry years (2008 – 12.3; 2012 – 18.3). This study aims to present the effects of salinization and other stressors on the major ecological changes that have occurred in Vrana Lake over the past two decades. Littoral macroinvertebrate assemblages exhibited pronounced changes, shifting from dominance by brackish taxa during periods of higher salinity to recovery by limnic taxa during low salinity. In 2020, macrophyte assemblages at the bottom of the lake changed drastically with the disappearance of charophytes, causing the lake to shift from a clear water to a turbid water state. Overwintering bird populations, particularly herbivorous species such as coots and ducks, experienced a significant reduction in abundance following the disappearance of charophytes. Salinization is one of the major stressors in the Vrana Lake basin, and measures for its active control are urgently needed. Adaptive management of lake salinization including controlling the water level with a movable gate at the Prosika Canal, should be prioritized. Additionally, measures to improve water quality, restore clear water state, and to reestablish charophytes and bird populations in the lake are needed.

Key words: salinization, multiple stressors, shallow lake, community changes, tipping points

Obalni procesi i mehanizam razvoja klastične obale otoka Vrgade

Kristina, Pikelj¹, Frane, Marković¹, Nina, Furčić²

¹Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet Geološki odsjek,² Dvokut-ECRO Ltd
e-mail:kpikelj@geol.pmf.hr

Hrvatska obala je razvijena uglavnom u karbonatnim stijenama i zbog toga je u najvećoj mjeri visoka, strma i stjenovita. Mali postotak obale je razvijen u klastičnim stijenama koje su sklonije mehaničkom trošenju, primjetljivom na manjoj vremenskoj skali (mjeseci, godine). Takvu obalu moguće je naći na dijelu otoka Vrgada na kojem je oblikovan tipičan obalni klif. Klif je visok oko 15 m, a razvijen je u aluvijalno-eolskom materijalu pleistocenske starosti. Takav klastičan materijal je podložan kontinuiranoj eroziji. Ideja ovog rada bila je istražiti glavne obalne procese u opisanom segmentu obale kako bi se utvrdili glavni mehanizmi njenog razvoja. Trošenje klifa zabilježeno je na mjesečnoj razini i utvrđeno je izradom 3D modela upotrebom digitalne fotogrametrije. Osnovni način trošenja klifa su odroni i pojačano se javljaju nakon intenzivnih oborina. Mehanizam daljnjeg raspoređivanja i odnošenja potrošenog materijala utvrđen je ispitivanjem granulometrijskih karakteristika i raspodjele teških minerala u sedimentu plaže koja je razvijena u dnu klifa. Rezultati ovih analiza ukazali su na dužobalni transport u smjeru istok-zapad. Treći tip analiza proveden je na morskom sedimentu istaloženom ispred plaže i klifa. One su potvrdile prethodno opisan dužobalni transport. Provedeno istraživanje pokazalo je da je trošenje klifa na otoku Vrgadi epizodično i uglavnom se radi o odronima. Erodirani materijal je dalje valovima, odnosno dužobalnom strujom odnesen s istočne na zapadnu stranu, te je na kraju istaložen u moru. Smjer dužobalnog transporta ukazuje na dominantan utjecaj valova juga. U budućnosti bi povlačenje klifa moglo biti pojačano radi intenzivnih nepredvidivih oborina tijekom sve češćih oluja vezanih za klimatske promjene. Ipak, u odnosu na proteklih 50 godina moguće je očekivati i sporije trošenje radi promjene upotrebe zemljišta na vrhu klifa: od obrađenog poljoprivredne površine do šume borova. Naime, korijeni borova uspješno usporavaju odrone.

Ključne riječi: erozija, obalni klif, plaža, sediment

Coastal processes and mechanism of coastal evolution on the Vrgada Island clastic coast

Kristina, Pikelj¹, Frane, Marković¹, Nina Furčić²

¹*University of Zagreb Faculty of Science, Department of Geology*, ²*Dvokut-ECRO Ltd*
e-mail:kpikelj@geol.pmf.hr

The Croatian coast is developed mainly in carbonates and is mostly high, steep and rocky. A small percentage of the coast consists of clastites that are more prone to mechanical weathering, noticeable in a smaller time scale (months, years). Such a coast can be found on the part of the Vrgada Island where a typical coastal cliff was formed. A 15 m high cliff was developed in Pleistocene alluvial-eolian deposits. Such clastic material is subject to continuous erosion. The idea of this work was to investigate the main coastal processes in the described coastal section in order to determine the main mechanisms of its evolution. The erosion of the cliff was recorded monthly basis and determined by creating 3D models using digital photogrammetry. The main process of cliff erosion is rockfall and it occurs more frequently after heavy rainfall. The mechanism of further distribution and removal of the eroded material was determined by studying the granulometric properties and heavy minerals in the sediment of the beach, developed at the cliff bottom. The results of these analyzes indicate longshore transport in an east-west direction. The third type of analysis was carried out on marine sediments deposited in front of the beach and cliff. They confirmed long-shore transport described above. This study has shown that the erosion of the cliff on the island of Vrgada is episodic and mainly in the form of rockfalls. The eroded material is transported by the longshore drift from east to west, and finally deposited in the sea. The direction of the longshore transport indicates the dominant influence of the Sirocco waves. In the future, cliff retreat could be intensified by intense and unpredictable rainfall due to the more frequent storms associated with climate change. However, compared to the last 50 years, cliff erosion is expected to be slower as the land use on top of the cliff has changed: from agricultural land to pine forest. The pine roots successfully slow down rockfalls.

Key words: erosion, coastal cliff, beach, sediment

Video pregled čestih morskih pridnenih staništa duž hrvatske obale Jadranskog mora

Maja, Novosel¹, Anđelko, Novosel²

¹*Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Horvatovac 102a, Zagreb,*²
Geocustos, Stjepana Vojnovića 19, 10362 Kašina
e-mail:maja.novosel@biol.pmf.hr

U 15-minutnom filmu prikazana su česta pridnena staništa u hrvatskom dijelu Jadranskog podmorja. Prikazane su podmorske litice i položita čvrsta dna, livade morskih cvjetnica, pomična dna i staništa s vruljama u podvelebitskom kanalu. U svakom od spomenutih staništa mogu se vidjeti njima svojstvene karakteristične i česte vrste morskih organizama. U jeku klimatskih promjena, toplinskih valova u moru i napredovanja stranih vrsta, postavlja se pitanje hoće li ovaj okoliš opstati.

Ključne riječi: Jadransko more, film, podmorje kojem prijete promjena

Video overview of common bottom marine habitats along the Croatian Adriatic coast

Maja, Novosel¹, Anđelko, Novosel²

¹*Sveučilište University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Horvatovac 102a, Zagreb,*²
Geocustos, Stjepana Vojnovića 19, 10362 Kašina
e-mail:maja.novosel@biol.pmf.hr

The 15-minute film shows common bottom habitats in the Croatian part of the Adriatic Sea. Underwater cliffs and other hard bottom habitats, seagrass meadows, soft bottoms and habitats with *vruljas* (freshwater springs on the sea bottom) in the Velebit Channel are shown. In each of the mentioned habitats, characteristic and common species of marine organisms can be seen. In the wake of climate change, heat waves in the sea and the advancement of alien species, the question arises whether this environment will survive.

Keywords: Adriatic Sea, video, submarine environment threatened by change

Praćenje širenja invazivne alge *Caulerpa cylindracea* u uvali Sakarun (Dugi otok, Hrvatska)

Rina, Milošević¹, Tomislav, Šarić¹, Ivan, Župan¹

¹Odjel za ekologiju, a e-mail:[gromoniju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru](mailto:gromoniju@unizd.hr)
rmilosevi@unizd.hr

Širenje zelene makroalge *Caulerpa cylindracea* (Sonder, 1845) predstavlja značajnu prijetnju Sredozemnom moru, uključujući Jadransku regiju, jer može uzrokovati značajne ekološke promjene i smanjiti bioraznolikost. Ovo istraživanje usmjereno je na praćenje širenja *C. cylindracea* u uvali Sakarun u razdoblju od 2021. do 2023. godine. Metodologija istraživanja uključuje ronilačke preglede i primjenu GNSS Trimble R12i uređaja za precizno kartiranje lokacija na kojima se pojavila alga. Prva linija pružanja identificirana je 2021., a iznosila je 225 metara. Do 2023. godine identificirane su dodatne dvije linije na kojima se alga proširila te ukupna duljina pružanja iznosi 950 metara. U uvali Sakarun, *C. cylindracea* prvenstveno kolonizira stjenovite podloge na ravnom ili blago nagnutom terenu na dubinama od 0,2 do 14 metara, a nalazi se uglavnom uz rubove livada morske cvjetnice *Posidonia oceanica* (L.). Invazivna priroda *C. cylindracea* predstavlja ozbiljnu prijetnju okolišu jer se natječe s autohtonim vrstama, smanjuje bioraznolikost i mijenja bentoske zajednice. Brzo širenje invazivne alge u uvali Sakarun naglašava potrebu za kontinuiranim monitoringom. Preporuka je korištenje naprednih tehnologija, poput podvodnih ronilačkih vozila (ROV-ova) s integriranim USBL sustavima, kako bi se precizno kartirala staništa i pratilo širenje invazivnih vrsta. Također, rane strategije uklanjanja mogu se primijeniti u uvali kako bi se ublažili potencijalni okolišni poremećaji uzrokovani proliferacijom algi. Ovakve strategije ključne su za očuvanje bioraznolikosti i stabilnosti obalnih ekosustava, osobito u zaštićenim područjima mreže Natura 2000.

Ključne riječi: *Caulerpa cylindracea*, praćenje stanja, invazivna vrsta, kartiranje, uvala Sakarun

Monitoring the *Caulerpa cylindracea* spread in Sakarun Bay (Dugi otok, Croatia)

Rina, Milošević¹, Tomislav, Šarić¹, Ivan, Župan¹

¹*Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, University of Zadar*
e-mail: rmilosevi@unizd.hr

The rapid spread of the green macroalga *Caulerpa cylindracea* (Sonder, 1845) poses a significant threat to the Mediterranean Sea, including the Adriatic region, due to its ability to cause ecological shifts and reduce biodiversity. This research focuses on monitoring the expansion of *C. cylindracea* in Sakarun Bay from 2021 to 2023. The alga's proliferation is tracked through diving surveys and using the GNSS device Trimble R12i for precise location mapping. In 2021, the first expansion line of *C. cylindracea* was identified, covering 225 meters. By 2023, the expansion increased to 950 meters across three distinct lines. The alga primarily colonizes rocky substrates on flat or gently sloping terrain at depths of 0.2 to 14 meters, mainly along the periphery of *Posidonia oceanica* (L.). The invasive nature of *C. cylindracea* presents a serious environmental threat, as it competes with native species, reduces biodiversity, and alters benthic communities. Our findings underscore the need for ongoing research and management efforts to protect coastal ecosystems, particularly those within the Natura 2000 network, such as Sakarun Bay. Early removal strategies could be applied in the bay to minimize the potential ecological disruptions caused by algae proliferation. For efficient monitoring, we suggest using underwater diving vehicles (ROVs) with integrated USBL systems for precise mapping.

Key words: *Caulerpa cylindracea*, monitoring, invasive species, mapping, Sakarun Bay

Klimatske promjene i ugroženost crvene gorgonije (*Paramuricea clavata* (Risso, 1826)) u istočnom Jadranu

Petar, Kružić¹, Romana, Gračan¹, Lovrenc, Lipej², Borut, Mavrič², Pavel, Ankon¹, Andrea, Čačković³

¹*Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska*

²*Nacionalni inštitut za biologiju, Morska biološka postaja Piran, Fornace 41, 6330 Piran, Slovenija*

³*Institut „Ruđer Bošković“, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Hrvatska*

e-mail: pkruzic@biol.pmf.hr

Nedavne masovne smrtnosti sesilnih morskih organizama povezane su s povišenim temperaturama mora kao posljedica globalnih klimatskih promjena. Zadnjih deset godina proučavan je utjecaj masovne smrtnosti na populacije crvene gorgonije *Paramuricea clavata* (Risso, 1826) u zaštićenim (6 postaja) i nezaštićenim morskim područjima Jadrana (4 postaje) na dubinama između 30 i 60 metara. Dostupnost podataka prije događaja smrtnosti omogućila je usporedbu strukture populacija s onima zabilježenima kod nedavnih istraživanja. Smanjenje populacija uglavnom je posljedica smrtnosti kolonija zbog većih nekroza tkiva i zato što „novačenje“ (razvoj novih kolonija) nije nadoknadilo smrtnost. Evidentna je velika varijabilnost u stopama smrtnosti i gubitka tkiva ovisno o lokacijama istraživanja. Utjecaj na smrtnost smanjivao se s dubinom, što podržava hipotezu da je temperatura mora ima ključnu ulogu u masovnoj smrtnosti. Istraživanja na populacijama za koje postoje podaci prije pojave smrtnosti (gustoća i struktura veličine) potvrdili da nema oporavka kod kolonija. Sveukupno, posljedica povišene temperature mora dovela je do gubitka čak do 70% biomase crvene gorgonije na istraživanim postajama. Utvrđena je značajna, pozitivna korelacija između opsega oštećenja i veličine kolonije tijekom cijelog razdoblja praćenja. Batimetrijska distribucija crvene gorgonije *P. clavata* proteže se preko ljetne termokline što ovu populaciju čini posebno osjetljivom na porast temperature. S obzirom na stopu rasta crvene gorgonije, za potpuni oporavak najugroženijih populacija bit će potrebno nekoliko desetljeća da se vrate na vrijednosti prije smrtnosti, ukoliko je to moguće. U kontekstu globalnih klimatskih promjena, te uzimajući u obzir pozitivnu korelaciju s temperaturom i antropogenim onečišćenjem mora, može se očekivati da će se učestalost ovakvih negativnih događaja povećati u sljedećim desetljećima.

Ključne riječi: klimatske promjene, zagrijavanje mora, antropogeni utjecaj, *Paramuricea clavata*, Jadransko more

Climate changes and the threat to the red gorgonian (*Paramuricea clavata* (Risso, 1826)) in the Eastern Adriatic Sea

Petar, Kružić¹, Romana, Gračan¹, Lovrenc, Lipej², Borut, Mavrič², Pavel, Ankon¹, Andrea, Čačković³

¹Department of Biology, Faculty of Science, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

²National Institute of Biology, Marine Biology Station Piran, Fornače 41, 6330 Piran, Slovenia

³„Ruđer Bošković“ Institute, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Croatia

e-mail:pkruzic@biol.pmf.hr

Recent mass mortality outbreaks in sessile marine organisms have been linked to elevated seawater temperatures associated with global climate change. The impact of the mass mortality of populations of the gorgonian *Paramuricea clavata* (Risso, 1826) has been studied during the last ten years in eastern Adriatic marine protected (6 stations) and unprotected areas (4 stations) at depths between 30 and 60 meters. The availability of pre-events data allowed a comparison of population density and population size structure of the healthy population with those recorded in recent research. Great variability in rates of mortality and tissue loss was evident between the investigated sites. The mortality impact decreased with depth, a pattern that supports the hypothesis that the sea temperature played a key role in this event. Research on populations for which there is data before the occurrence of mortality (density and size structure) confirmed that there is no recovery in colonies. Overall, the increase in sea temperature led to a loss of up to 70% of red gorgonian biomass at the studied locations. A significant, positive correlation between the extent of damage and colony size was found throughout the monitoring period. The bathymetric distribution of *P. clavata* straddles the summer thermocline making this population particularly sensitive to temperature increases. Considering the growth rate of *P. clavata*, full recovery of the most affected local populations and return to pre-mortality values of the biomass would take several decades if the recovery is even possible. In the context of global climatic change and considering the positive correlation with the temperature and anthropogenic pollution of the sea, the frequency of this kind of mortality event is expected to increase in the next decades.

Key words: climate change, sea warming, anthropogenic impact, *Paramuricea clavata*, Adriatic Sea

Invazivna vrsta - *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766)

Josipa, Poduje

Srednja škola Antun Matijašević Karamaneo Vis
e-mail: josipa.poduje@skole.hr

Vatreni crv *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766) je mnogočetinaš, predator koji živi u pojasu između obale i dubine 60 m na kamenitom dnu. Hrani se ježincima, zvjezdačama i koraljima. Područje Viškoga arhipelaga proglašeno je 2018. godine geoparkom u sklopu mreže Svjetskih geoparkova UNESCO-a. Na strmim morskim dnima viškog arhipelaga razvila se šarolika koraligena biocenoza naseljena gorgonijama, kamenim koraljima, pločastim zvjezdačama i brojnim drugim organizmima. Vatreni crv se hrani upravo tim organizmima i opasnost je za očuvanje bioraznolikosti koraligenske biocenoze. U sklopu državnog natjecanja Opisujemo sustave koje organizira Hrvatsko interdisciplinarno društvo i Agencija za odgoj i obrazovanje, provedeno je 2022. godine istraživanje s učenicima s ciljem utvrđivanja širenja populacije vatrenog crva u viškom akvatoriju i njegovog negativnog utjecaja na morske zvjezdače i ježince. Istraživanje je provedeno proučavanjem dostupne literature s ciljem upoznavanja s brojnošću, prehranom, životnim ciklusom te ekologijom ponašanja vatrenog crva. Provedena je anketa s lokalnim stanovništvom, ribarima i ronionicima. Izrađene su karte sa lokacijama vatrenog crva, lokacijama na kojima je smanjen broj ježinaca i lokacijama na kojima su uočene zvjezdače bez krakova. Nakon prikupljenih i analiziranih podataka izrađen je uzročno - posljedični dijagram. Analizom dijagrama ustanovljeno je da su brojne varijable pridonijele širenju populacije vatrenog crva što je dovelo do smanjena brojnosti ježinaca i zvjezdača u nekim područjima viškog arhipelaga. Bitan faktor širenja populacije je ubrzani proces klimatskih promjena koji je doveo do povećanja temperature mora, te nedovoljan broj prirodnih neprijatelja ove invazivne vrste.

Ključne riječi: vatreni crv, globalno zatopljenje, morski ekosustav, predacija

Invasive species - *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766)

Josipa Poduje

High school Antun Matijašević Karamaneo Vis, Croatia

e-mail: josipa.poduje@skole.hr

The bearded fireworm *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766) is a predatory polychaete that inhabits the zone between the shore and a depth of 60 m on the rocky bottom. It feeds on sea urchins, starfish, and corals. The Vis Archipelago area was declared a geopark in 2018 as part of the UNESCO Global Geoparks Network. On the steep seabeds of the Vis Archipelago, a colorful coralligenous biocenosis has developed, inhabited by gorgonians, stony corals, plate starfish, and numerous other organisms. The fireworm feeds on these organisms and poses a threat to the preservation of the biodiversity of coralligenous biocenosis. In 2022, as part of the national competition We are describing systems organized by the Croatian Interdisciplinary Society and Education and Teacher Training Agency, research was conducted with the help of students in order to determine the spread of the fireworm population in the Vis aquatorium and its negative impact on starfish and sea urchin population. The research included studying the available literature to familiarize with the density, diet, life cycle and behavioral ecology of the fireworm. A survey was also conducted among local residents, fishermen, and divers. Maps were created showing the locations of the fireworm presence, areas in which sea urchin numbers have decreased as well as locations in which armless starfish were observed. After collecting and analyzing the data, a cause-and-effect diagram was created. The analysis of the diagram revealed that numerous variables contributed to the spread of the fireworm population, leading to a decrease in sea urchin and starfish numbers in some areas of the Vis Archipelago. A significant factor in the population spread is the accelerated process of climate change which has led to an increase in sea temperature as well as the insufficient number of natural enemies of this invasive species.

Key words: Bearded fireworm, global warming, marine ecosystem, predation

Usporedba jakosti antropogenog utjecaja u NP Brijuni na morski okoliš

Zoran, Šikić¹, Ivan, Župan¹, Tomislav, Šarić¹, Ivana, Bušljeta¹, Anđela, Štuc¹, Matej, Dolenc²

¹ Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, Croatia, ² Sveučilište u Ljubljani, Prirodoslovno-tehnički fakultet, Odjel za geologiju, Aškerčeva cesta 12, Ljubljana, Slovenia
e-mail: zsikic@unizd.hr

Prisutnost toksičnih spojeva u okolišu rezultat je njihovog prirodnog podrijetla i ljudskih aktivnosti koje utječu posebno na obalne ekosustave. Toksični spojevi, uključujući teške metale, mogu se akumulirati u sedimentima u blizini izvora onečišćenja, što ima izravan utjecaj na njihov unos u organizme i njihovo daljnje širenje hranidbenim lancem. Morski organizmi imaju relativno visok potencijal nakupljanja toksičnih spojeva, npr. nakupljanje teških metala u visokim koncentracijama. Posebno su zanimljivi bentoski organizmi koji imaju ograničeni radijus kretanja i stoga mogu dobro poslužiti kao bioindikatori onečišćenja okoliša. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi geokemijska, mineraloška i izotopska svojstva sedimenata i mišićnog tkiva morskih organizama na različitim lokalitetima u Nacionalnom parku Brijuni te pomoću rezultata utvrditi razlike između lokaliteta ovisno o stupnju antropogenog onečišćenja. Analiza sadržaja minerala u sedimentima rendgenskom difrakcijom (XRD) pokazuje da je najveća koncentracija kalcita, Mg-kalcita i aragonita uz nisku koncentraciju kvarca, ilita i dolomita, što odgovara geološkoj građi Brijuna. Metodom rendgenske fluorescencije utvrđene su koncentracije glavnih, sporednih i elemenata u tragovima te koncentracije potencijalno toksičnih elemenata (PTE) u morskim sedimentima s pet lokacija. Razine onečišćenja, faktori obogaćivanja (EF) i indeks geoakumulacije (IGEO) izračunati su za određene PTE na svih pet lokacija, pokazujući da su cink, bakar, olovo i arsen najzastupljeniji u morskim sedimentima u luci Veli Brijun. Najveća koncentracija PTE je cink na svim lokacijama. Dobiveni rezultati sugeriraju provedbu učinkovitijih mjera koje će doprinijeti smanjenju antropogenih utjecaja na morski okoliš.

Ključne riječi: NP Brijuni, morski okoliš, morski sediment, potencijalno toksični elementi, antropogeni utjecaj

Comparison of the strength of the anthropogenic impact in Brijuni National Park on the marine environment

Zoran, Šikić¹, Ivan, Župan¹, Tomislav, Šarić¹, Ivana, Bušljeta¹, Anđela, Štuc¹, Matej, Dolenc²

¹ *University of Zadar, Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, Croatia,* ² *University of Ljubljana, Faculty of Natural Science and Engineering, Department of Geology, Aškerčeva cesta 12, Ljubljana, Slovenia*
e-mail: zsikic@unizd.hr

The presence of toxic compounds in the environment results from their natural origin and human activities that affect coastal ecosystems in particular. Toxic compounds, including heavy metals, can accumulate in sediments near the pollution source, which directly impacts organisms' uptake and further spreads through the food chain. Marine organisms have a relatively high potential for the accumulation of toxic compounds, e.g. the accumulation of heavy metals in high concentrations. Of particular interest are benthic organisms, which have a limited movement radius and can serve well as bioindicators of environmental pollution. This study aimed to determine the geochemical, mineralogical, and isotopic properties of sediments and muscle tissue of marine organisms at different sites in the Brijuni National Park and to use the results to determine the differences between sites depending on the degree of anthropogenic pollution. The analysis of the mineral content in the sediments by X-ray diffraction (XRD) shows that the highest concentration of calcite, Mg-calcite, and aragonite is present with a low concentration of quartz, illite, and dolomite, which corresponds to the geological structure of Brijuni. The X-ray fluorescence method was used to determine the concentrations of major, minor and trace elements and potentially toxic elements (PTE) concentrations in marine sediments from five sites. Pollution levels, enrichment factors (EF), and the geoaccumulation index (I_{GEO}) were calculated for certain PTEs at all five sites, showing the zinc, copper, lead, and arsenic were most strongly represented in the marine sediments in the port of Veli Brijun. The highest concentration of PTE is zinc at all sites. The results obtained suggest the implementation of more effective measures that will contribute to the reduction of anthropogenic impacts on the marine environment.

Key words: NP Brijuni, marine environment, marine sediment, potentially toxic elements, anthropogenic impact

Vizualni cenzus riba kao indikatora klimatskih promjena u hrvatskim morskim zaštićenim područjima

Silvija, Kipson¹, Nika, Stagličić², Branko, Dragičević², Mišo, Pavičić², Fedra, Dokoza³, Matea, Špika³, Agata, Kovačev³, Matea, Martinović³, Sara, Nikšić³, Denis, Grubišić³, Zrinka, Jakl³, Andrea, Blašković⁴

¹SEAFAN – obrt za znanstvene i stručne usluge, Voltino 14, 10000 Zagreb, Hrvatska, ²Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21000 Split, Hrvatska, ³Udruga za zaštitu prirode, okoliš i održivi razvoj Sunce, Obala hrvatskog narodnog preporoda 7, 21000 Split, Hrvatska, ⁴Nacionalni Park Brijuni, Brijuni, 52100 Pula, Hrvatska
e-mail:silvija.kipson@gmail.com

Morske ribe generalno su sposobne za brzu promjenu rasprostranjenja uslijed globalnog zagrijavanja, što pojedine vrste čini vrijednim indikatorima klimatskih promjena. U svrhu utvrđivanja nultog stanja i potencijalnih pritisaka na grebene unutar Nacionalnog parka Brijuni (u 2018. i 2020. god.) te 3 Natura 2000 područja (HR3000067 Luka Solišćica, Dugi Otok u 2020 god.; HR3000469 Viški akvatorij u 2020. god.; HR4000017 Lokrum u 2024. god.) proveli smo vizualni cenzus odabranih vrsta riba - potencijalnih indikatora klimatskih promjena, slijedeći protokol promoviran Interreg MED projektom MPA-ADAPT. Na svakoj lokaciji istražili smo 3 do 6 postaja, unutar 1 do 4 raspona dubina (1-3 m, 5-10 m, 11-20 m, 21-30 m). U svakom odabranom rasponu dubina cenzus je proveden duž 4 do 8 transekta (50 x 5 m). Termofilne vrste riba - *Sparisoma cretense*, *Thalassoma pavo* ili *Ephinephelus marginatus* nisu zabilježene unutar najsjevernijih Brijuna tijekom istraživanih godina. Nadalje, *S. cretense* nije bila prisutna a abundancija *T. pavo* je bila značajno manja u podmorju Dugog Otoka u usporedbi s južnijim otocima – Visom i Lokrumom gdje su bile prisutne sve odabrane termofilne vrste. Niti na jednoj istraživanoj lokaciji nisu zabilježene strane vrste riba. Iako se vrijedni podaci prikupljaju na nekoliko hrvatskih lokacija od 2011. god., potrebno je primjeniti ovaj pojednostavljeni protokol na široj prostorno-vremenskoj skali u Jadranu kako bismo unaprijedili pouzdanost i interpretaciju dobivenih podataka. Uz istraživače, primjena građanske znanosti tj. prikupljanje podataka od strane istreniranih i nadziranih SCUBA ronilaca i/ili ronilaca na dah omogućava znatno povećanje opažackog napora pod morem, kao i osviještenosti i brige za morski okoliš. Kvalitetni podaci prikupljeni na takav standardiziran način omogućit će daljnju detekciju utjecaja povišene temperature mora i posljedične biološke odgovore, kao što su promjene u sastavu i strukturi ribljih zajednica duž hrvatske obale.

Ključne riječi: indikatori klimatskih promjena, globalno zagrijavanje, Jadransko more, ribe, vizualni cenzus

Fish Visual Census for climate change indicators in Croatian Marine Protected Areas

Silvija, Kipson¹, Nika, Stagličić², Branko, Dragičević², Mišo, Pavičić², Fedra, Dokoza³, Matea, Špika³, Agata, Kovačev³, Matea, Martinović³, Sara, Nikšić³, Denis, Grubišić³, Zrinka, Jakl³, Andrea, Blašković⁴

¹SEAFAN – Marine Research & Consultancy, Voltino 14, 10000 Zagreb, Croatia, ²Institute of Oceanography and Fisheries, Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21000 Split, Croatia, ³Association for Nature, Environment and Sustainable Development Sunce, Obala hrvatskog narodnog preporoda 7, 21000 Split, Croatia, ⁴Brijuni National Park, Brijuni, 52100 Pula, Croatia
e-mail:silvija.kipson@gmail.com

Marine fishes may exhibit rapid distribution shifts due to global warming, making certain species valuable indicators of climate change. To assess the current status and potential stressors acting upon reefs within National Park Brijuni (in 2018 and 2020) and 3 Natura 2000 Sites (HR3000067 Luka Solišćica, Dugi Otok in 2020; HR3000469 Viški akvatorij in 2020; HR4000017 Lokrum in 2024), we conducted a visual census of selected fish species that could indicate climate-related changes, following the protocol promoted by the Interreg MED project MPA-ADAPT. At each location, we performed visual census at 3 to 6 sites. At each site, we assessed 1 to 4 of the proposed depth ranges (1-3 m, 5-10 m, 11-20 m, 21-30 m) and surveyed 4 to 8 transects (50 x 5 m) per depth range. No thermophilic fish species *Sparisoma cretense*, *Thalassoma pavo* or *Ephinephelus marginatus* were recorded at the northernmost Brijuni during investigated years. Furthermore, *S. cretense* was absent and *T. pavo* considerably less abundant at Dugi Otok, compared to more southern Islands of Vis and Lokrum where all of considered thermophilic fish species were present. Lastly, no alien fish species were recorded at any of the investigated locations. Although valuable data are collected at few Croatian sites since 2011, there is a need for wider spatio-temporal application of this simplified protocol in the Adriatic Sea to improve the reliability and interpretability of the data. In addition to researchers, the engagement of citizen science, i.e. observations provided by trained and supervised volunteer SCUBA divers and/or snorkelers is a highly valuable way to enhance underwater work effort, increase awareness and the sense of stewardship for marine environment. Quality data collected in such a standardized manner will enable the detection of the effects of seawater warming and the consequent biological responses, such as changes in composition and structure of fish assemblages along Croatian coast.

Key words: climate change indicators, global warming, Adriatic Sea, fish, visual census

Monitoring pojavnosti morskih organizama na umjetnom grebenu u Zadarskom kanalu

Dubravko, Pejdo¹, Andela, Ivanac², Tomislav, Šarić,² Ivan Župan²

¹Abisal, Obrt za istraživanje i razvoj, Prilaz Ravnih Kotara 4, 23000 Zadar, ²Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar
e-mail: dpejdo@gmail.com, zupan@unizd.hr

Uzimajući u obzir karakteristike Zadarskog kanala, čije je dno pretežito ravnog muljevitog tipa, Zadarska županija odlučila se za provođenje pilot projekta postavljanja umjetnog podvodnog grebena u sklopu europskog projekta „Adri.SmArtFish” s ciljevima: proučavanje učinaka novog staništa na očuvanje ribljih zajednica i ostalih morskih organizama, te mogućnost širenja gospodarskih aktivnosti (npr. ribolovni i ronilački turizam). Greben je postavljen u veljači 2021. godine na 560 metara udaljenosti od obale u blizini otoka Ošljaka u Zadarskom kanalu na ravnom muljevitom dnu pri dubini od 32 m. Monitoring se vršio od veljače 2021. godine pa do svibnja 2024. godine u proljetnom i jesenskom periodu u trajanju od po 5 uzastopnih dana, u prosjeku od 3 do 4 sata po danu. Korištene su metode vizualnog opažanja autonomnim ronjenjem uz snimanje podvodnim kamerama (UVC – Underwater visual census) i BRUV (Baited Remote Underwater Video) koja se sastoji od kamera koje se postavljaju uz greben, te omogućuju višesatno snimanje. Dva mjeseca nakon postavljanja, greben je privukao tek manji broj vrsta, odnosno njih ukupno 9. U odnosu na prvo istraživanje, u rujnu 2021. godine je došlo do povećanja broja vrsta od oko 80% kao i njihove abundancije. U zadnjem istraživanju provedenom u svibnju 2024. godine uspješno je determinirano 21 vrsta riba što je porast za 12 vrsta u odnosu na 2021. godinu. Pritom abundancijom dominiraju pojedine komercijalno značajne vrste: ugotica (*Trisopterus minutus*), trlja blatarica (*Mullus barbatus*), batoglavca (*Pagellus acarne*), gira oštrulje (*Spicara flexuosa*) i fratar (*Diplodus vulgaris*). Obraštajni organizmi razvijaju se sporo, zbog velikog utjecaja pojačane sedimentacije. Vidljivost je uglavnom vrlo slaba što otežava precizniju procjenu abundancije. Može se zaključiti kako je metoda BRUV daleko uspješnija u determinaciji ihtiopopulacija u odnosu na UVC metodu, posebice u slučaju korištenja srdele kao mamca za privlačenje riba.

Ključne riječi: Umjetni podvodni greben, Zadarski kanal, Obraštajnih organizmi, Riblje vrste

Monitoring of marine organisms on the artificial reef in the Zadar channel

Dubravko, Pejdo¹, Anđela, Ivanac², Tomislav, Šarić² Ivan, Župan²

¹Abisal, Prilaz Ravnih Kotara 4, 23000 Zadar, ²University of Zadar, Department of ecology, agronomy and aquaculture, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar
e-mail: dpejdo@gmail.com; zupan@unizd.hr

Considering the characteristics of the Zadar channel, with predominantly flat and muddy seabed, the Zadar County decided to implement a pilot project for the installation of an artificial underwater reef as part of the European project "Adri.SmArtFish". The goals were: studying the possible effects of the new habitat on the preservation of fish communities and other marine organisms, and the possibility of expanding economic activities (such as fishing and diving tourism). The reef was placed in February 2021 at a distance of 560 meters from the coast near the island of Ošljak in the Zadar Channel on a flat muddy bottom at a depth of 32 m. Monitoring was carried out from February 2021 until May 2024 in the spring and autumn periods for the duration of 5 consecutive days, an average of 3 to 4 hours per day. The methods of visual observation by autonomous diving with recording (UVC - Underwater visual census) and the BRUV (Baited Remote Underwater Video) method were used. BRUV cameras were placed near the reef, and enabled several hours of recording of fish populations. Two months after installation, the reef attracted small number of species (total of 9). Compared to the first survey, in September 2021, there was an increase in the number of species by about 80%, as well as their abundance. In the last survey conducted in May 2024, 21 species of fish were successfully identified, which is an increase of 12 species compared to 2021. The abundance is dominated by certain commercially significant species: *Trisopterus minutus*, *Mullus barbatus*, *Pagellus acarne*, *Spicara flexuosa* and *Diplodus vulgaris*. Fouling organisms develop slowly, due to the great influence of increased sedimentation on this micro location with a muddy bottom and low visibility. Nevertheless, it can be concluded that the BRUV-a method is far more successful in determining fish communities compared to the UVC method, especially in the case of using sardines as bait to attract the fish.

Keywords: Artificial reef, Zadar channel, Fouling organisms, Fish communities

Mrijest jakobove kapice *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) u mrjestilištu

Valentina, Šebalj¹, Ivan, Župan², Lav, Bavčević², Tomislav, Šarić², Petar, Zuanović²

¹Ministarstvo poljoprivrede, Uprava ribarstva, Služba za akvakulturu, Ispostava Zadar, Ivana Mažuranića 30, 23000 Zadar

²Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar
e-mail: vsebalj@gmail.com

Marikultura je proteklih godina najveći opskrbljivač tržišta proizvodima školjkaša u svijetu, ali se zbog utjecaja klimatskih promjena proizvodnja susreće sa sve više izazova. Povišenje temperature mora, fluktuacije saliniteta i zakiseljavanje oceana, posebno se negativno odražavaju na ličinačke stadije, te uzgajivači proteklih godina prijavljuju probleme sa sakupljanjem mlađi iz prirode. S obzirom da je dostupnost mlađi ključan faktor za uspješan razvoj akvakulture, kao rješenje se nameće njihov uzgoj u mrjestilištima, pod kontroliranim uvjetima, ali i uzgoj novih vrsta koje su otpornije na klimatske promjene. U ovom radu proveli smo preliminarno istraživanje mrijesta matičnog jata Jakobove kapice *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) u mrjestilištu radi mogućeg uvođenja u komercijalnu akvakulturu. Matično jato prikupljeno je iz prirode, iz ušća rijeke Krke, u proljeće kada se u prirodi odvija mrijest. Nakon dopremanja u laboratorij inicirao se mrijest podvrgavanjem matičnog jata temperaturnom šoku prebacivanjem jedinki s 15°C na 21,5 °C i obratno svakih 30 minuta. Nakon kratkog vremena nekoliko jedinki je započelo izbacivati mliječ, a nakon nekoliko sati jedna je jedinka izbacila i jajne stanice, koje su zatim podvrgnute oplodnji. Nakon oplodnje praćeni su razvojni stadiji ličinki sve do njihova uginuća. Dobiveni rezultati ukazuju da je mrijest Jakobove kapice u mrjestilištu moguć te će se u budućnosti ovaj postupak pokušati unaprijediti kako bi se školjkaše potaklo na kontrolirani mrijest.

Ključne riječi: *Pecten jacobaeus*, mrjestilište, mrijest

Spawning of the Mediterranean scallop *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) under hatchery conditions

Valentina, Šebalj¹, Ivan, Župan², Lav, Bavčević², Tomislav, Šarić², Petar, Zuanović²

¹Ministry of Agriculture, Directorate of Fisheries, Service for Aquaculture, Zadar Office, Ivana Mažuranića 30, 23000 Zadar

²University of Zadar, Department of Ecology, Agriculture and Aquaculture, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar
e-mail: vsebalj@gmail.com

In recent years, mariculture has been the largest market supplier of shellfish products in the world, but due to the impact of climate change, production is facing more and more challenges. Rising sea temperatures, salinity fluctuations and ocean acidification have a particularly negative impact on survival of larval stages, and farmers have reported problems with collecting of juveniles from nature in recent years. Given that the availability of juveniles is a key factor for the successful aquaculture production, as a possible solution is to produce them in hatcheries, under controlled conditions, but also to farm new species that are more resilient to climate change. In this research, we conducted a preliminary study on the spawning of the Mediterranean scallop *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) broodstock under hatchery conditions for its possible introduction into the commercial aquaculture. The broodstock was collected from nature, from the Krka River estuary in the spring when spawning takes place in nature. After it was brought to the laboratory, spawning was initiated by subjecting the broodstock to a temperature shock by switching the individuals from 15°C to 21.5°C and back every 30 minutes. After a short time, several individuals began to expel sperm, and after a few hours, one individual also expelled eggs, which were then subjected to fertilization. After fertilization, the developmental stages of the larvae were monitored until their mortality. The obtained results indicate that scallop spawning in the hatchery is possible, and in the future this procedure will be improved upon to encourage shellfish to spawn in a controlled manner.

Key words: *Pecten jacobaeus*, hatchery, spawning

Akvakultura u Jadranskom moru u uvjetima klimatskih promjena

Lav Bavčević

¹*Sveučilište u Zadru, Trg kneza Višeslava 9,*

23000 Zadar

e-mail:lbavcevic@unizd.hr

U budućnosti se očekuje daljnje zagrijavanje Jadranskog mora, spuštanje termokline i češća pojava visokih ekstremnih temperatura u površinskom sloju mora. Rast organizama je temeljni fenomen na kojem se gradi ekonomija u akvakulturi. Rast poikilotermnih organizama ovisi o temperaturi, o dostupnosti i kvaliteti hrane i kvaliteti okoliša općenito. Klimatske promjene u Jadranskom moru mogu promijeniti dostupnost i kvalitetu hrane za uzgajane školjkaše, što u konačnici remeti planiranje proizvodnje. U kaveznom uzgoju će se ubrzati prirast uzgajanih riba, ali će smanjivanje topivosti kisika u morskoj vodi povećavati rizik od hipoksičnog stresa. Ubrzani rast uzgajanih riba, smanjuje ukupne metaboličke „troškove“ pa neće doći do povećanja ukupne emisije metabolita na godišnjoj razini, međutim ne možemo jednostavno prognozirati njihov utjecaj na okoliš u uvjetima viših temperatura. Kratkoročne pojave ekstremno visokih temperatura mora su prijetnja koja može imati za posljedicu pada imuniteta i pojavu bolesti ili čak gušenje dijela uzgajanih riba. Prilagodbe za ublažavanje učinaka klimatskih promjena na akvakulturu u Jadranskom moru se obuhvaćaju reviziju tehnoloških obrazaca za uzgoj koji podrazumijevaju, korištenje dubljih kaveza, postavljanje potopljenih uzgojnih instalacija, prilagodbu uzgojne gustoće, prilagođenu hranidbu, ciljanu selekciju uzgajanih organizama i uzgoj u recirkulacijskim sustavima.

Ključne riječi: Akvakultura, Jadransko more, klimatske promjene

Impact of climate change on aquaculture in the Adriatic Sea

Lav Bavčević

¹*Sveučilište u Zadru, Trg kneza Višeslava 9,*

23000 Zadar

e-mail:lbavcevic@unizd.hr

The Adriatic Sea is expected to experience further warming, a deeper thermocline, and more frequent occurrences of extremely high temperatures at the surface. The growth of organisms is the fundamental phenomenon on which the economy in aquaculture is built. For poikilothermic organisms, growth is influenced by temperature, food availability and quality, and overall environmental conditions. Climate change may alter food availability and quality for farmed shellfish, disrupting production planning. In cage farming, the growth of farmed fish will be accelerated, but the decrease in the solubility of oxygen in seawater will increase the hypoxic stress risk. The accelerated growth of farmed fish reduces the total metabolic "costs", so there will be no increase in the total emission of metabolites on an annual level. However, we cannot simply forecast their impact on the environment in conditions of higher temperatures. Short-term occurrences of extremely high sea temperatures pose a threat, potentially leading to immune suppression, disease outbreaks, or suffocation of part of the farmed fish. To mitigate climate change effects on Adriatic aquaculture, technological adaptations are necessary. These include revising cultivation techniques, using deeper cages, installing submerged cultivation systems, adjusting breeding densities, adapting feeding practices, selecting targeted organisms, and cultivation in recirculation systems.

Key words: Aquaculture, Adriatic Sea, Climate change

Jačanje kapaciteta zaštićenih morskih područja kao rješenje za prilagodbu klimatskim promjenama, Interreg Euro-MED MPA4Change

Andrea, Blašković¹, Joaquim, Garrabou², Ernesto, Azzurro³, Fabio, Figurella⁴, Elena, Ojea Fernandez Colmeiro⁵, Fernando, Pinillos⁶, Carlo, Cerrano⁷, Ivan, Guala⁸, Thomas, Vlachogianni⁹

¹Javna ustanova Nacionalni Park Brijuni, Brijuni, Pula, Hrvatska, ²Institute of Marine Sciences, Spanish Research Council (ICM-CSIC), Barcelona, Spain, ³National Research Council, Institute of Biological Resources and Marine Biotechnologies (CNR-IRBIM), Ancona, Italy, ⁴DAN Europe Foundation, Ta' Xbiex, Malta, ⁵Universidad de Vigo, Vigo, Spain, ⁶EUROPARC Federation, Regensburg, Germany, ⁷Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy, ⁸International Marine Centre, Oristano, Italy, ⁹MIO-ECSDE the Mediterranean Information Office for Environment, Culture and Sustainable Development, Athens, Greece

e-mail: andrea.blaskovic@np-brijuni.hr

Klimatske promjene negativno utječu na morske ekosustave. U Sredozemnom moru, koje se zagrijava tri do pet puta brže od prosječne stope zagrijavanja u svijetu, te su promjene još izraženije i pojačavaju učinke postojećih prijetnji. Zaštićena morska područja mogu biti rješenje u suočavanju s klimatskim promjenama. U okviru projekta Interreg Euro-MED MPA4Change obveza je jačati kapacitete zaštićenih morskih područja u Sredozemlju, uz prijenos znanja i rješenja putem primjera dobre prakse u restauraciji staništa i prilagodbi klimatskim promjenama, putem definiranja smjernica za održivo upravljanje te kroz edukaciju. Glavni projektni alati sadrže 11 standardiziranih protokola praćenja kao i materijale za e-učenje, smjernice i alate za procjenu ranjivosti područja, protokole za građansku znanost, smjernice za razvoj plana prilagodbe i ublažavanja klimatskih promjena, smjernice za primjenu participativnog pristupa i ekosustavnog upravljanja zaštićenim područjem te komunikacijske alate i materijale. Projekt MPA4Change potiče politički dijalog na sredozemnoj i europskoj razini kako bi se dobila politička potpora za provedbu akcijskog plana ublažavanja klimatskih promjena. Sastavljen je popis stručnjaka koji će voditi ovaj proces i biti na raspolaganju upraviteljima zaštićenih područja do 2030. godine, odnosno nakon završetka projekta. Javna ustanova Nacionalni park Brijuni ima vrlo važnu ulogu u prijenosu znanja i mentoriranju upravitelja drugih zaštićenih područja koji se odluče na testiranje i implementaciju alata. Zahvaljujući iskustvu stečenom od 2016. do danas, kroz 2 Interreg projekta, Nacionalni park Brijuni može voditi i pomoći svim zaštićenim područjima koja su zainteresirana da se uključe u ovaj proces, s ciljem kratkoročnog i dugoročnog unapređenja znanja i vještina upravljanja zaštićenim morskim područjima.

Ključne riječi: klimatske promjene, standardni protokoli praćenja, građanska znanost, procjena ranjivosti, zaštićena morska područja

Enhancing Marine Protected Areas as Nature Based Solutions for adaptation to climate change, Interreg Euro-MED MPA4Change

Andrea, Blašković¹, Joaquim, Garrabou², Ernesto, Azzurro³, Fabio, Figurella⁴, Elena, Ojea Fernandez Colmeiro⁵, Fernando, Pinillos⁶, Carlo, Cerrano⁷, Ivan, Guala⁸, Thomas, Vlachogianni⁹

¹Javna ustanova Nacionalni Park Brijuni, Brijuni, Pula, Hrvatska, ²Institute of Marine Sciences, Spanish Research Council (ICM-CSIC), Barcelona, Spain, ³National Research Council, Institute of Biological Resources and Marine Biotechnologies (CNR-IRBIM), Ancona, Italy, ⁴DAN Europe Foundation, Ta' Xbiex, Malta, ⁵Universidade de Vigo, Vigo, Spain, ⁶EUROPARC Federation, Regensburg, Germany, ⁷Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy, ⁸International Marine Centre, Oristano, Italy, ⁹MIO-ECSDE the Mediterranean Information Office for Environment, Culture and Sustainable Development, Athens, Greece

e-mail: andrea.blaskovic@np-brijuni.hr

Climate change is negatively affecting the marine ecosystems. In the case of the Mediterranean Sea, which is warming three to five times faster than the world's average rate, these alterations are even more accentuated and amplify the effects of existing threats on the marine life. However, Marine Protected Areas (MPAs) can be the solution that help facing this change. Within the framework of the ongoing Interreg Euro-MED MPA4Change project the aim is to enhance the role of MPAs and restoration as nature-based solutions for climate change adaptation with the transfer of ready-to-use solutions, including protocols, guidance and specialized training, to provide MPAs with the necessary tools to improve their management, assess the impacts of climate change and plan their responses against it. The main tools produced within the frames of the project are: 11 standardized monitoring protocols and e-learning materials, a Vulnerability Assessment guidelines and tools, Citizen Science protocols and e-learning materials, guidelines to develop Climate Change Adaptation & Mitigation Plan, guidelines for applying a Participatory Approach and a lot of communication tools and materials. MPA4Change project developed a joint action plan for Mediterranean MPAs to put them at the front line of climate change adaption and foster the policy dialogue at Mediterranean and European level in order to get the political support for the implementation of the action plan. Additionally, a roster of experts has been developed in order to guide in this process until 2030. Public Institution Brijuni National Park, has an important role in transferring and mentoring other MPAs to test and implement the tools. Due to the experience gained from 2016. until today, through 2 Interreg projects, Brijuni National Park can guide and help all the protected areas interested in joining the process with the goal to enhance knowledge and management skill transferred in daily and long-term management.

Key words: Climate Change, Standard Monitoring Protocols, Citizen Science, Vulnerability Assessment, Marine Protected Areas

PFASsFoodWildlife: projekt određivanja perfluoroalkilnih tvari (PFASs) u životinjskim vrstama iz vodenih i kopnenih staništa te hrani životinjskog podrijetla

Nina, Bilandžić¹, Ines, Varga¹, Božica, Solomun Kolanović¹, Marija, Sedak¹, Ivana, Varenina¹, Maja, Dokić¹, Đurđica, Božić Luburić¹, Bruno, Čalopek¹, Miroslav, Benić¹, Luka, Cvetnić¹, Željko, Mihaljević¹, Natalija, Džafić², Dijana, Mišetić Ostojić², Kristina, Kvirgić², Tanja, Bogdanović³, Sandra, Petričević³, Zvonimir, Jažo³, Bosiljka, Mustać⁴, Bruna, Petani⁴, Slavica, Čolak⁴, Ivana, Ujević⁵, Snježana, Herceg Romanić⁶, Gordana, Mendaš Starčević⁶, Ivica, Bošković⁷, Andrea, Gross – Bošković⁸, Vlatka, Buzjak Služek⁸, Elena, Fattore⁹

¹Hrvatski veterinarski institut, Savska 143, 10000 Zagreb, Hrvatska; ²Hrvatski veterinarski institut, Veterinarski zavod Rijeka, Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Hrvatska; ³Hrvatski veterinarski institut, Veterinarski zavod Split, Poljička cesta 33, 21000 Split, Hrvatska; ⁴Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, Hrvatska; ⁵Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21000 Split, Hrvatska; ⁶Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, 10000 Zagreb, Hrvatska; ⁷Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Katedra za lovstvo i ribarstvo, Vladimira Preloga 1 31000 Osijek, Hrvatska; ⁸Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za sigurnost hrane, Ul. Ivana Gundulića 36, 31000, Osijek, Hrvatska; ⁹Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri IRCCS, Via Mario Negri 2, Milano, Italija
e-mail: bilandzic@veinst.hr

Perfluoroalkilne i polifluoroalkilne tvari (PFAS) su klasa kontaminanta čiji se broj neprestano povećava zbog primjene u širokom spektru industrijskih, komercijalnih i kućanskih proizvoda. Postojani su i ekološki stabilni spojevi, prisutni u globalno svim okolišnim medijima (zrak, voda, tlo) te posljedično u životinjskim vrstama iz vodenih i kopnenih staništa te hrani. U općoj populaciji, primarni izvor kronične izloženosti PFAS je konzumacija kontaminirane hrane i vode za piće, pri čemu su ribe, školjkaši, jaja te meso i mesni proizvodi glavni izvori izloženosti za potrošače. Dva najbolje proučavana PFAS spoja perfluorooktanska kiselina (PFOA) i perfluorooktansulfonska kiselina (PFOS) pokazala su niz štetnih učinaka na zdravlje. Uvršteni su na listu postojanih organskih onečišćivača u okviru Stockholmske konvencije.

Ovaj projekt ima za cilj određivanje tridesetak PFAS spojeva primjenom tekućinske kromatografije ultra visoke djelotvornosti povezane s tandemskim masenim spektrometrom (UHPLC-MS/MS) u morskim i slatkovodnim ribama, školjkašima, mesu i jajima. Također će se analizirati u tkivima divljih životinjskih vrsta iz vodenih (morskih i slatkovodnih) i kopnenih staništa kao bioindikatorima onečišćenja okoliša. Morske ribe i školjke sa hrvatskog dijela Jadrana prikupljat će se iz slobodnog ulova te iz uzgoja. Biti će to najveća skupina uzoraka koja će činiti polovinu ukupno prikupljenih uzoraka (oko 1800 uzoraka).

Na temelju utvrđenih koncentracija PFAS u analiziranim kategorijama hrane provest će se procjena izloženosti ovim spojevima za opću populaciju i prema definiranim toksikološkim granicama procijeniti rizik na zdravlje. Baza podataka o razinama PFAS biti će prva sveobuhvatna baza izloženosti ovim spojevima na području RH te će nadležnim državnim tijelima poslužiti za izradu znanstvenog mišljenja i procjenu rizika za hrvatske potrošače. Istraživanje je financirano sredstavima Europske unije–NextGenerationEU–EnvironPollutHealth.

Ključne riječi: perfluoroalkilne tvari, kontaminati, ribe, školjkaši, hrana životinjskog podrijetla

PFASsFoodWildlife: project for determination of perfluoroalkyl substances (PFASs) in animal species from aquatic, marine and terrestrial habitats and food of animal origin

Nina, Bilandžić¹, Ines, Varga¹, Božica, Solomun Kolanović¹, Marija, Sedak¹, Ivana, Varenina¹, Maja, Đokić¹, Đurđica, Božić Luburić¹, Bruno, Čalopek¹, Miroslav, Benić¹, Luka, Cvetnić¹, Željko, Mihaljević¹, Natalija, Džafić², Dijana, Mišetić Ostojić², Kristina, Kvrčić², Tanja, Bogdanović³, Sandra, Petričević³, Zvonimir, Jažo³, Bosiljka, Mustać⁴, Bruna, Petani⁴, Slavica, Čolak⁴, Ivana, Ujević⁵, Snježana, Herceg Romanić⁶, Gordana, Mendaš Starčević⁶, Ivica, Bošković⁷, Andrea, Gross – Bošković⁸, Vlatka, Buzjak Služek⁸, Elena, Fattore⁹

¹ Croatian Veterinary Institute, Savska 143, 10000 Zagreb, Croatia; ² Croatian Veterinary Institute, Veterinary Institute Rijeka, Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Croatia; ³ Croatian Veterinary Institute, Veterinary Institute Split, Poljička cetsta 33, 21000 Split, Croatia; ⁴University in Zadr, Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, Croatia; ⁵Institute of Oceanography and Fisheries, Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21000 Split, Croatia; ⁶Institute for Medical Research and Occupational Health, Ksaverska cesta 2, 10000 Zagreb, Croatia; ⁷Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Department of Hunting and Fisheries, Vladimira Preloga 1 31000 Osijek, Croatia; ⁸Croatian Agency for Agriculture and Food, Center for Food Safety, Ul. Ivana Gundulića 36, 31000, Osijek, Croatia; ⁹Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri IRCCS, Via Mario Negri 2, Milano, Italy
e-mail: bilandzic@veinst.hr

Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are a class of contaminants whose number is constantly increasing due to their use in a wide range of industrial, commercial and household products. They are persistent and ecologically stable compounds, present globally in all environmental media and consequently in animal species and food. The primary source of chronic PFAS exposure is the consumption of contaminated food and drinking water, with fish, shellfish, eggs, and meat and meat products being the main sources of exposure for consumers. The two best-studied PFAS compounds perfluorooctane acid (PFOA) and perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) have shown a range of adverse health effects. They are included in the list of persistent organic pollutants under the Stockholm Convention. This project aims to determine about thirty PFAS compounds using an ultra-high performance liquid chromatography - tandem mass spectrometry (UHPLC-MS/MS) in marine and freshwater fish, shellfish, meat and eggs. It will also be analyzed in the tissues of wild animal species from aquatic and terrestrial habitats as bioindicators of environmental pollution. Sea fish and shellfish from the Croatian part of the Adriatic will be collected from free-catch and from farming. It will be the largest group of samples, consisting of a half of the total collected samples (about 1,800 samples). Based on the determined concentrations of PFAS in the analyzed food categories, an assessment of the exposure to these compounds for the general population will be carried out and the risk to health will be assessed according to the defined toxicological limits. The database on PFAS levels will be the first comprehensive database of exposure to these compounds in the Republic of Croatia and will serve the competent state authorities for the preparation of a scientific opinion and risk assessment for Croatian consumers. This study was funded by the European Union–Next Generation EU–EnvironPollutHealth.

Key words: perfluoroalkyl substances, contaminants, fish, shellfish, food of animal origin

Procjena toksičnosti i kombiniranih utjecaja onečišćujućih tvari na akvatičke organizme

Vlatka, Filipović Marijić¹, Tatjana, Mijošek¹, Sara Šariri¹, Marija, Kuštro², Dajana, Kučić Grgić², Viktorija, Martinjak², Martina, Miloloža², Šime, Ukić², Zuzana, Redžović³, Marijana, Erk¹, Damir, Kapetanović¹, Ana, Gavrilović⁴, Tena, Radočaj⁴, Neven, Cukrov¹

¹Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Hrvatska, ²Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Trg Marka Marulića 19, 10000 Zagreb, Hrvatska, ³Sveučilište u Zagrebu, PMF, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska, ⁴Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
e-mail: vf Filip@irb.hr

U okolišnim uvjetima na organizme djeluju brojne onečišćujuće tvari, čije utjecaje je teško odvojeno razlučiti. Danas je poseban naglasak stavljen na utjecaj mikroplastike (MP), koja je zbog veličine od 1-1000 m dostupna za unos u organizme, te je ujedno vektor za unos drugih onečišćujućih tvari, što je čini potencijalno toksičnom. Divlje populacije su izložene MP-u, s kojom se dakle unose i druge onečišćujuće tvari, te je cilj rada procijeniti toksične učinke MP-a u kombinaciji s metalima, antibioticima i antiviroticima na akvatičke organizme, provođenjem testova toksičnosti na planktonskom raku velikoj vodenbuhi (*Daphnia magna*). Dodatno, pratili smo biomarkere izloženosti organskim onečišćujućim tvarima (acetilkolinesteraza, AChE) i metalima (metalotioneini, MT) u divljim populacijama riba (jegulja (*Anguilla anguilla*) iz rijeke Neretve i trlja blatarica (*Mullus barbatus*) iz Jadranskog mora kod luke Ploče). Rezultati su potvrdili da antibiotici i antivirolici u okolišnim koncentracijama ne izazivaju toksičnost u vodenbuha, a u kombinaciji s MP-om toksičnost je potvrđena za antibiotik pri višim koncentracijama (EC₅₀ 0,6 mmol l⁻¹ za azitromicin). Utjecaj MP-a je toksičan u veličini koju organizam može unijeti (2 μm za vodenbuhu), dok veličine MP-a u rasponu 100-700 μm nisu pokazale toksične učinke. U riba je potvrđena prisutnost MP-a u sadržaju probavila, dok su AChE i MT ukazali na višu izloženost jegulja onečišćujućim tvarima u proljeće, vjerojatno zbog utjecaja poljoprivrednih aktivnosti uz rijeku Neretvu. Potvrđena prisutnost MP-a u divljih riba, kao i potencijalni toksični učinak na akvatičke organizme, ukazuju na važnost praćenja utjecaja plastike na vodene ekosustave i donošenje strategija o njihovoj zaštiti.

Ključne riječi: Jadransko more, mikroplastika, ekotoksičnost, rakovi, ribe

Assessment of toxicity and combined effects of contaminants on aquatic organisms

Vlatka, Filipović Marijić¹, Tatjana, Mijošek¹, Sara, Šariri¹, Marija, Kuštro², Dajana, Kučić Grgić², Viktorija, Martinjak², Martina, Miloloža², Šime, Ukić², Zuzana, Redžović³, Marijana, Erk¹, Damir, Kapetanović¹, Ana, Gavrilović⁴, Tena, Radočaj⁴, Neven, Cukrov¹

¹Ruder Bošković Institute, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Croatia, ²University of Zagreb, Faculty of chemical engineering and technology, Trg Marka Marulića 19, 10000 Zagreb, Croatia, ³University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia, ⁴University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia
e-mail: vfilip@irb.hr

In environmental conditions, organisms are affected by various contaminants, making it challenging to identify the individual effects of each contaminant. Today, special emphasis is placed on the effects of microplastics (MPs), which can be ingested by organisms due to their size of 1-1000 μm , and also serves as a vector for the introduction of other contaminants, resulting in their potential toxicity. Wild populations are exposed to MPs, which enables the introduction of other contaminants, so the aim of the work is to assess the toxic effects of MPs in combination with metals, antibiotics and antivirals on aquatic organisms by conducting toxicity tests on planktonic crustacean water fleas (*Daphnia magna*). Additionally, biomarkers of exposure to organic contaminants (acetylcholinesterase, AChE) and metals (metallothioneins, MT) were determined in wild fish (eel (*Anguilla anguilla*) from the Neretva River and red mullet (*Mullus barbatus*) from the Adriatic Sea near the port of Ploče). The results confirmed that antibiotics and antivirals do not cause toxicity in environmental concentrations, while in combination with MP, toxicity was confirmed for the antibiotic at higher concentrations (EC_{50} 0.6 mmol l^{-1} for azithromycin). The influence of MP was toxic at the size relevant for ingestion (2 μm for the water flea), while sizes in the range of 100-700 μm showed no toxicity. In fish, the presence of MP was confirmed in gut content, while AChE and MT indicated a higher pollutant exposure of eels in spring, probably due to the influence of agricultural activities along the Neretva River. The confirmed presence of MP in wild fish and the potential toxic effect on aquatic organisms, indicate the importance of monitoring the impact of plastics on aquatic ecosystems and adopting a strategy to protect them.

Key words: Adriatic Sea, microplastics, ecotoxicity, crustacean, fish

Ispitivanje utjecaja krema za sunčanje na vodene ekosustave

Ines, Alujević

III. gimnazija, Split, Matice hrvatske 11, 21000 Split
e-mail: alujevicines@gmail.com

Intenzivna upotreba krema za sunčanje u cilju suzbijanja štetnog UV zračenja rezultira njihovim značajnim otpuštanjem u vodeni okoliš. Mineralne kreme za sunčanje sadrže anorganske okside metala (ZnO i TiO₂). Nanočestice koje se koriste u nekim mineralnim kremama kako bi se izbjegla pojava nepovoljnog bijelog traga na koži, mogu ulaziti u stanice i izazvati poremećaje na različitim razinama. Kemijske kreme mogu sadržavati štetne spojeve poput oktokrilen, oktinoksata, avobenzona. Otpuštanjem u vodeni okoliš, kreme za sunčanje mogu smanjiti ili blokirati proces fotosinteze te poremetiti ravnotežu vodenog ekosustava. Sve intenzivniji razvoj turizma bez pravih strategija održivosti narušava ravnotežu našeg podmorja i slatkovodnih staništa. U Jadranu su posebno ugrožene livade morske cvjetnice posidonije i koraljni grebeni. Ovim istraživanjem želi se ukazati na ekološki problem s kojim hrvatska javnost nije dovoljno upoznata i potaknuti odgovorne na zaštitu posebno ugroženih staništa. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti i usporediti utjecaj četiri različite kreme za sunčanje; Hawaiian tropic deklarirane kao ekološki prihvatljive, Nivea sun mineralne kreme s nanočesticama, Esencia Adria kemijske kreme s oktokrilenom i dječje kreme Baby love prateći razlike u ponovnom rastu korijena vodene leće (*Lemna minor* L) u otopinama 0.1 mL/L, 0.2 mL/L i 0.4 mL/L. Rezultati su pokazali da su sve testirane kreme, osim Hawaiian tropic u manjim koncentracijama otopina, uzrokovale statistički značajno smanjenje rasta novostvorenog korjenčića u odnosu na kontrolnu skupinu. Najveću inhibiciju rasta u otopinama svih koncentracija izazvala je krema s nanočesticama Nivea sun. Kod svih jedinki tretiranih otopinama krema za sunčanje uočene su morfološke promjene poput smanjenja površine listića, raspadanja listića, gubitka pigmenta. Istraživanjem je utvrđeno da kreme za sunčanje imaju toksičan učinak na vodene ekosustave.

Ključne riječi: UV zračenje, oktokrilen, nanočestice, *Lemna minor* test, fotosinteza

Testing the impact of sunscreens on aquatic ecosystems

Ines, Alujević

III. gimnazija, Split, Matice hrvatske 11, 21000 Split

e-mail: alujevicines@gmail.com

The intensive use of sunscreens in order to suppress harmful UV radiation results in their significant release into the aquatic environment. Mineral sunscreens contain inorganic metal oxides (ZnO and TiO₂). Nanoparticles, used in mineral creams to avoid the appearance of unfavorable white marks on the skin, can enter the cells and cause disorders at various levels. Chemical sunscreens, on the other hand, may contain harmful compounds such as octocrylene, octinoxate and avobenzone. Released into the aquatic environment, sunscreens can reduce or block the process of photosynthesis and disrupt the balance of the aquatic ecosystem. The increasing development of tourism without the right sustainability strategies is disturbing the balance of our underwater and freshwater habitats. In the Adriatic, seagrass meadows of *Posidonia* and coral reefs are particularly endangered. This research aims to point out an ecological problem and encourage those responsible to protect particularly endangered habitats. The aim of this study was to evaluate and compare the impact of four different sunscreens; Hawaiian tropic declared as reef friendly, Nivea sun mineral cream with nanoparticles, Esencia Adria chemical cream with octocrylene and Baby love children's cream, by monitoring the differences in root regrowth in duckweed (*Lemna minor* L), in sunscreen solutions of 0.1 mL/L, 0.2 mL/L and 0.4 mL/L. The results showed that all tested creams, except Hawaiian tropic in smaller concentrations of solutions, caused a statistically significant decrease in the growth of the newly formed root compared to the control group. The greatest inhibition of growth in solutions of all concentrations was caused by the Nivea sun cream with nanoparticles. In all individuals treated with sunscreen solutions, morphological changes were observed, such as reduction of leaf area, leaf disintegration and loss of pigment. Our findings suggest that sunscreens have a toxic effect on aquatic ecosystems.

Keywords: UV radiation, octocrylene, nanoparticles, *Lemna minor* test, photosynthesis

Klimatske promjene povećavaju potrebu za monitoringom luka zbog očuvanja bioraznolikosti - je li konačno vrijeme da počne monitoring?

Romina, Kraus¹

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

Klimatske promjene pridonose sve uspješnoj prilagodbi alohtonih vrsta u novom okolišu. Brodske luke njihova su potencijalna žarišta u koje dospijevaju balastnim vodama. S ciljem očuvanja bioraznolikosti, 2004. godine donesena je Međunarodna konvencija o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima čija potpisnica je i država Hrvatska. Na temelju postojećih iskustava o upravljanju balastnim vodama drugih zemalja, u okviru međunarodnog projekta BALMAS (IPA Adriatic) i nacionalnog projekta ProtectAS (ESIF) izrađen je niz smjernica za upravljanje balastnim vodama prilagođenim za primjenu u hrvatskim lukama. Upravljanje balastnim vodama podrazumijeva kontinuirani biološki monitoring, koji omogućuje brzo i pravovremeno uočavanje alohtonih i ostalih štetnih vrsta, i potom provedbu plana mjera brzog odgovora, suzbijanja i uklanjanja uočenih štetnih vrsta. Za potrebe monitoringa razvijena su dva protokola. Prvi, za izradu nultog stanja mora, daje uvid u zatečeno stanje sastava vrsta i zajednica, te svojstva luke (meteorološka i geofizička). Drugi, za monitoring u luci, ima svrhu ranog otkrivanja štetnih vrsta što omogućuje veću uspješnost potom primijenjenih mjera. Mjere uključuju sprječavanje utovara balastnih voda sa štetnim vrstama i prijenosa u druge luke, ali i mjere za suzbijanje lokalnog širenja i uklanjanje uočenih alohtonih vrsta u luci. Općenito, prevencija je najbolja opcija. Od 8. rujna 2024., svaki brod bit će obvezan tretirati balastne vode sa sistemom instaliranim na brodu što značajno smanjuje brojnost organizama koje sadrže. Međutim, čak i nekoliko preostalih jedinki neke štetne vrste u balastnoj vodi može ugrožavati receptorsku luku. Kontinuirani monitoring luka, uključujući izmjenu informacija između luka, predstavljaju ključni faktor u uspješnom upravljanju balastnim vodama, a time i očuvanju bioraznolikosti svakog akvatorija.

Ključne riječi: alohtone vrste, štetne vrste, balastne vode, bioraznolikost, monitoring

Climate change increases the need for port monitoring for biodiversity conservation - is it finally time to start monitoring?

Romina, Kraus¹

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

Climate change supports better adaptation of allochthonous species to the new environment. Ships' ports represent their hotspots, where they arrive with ballast water. With the aim to protect biodiversity, the International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments was adopted in 2004, and ratified by Croatia. Based on existing knowledge on ballast water management from other countries, the international project BALMAS (IPA Adriatic) and the national project ProtectAS (ESIF) have developed guidelines for ballast water management adopted for Croatian ports. Ballast water management includes continuous biological port monitoring that enables early and timely detection of allochthonous and other harmful species, followed by the implementation of measures for rapid response, containment and eradication of the detected harmful species. Two protocols for monitoring have been developed. The first, for Port Baseline Surveys, provides insight into current species and community composition and port characteristics (meteorological and geophysical). The second, for Port monitoring, aims to detect harmful species at an early stage, allowing for greater efficiency in the measures subsequently implemented. Measures include prevention of the intake of ballast water containing harmful species and transfer to other ports, but also measures to prevent the local spread and eradication of detected allochthonous species in ports. In general, prevention is the best option. From 8 September 2024, every ship will be required to treat ballast water with a system installed on board that significantly reduces the abundance of organisms it contains. However, even a few remaining specimens of some harmful species in ballast water can endanger receptor port. Continuous port monitoring, including the exchange of information between ports, is the key factor for successful ballast water management and thus for the protection of biodiversity in any aquatorium.

Key words: allochthonous species, ballast waters, biodiversity, harmful species, monitoring

Luke na istočnoj obali Jadranskog mora i podizanje razine mora: da li smo nešto naučili?

Donat, Petricioli¹, Smiljan, Gluščević²

¹*D.I.I.V. d.o.o. za ekologiju mora voda i podzemlja, Sali IV 2, 23281 Sali, Hrvatska,* ²*Ulica bana Josipa Jelačića 22A, Zadar, Hrvatska*
e-mail: donatpetricioli@gmail.com

Na istočnoj obali Jadrana gradnja luka počinje prije više od dva tisućljeća, stvaranjem kolonija Grka, a povećava se naseljavanjem Rimljana. Rimljani su na našoj obali sagradili i koristili više desetaka luka od kojih su najpoznatije one u Savudriji, Puli, Zatonu, Zadru, Skradinu, Solinu, itd. Nakon nestanka Rimskog carstva korištenje i održavanje luka zastaje, a neke luke su i napuštene zbog dizanja morske razine. Morska razina se početkom Srednjeg vijeka (DACP) stabilizirala, a od desetog se stoljeća opet počinje dizati. Mletačka Republika i Dubrovačka Republika ponovo oživljavaju aktivnosti u lukama, Mlečani popravljaju i grade utvrđene gradove s lukama Krk, Zadar, Trogir, Hvar, a Dubrovčani uređuju luku u Gradu. Dizanje morske razine se usporava u šesnaestom stoljeću (LIA), a ponovo se ubrzava u osamnaestom. Intenzivnu izgradnju te popravak luka i riva (bilo operativnih, bilo promenadnih) obavlja Austro-Ugarska monarhija nakon smirivanja političko-pomorskih prilika na Jadranu. Mnoge od tadašnjih riva sačuvane su i do danas u neizmijenjenom obliku npr. na otoku Veli Brijun, u Puli, Rijeci, Zadru itd. Međutim, zbog starosti te ubrzanog dizanja morske razine morat će se pregrađivati i podizati. U najnovije vrijeme Republika Hrvatska gradi brojne nautičke centre, trajektna pristaništa i obnavlja luke. Iako u našim zakonskim propisima odnedavno postoji obaveza nositelja projektiranja i gradnje da se u dokumentima koji prate ove zahvate obrade klimatske promjene i podizanje morske razine to se u praksi rijetko radi. Primjeri za ovu, u svjetlu klimatskih promjena i daljnjeg podizanja razine mora, uskoro vrlo skupu grešku, su npr. „faksimilna“ obnova Zadarske rive i propusti u izgradnji trajektne luke u Gaženici. Cilj ovog priloga je ukazati na važnost pravilnog projektiranja i izgradnje novih te popravljivanja starih riva.

Ključne riječi: antičke luke, Zadarska riva, prilagodbe klimatskim promjenama

Ports on the eastern coast of Adriatic Sea and sea level rise – have we learned anything?

Donat, Petricioli¹, Smiljan, Gluščević²

¹*D.I.I.V. Ltd. For Marine, Freshwater and Subterranean Ecology, Sali IV 2, 23281 Sali, Croatia,* ²*Ulica bana Josipa Jelačića 22A, 23000 Zadar, Croatia*
e-mail: donatpetricioli@gmail.com

The construction of ports on the eastern coast of Adriatic Sea has begun more than two millennia ago, with the establishment of Greek colonies, and increased with the settlement of the Romans. The Romans built and used dozens of ports on our coast, the most famous of which are those in Savudrija, Pula, Zaton, Zadar, Skradin, Solin, etc. After the disappearance of the Roman Empire, the use and maintenance of ports was stopped, and some ports were abandoned due to sea level rise. The sea level stabilized at the beginning of the Middle Ages (DACP), and it started to rise again from the tenth century. The Republic of Venice and the Republic of Dubrovnik are reviving activities in the ports, the Venetians are repairing and building fortified cities with the ports of Krk, Zadar, Trogir, Hvar, and the people of Dubrovnik are reconstructing the harbour in the City. Sea level rise slows down in the sixteenth century (LIA) and accelerates again in the eighteenth. Intense construction and repair of harbours and waterfronts (either operational or promenade) was carried out by the Austro-Hungarian monarchy after the political and maritime situation on the Adriatic calmed down. Many of the waterfronts of that time have been preserved to this day in an unchanged form, for example those on the island Veli Brijun, in Pula, Rijeka, Zadar, etc. However, due to their age and the rapid rise of the sea level, they will have to be rebuilt and raised. Recently, the Republic of Croatia is constructing numerous nautical centres, ferry piers and renovating ports. Although in our legal regulations there has recently been an obligation for design and construction managers to include climate change and sea level rise in the documents accompanying these interventions, this is rarely done in practice. Examples of this, in the light of climate change and further sea level rise, soon to be a very expensive mistake are, for example, the "facsimile" reconstruction of Zadar's waterfront and failures in the construction of the ferry port in Gaženica. The aim of this contribution is to point out the importance of proper design and construction of new and repairing of old waterfronts.

Key words: ports in antiquity, Zadar waterfront, adaptation to climate change

Mikroalge i fotobioreaktori kao rješenje za klimatske promjene

Milena, Mičić¹, Ludovica, Rodriguez¹, Tamara, Sović Čalić¹

¹*Aquarium Pula, Ulica Verudella 33, 52100 Pula*

e-mail: milena.micic@aquarium.hr

Klimatske promjene predstavljaju jedan od najvećih izazova današnjice, a ujedno imaju i značajan utjecaj na oceane. Akvariji diljem svijeta, uključujući Aquarium Pula, aktivno sudjeluju u zaštiti morskih ekosustava i borbi protiv klimatskih promjena kroz konzervacijske projekte, edukaciju i suradnju s lokalnom zajednicom. Urbani fotobioreaktori inovativni su uređaji koji koriste mikroalge za proizvodnju kisika, smanjenje ugljičnog dioksida i pročišćavanje zraka u urbanim sredinama. Njihova najvažnija funkcija je apsorpcija CO₂ iz zraka i proizvodnja kisika. Ovisno o veličini, jedan fotobioreaktor dnevno apsorbira između 1 – 10 kg CO₂ te zamjenjuje jedno odraslo drvo ili 200 m² površine. Fotobioreaktor je probno postavljen unutar akvarija u sklopu izložbe koralja, gdje uslijed velikih gužvi dolazi do opadanja pH vrijednosti vode, što negativno utječe na koralje. Dnevnim mjerenjima uočeno je da fotobioreaktor pomaže uspješnom održavanju stabilne razine pH. Na vanjsku terasu akvarija, na približno 4 m², postavljen je prototip fotobioreaktora s fitoplanktonom *Nannochloropsis sp.* ukupnog volumena 300 L. Apsorpcijom CO₂ iz zraka poboljšava kvalitetu zraka i doprinosi smanjenju emisija CO₂ u Jadranskom moru. Biomasa koju proizvede koristi se kao gnojivo za biljke u izložbi „Šetnja s leptirima“.

Ključne riječi: mikroalge, fitobioreaktor, ugljikov dioksid

Microalgae and photobioreactors as a solution for climate change

Milena, Mičić¹, Ludovica, Rodriguez¹, Tamara, Sović Čalić¹

¹*Aquarium Pula, Ulica Verudella 33, 52100 Pula*

e-mail: milena.micic@aquarium.hr

Climate change is one of the greatest challenges of our time and has a significant impact on the oceans. Aquariums around the world, including Aquarium Pula, are actively involved in the protection of marine ecosystems and the fight against climate change through conservation projects, education and cooperation with the local community. Urban photobioreactors are innovative devices that use microalgae to produce oxygen, reduce carbon dioxide and purify air in urban environments. Their main function is to absorb CO₂ from the air and produce oxygen. Depending on its size, a single photobioreactor can absorb between 1 and 10 kg of CO₂ per day, replacing an adult tree or 200 m² of surface area. A photobioreactor has been tested in the aquarium as part of the coral exhibit. Large crowds cause the pH of the water to drop, which has a negative effect on the corals. The results of daily measurements have demonstrated that the photobioreactor is effective in maintaining a stable pH level. A prototype photobioreactor containing the phytoplankton *Nannochloropsis sp.* has been installed on the aquarium's outdoor terrace, covering an area of approximately 4 m², with a total volume of 300 liters. By absorbing CO₂ from the air, it improves air quality and contributes to the reduction of CO₂ emissions in the Adriatic Sea. The biomass produced is used as fertilizer for plants in the "Walk with Butterflies" exhibit.

Key words: microalgae, photobioreactor, carbon dioxide

Valorizacija otpada od plodova mora u kemikalije i materijale s dodanom vrijednošću

Brigita, Hočevar, Filipa, Alexandra Andre, Vicente, Uroš, Novak, Maja, Gabrič, Rok, Pogorevc, Žan, Lavrič, Matej, Huš, Miha, Grilc, Blaž, Likozar

Department of Catalysis and Chemical Reaction Engineering, National Institute of Chemistry, Hajdrihova 19, 1000 Ljubljana, Slovenia
e-mail: brigita.hocevar@ki.si

Sve veća globalna potrošnja plodova mora dovela je do paralelnog porasta otpada od plodova mora, od kojih velik dio završava na odlagalištima ili se neselektivno odbacuje. Međutim, ovaj tok otpada predstavlja vrijedan resurs za proizvodnju brojnih kemikalija i materijala s dodanom vrijednošću putem kemijske valorizacije. Među njima, hitin je najobilniji morski biopolimer koji se može ekstrahirati iz otpada ljuštura rakova biorafiniranjem. Ovo istraživanje je bilo usmjereno na izolaciju hitina iz račića i njegovu preradu u korisne kemikalije i materijale. Ovisno o ciljnom proizvodu, primijenjene su različite metode kemijske obrade kao što su deacetilacija, hidrogenacija i hidrodeoksigenacija s homogenim ili heterogenim katalizatorima. Vrlo kruta struktura hitina, zbog ekstenzivnih intra- i intermolekularnih vodikovih veza, predstavlja izazov za njegovo otapanje i deacetilaciju s većinom otapala. Duboka eutektička otapala (DES), ekološki prihvatljiva otapala koja se sastoje od akceptora vodikove veze i donora vodikove veze, mogu učinkovito otopiti hitin ometanjem njegove prirodne vodikove veze. To čini polimer pristupačnijim za daljnju kemijsku obradu. Različiti DES su bili testirani na njihovu učinkovitost u deacetiliranju hitina. Kemijska struktura hitina nudi širok raspon proizvoda, od kemikalija koje sadrže dušik, a koje se trenutno ne proizvode na održiv način, do platformskih monomera s različitim funkcionalnim skupinama koje sadrže kisik. Nakon što se optimizira, ovaj proces ima potencijal da se natječe s petrokemijskim procesima, pružajući održiviju alternativu za kemijsku proizvodnju. Razvoj i optimizacija ovih procesa ne samo da nudi održivo rješenje za upravljanje otpadom od plodova mora, već također utire put za inovativne i ekološki prihvatljive industrijske primjene.

Ključne riječi: morska biomasa, otpad, kemijska valorizacija, biokemikalije

Valorization of seafood wastes into added-value chemicals and materials

Brigita, Hočevar, Filipa, Alexandra Andre, Vicente, Uroš, Novak, Maja, Gabrič, Rok, Pogorevc, Žan, Lavrič, Matej, Huš, Miha, Grilc, Blaž, Likozar

Department of Catalysis and Chemical Reaction Engineering, National Institute of Chemistry, Hajdrihova 19, 1000 Ljubljana, Slovenia
e-mail: brigita.hocevar@ki.si

The increasing global consumption of seafood has led to a parallel increase in seafood waste, much of which ends up in landfills or is indiscriminately discarded. However, this waste stream represents a valuable resource for the production of numerous value-added chemicals and materials through chemical valorization. Among these, chitin is the most abundant marine biopolymer that can be extracted from crustacean shell waste through biorefining. This research was focused on the isolation of chitin from shrimp and its processing into useful chemicals and materials. Depending on the target product, different chemical treatment methods such as deacetylation, hydrogenation and hydrodeoxygenation with homogeneous or heterogeneous catalysts were applied. The very rigid structure of chitin, due to extensive intra- and intermolecular hydrogen bonding, poses a challenge for its dissolution and deacetylation with most solvents. Deep eutectic solvents (DES), environmentally friendly solvents consisting of a hydrogen bond acceptor and a hydrogen bond donor, can effectively dissolve chitin by disrupting its natural hydrogen bonding. This makes the polymer more accessible for further chemical processing. Various DES have been tested for their effectiveness in deacetylating chitin. The chemical structure of chitin offers a wide range of products, from nitrogen-containing chemicals, which are currently not produced sustainably, to platform monomers with various oxygen-containing functional groups. Once optimized, this process has the potential to compete with petrochemical processes, providing a more sustainable alternative for chemical production. The development and optimization of these processes not only offer a sustainable solution for seafood waste management but also pave the way for innovative and eco-friendly industrial applications.

Key words: Marine biomass, waste, chemical valorization, bio-based chemicals

Razvoj modela zasnovanoga na agentima za analizu rasprostiranja invazivnih planktonskih frakcija

Dalibor, Carević¹, Tin, Kulić¹, Goran, Lončar¹

¹*Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10 000 Zagreb*
e-mail: dalibor.carevic@grad.unizg.hr

Modeliranje zasnovano na agentima (ABM) svakako spada među inovativnije pristupe modeliranju prirodnih i društvenih procesa i sustava u kojima se oni odvijaju. ABM kao modelski pristup stavlja fokus na autonomne i interaktivne agente koji predstavljaju određene jedinke s mogućnošću prilagodbe drugim jedinkama ili pak promjenjivom okolišu u kojem se nalaze. Jedna od problematika koju je moguće sagledati primjenom ABM-a upravo je širenje invazivnih vrsta u ranom životnom stadiju upuštenih brodskim balastnim vodama u lukama Jadranskoga mora. Upravo se ispuštanje balastnih voda ističe kao jedan od najučestalijih puteva unosa invazivnih vrsta u najveći prirodni resurs Republike Hrvatske – Jadransko more. Ovim su istraživanjem detaljno analizirane karakteristične okolišne situacije pri kojima se javljaju određeni obrasci pronosa modeliranih organizama, odnosno obrasci simuliranog sekundarnog širenja sadržaja brodske balastne vode ispuštene na određenoj lokaciji unutar luke. Sam pronos analiziran je kroz rezultate numeričkih simulacija združenih kalibriranih i verificiranih hidrodinamičkih modela cirkulacije mora i izvornih ABM-a gibanja modeliranih planktonskih frakcija na prostornim domenama šireg akvatorijalnog područja luke Ploče i luke Rijeka. U okviru razvijenih ABM-a znanstveni doprinos u odnosu na dosadašnja istraživanja ostvaren je kroz definiranje matematičkih izraza za gibanje planktonskih frakcija vertikalno kroz stupac mora s obzirom na podražaje iz okoliša (3D polje temperature mora i intenzitet svjetlosti na dubini čestice). Na temelju poveznice na relaciji okolišni uvjeti-obraci pronosa dan je prijedlog operativnih mjera upravljanja balastnom vodom ukoliko postoji najava uplovljavanja broda koji planira isprazniti balastni tank unutar luke.

Ključne riječi: modeliranje zasnovano na agentima, modeliranje cirkulacije mora, upravljanje balastnim vodama, strane vrste, invazivne vrste

Development of agent-based models for the analysis of invasive plankton fractions

Dalibor, Carević¹, Tin, Kulić¹, Goran, Lončar¹

¹*Faculty of civil engineering, University of Zagreb, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10 000 Zagreb*
e-mail: dalibor.carevic@grad.unizg.hr

Agent-based modeling (ABM) is certainly one of the more innovative approaches to modeling natural and social processes and the systems in which they occur. ABM as a modeling approach focuses on autonomous and interactive agents that represent particular individuals with the ability to adapt to other individuals or to the changing environment in which they find themselves. One of the problems in the application of ABM is the spread of early life stage invasive species introduced by ballast water from ships in the ports of the Adriatic Sea. The discharge of ballast water is one of the most common ways of introducing invasive species into the largest natural resource of the Republic of Croatia – the Adriatic Sea. In this research, the characteristic environmental situations in which certain patterns of transport of modeled organisms occur, i.e. patterns of simulated secondary dispersal of the contents of a ship's ballast water discharged at a specific location within the port, were analyzed in detail. The transfer itself was analyzed based on the results of numerical simulations of the combined calibrated and verified hydrodynamic models of marine circulation and the original ABM motion models of the modeled plankton fractions in the spatial areas of the greater aquatorial area of the Port of Ploče and the Port of Rijeka. Within the developed ABMs, the scientific contribution was made in relation to previous research by defining mathematical expressions for the movement of planktonic fractions vertically through the sea column in relation to environmental stimuli (3D field of sea temperature and light intensity at the depth of the particles). Based on the relationship between environmental conditions and displacement patterns, a proposal is made for operational measures for ballast water management when the arrival of a ship planning to empty the ballast tank in port is announced.

Keywords: agent-based modelling, marine circulation modelling, ballast water management, alien species, invasive species

“Populacijski modeli male pelagične ribe temeljeni na teoriji dinamičkih energijskih proračuna (DEB)”

Elisa Donati^{1,2}, Nina Marn³, Ines Haberle^{3,4}, Cosimo Solidoro¹, Simone Libralato¹

¹Department of Oceanography, National Institute of Oceanography and Applied Geophysics – OGS, Borgo Grotta Gigante 42/c, 34010 Sgonico (TS), Italy; ²Department of Life Sciences, University of Trieste, Trieste, Italy; ³Division for Marine and Environmental Research, Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia; ⁴Department of Biological Sciences, Florida Atlantic University, Boca Raton, Florida, United States

e-mail: nmarn@irb.hr

Srdele i incuni ključni su za morske hranidbene mreže i ribarstvo, ali smanjivanje prosječne veličine u svim životnim stadijima ostaje nerazjašnjeno. Za održivo gospodarenje i razumijevanje kako će ove populacije odgovoriti na klimatske promjene, uključujući promjene u životnim karakteristikama, ključno je poboljšati naše sposobnosti predviđanja dinamike sardina i incuna. S tim u vidu, razvili smo *agent-based* populacijski model u lako dostupnom programskom jeziku Julija, u kojem se bioenergetika malih plavih riba temelji na teoriji dinamičkih energijskih proračuna (DEB). Ovaj model simulira bioenergetiku sardina i incuna u svim životnim fazama, a osnovni model temelji se na modelima za sardine i incune u AddMyPet bazi parametara i modela. Modelne simulacije uključuju temperaturu, dostupnost hrane, smrtnost ovisno o dobi (stadiju) i utjecaj ribarstva.

Razvijeni model omogućuje testiranje različitih hipoteza za smanjenje veličine: jesu li ribe manje i sazrijevaju li ranije zbog čimbenika kao što su povećanje temperature, povećanje ribolovnog pritiska ili promjene zajednice planktona? Potiču li fiziološke prilagodbe, poput smanjene energije u pubertetu ili izmijenjene reproduktivne strategije, ranije sazrijevanje i manju veličinu? Klimatske simulacije i prilagodbe DEB parametara pomoći će u testiranju različitih hipoteza i identificiranju najvjerojatnijih mehanizama.

Ključne riječi: male pelagičke ribe, populacijski model, DEB teorija, Add-my-Pet baza

“Small pelagic fish population models based on Dynamic Energy Budget (DEB) theory”

Elisa Donati^{1,2}, Nina Marn³, Ines Haberle^{3,4}, Cosimo Solidoro¹, Simone Libralato¹

¹*Department of Oceanography, National Institute of Oceanography and Applied Geophysics – OGS, Borgo Grotta Gigante 42/c, 34010 Sgonico (TS), Italy;* ²*Department of Life Sciences, University of Trieste, Trieste, Italy;* ³*Division for Marine and Environmental Research, Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia;* ⁴*Department of Biological Sciences, Florida Atlantic University, Boca Raton, Florida, United States*

e-mail: nmarn@irb.hr

Sardines and anchovies are key to marine food webs and fisheries, yet their shrinking sizes at all ages remain unexplained. Enhancing our ability to predict sardine and anchovy dynamics is essential for sustainable management and understanding how these populations will respond to climate change, including changes in life-history traits. To achieve this, we developed an agent-based population model in a freely-available programming language ‘Julia’. In the population model, bioenergetics of the small pelagic fishes is based on the Dynamic Energy Budget (DEB) theory. This model simulates sardine and anchovy bioenergetics at all life stages based on AddMyPet entries —incorporating temperature, food availability, age-dependent mortality, and fishery impacts.

The model enables testing various hypotheses for shrinking sizes: Are fish smaller and maturing earlier due to factors like temperature increase, fishing pressure increase, or plankton community changes? Are physiological adaptations, such as reduced energy at puberty or altered reproductive strategies, driving earlier maturation and smaller sizes? Climate simulations and DEB parameter adjustments will help exploration of various hypothesis and identifying the more likely mechanisms.

Keywords: small pelagics, agent-based population models, DEB theory, Add-my-Pet collection

Samoodrživi višesenzorski sustav za nadzor kvalitete stajaćih kopnenih voda

Silvija, Šiljeg¹, Ante, Šiljeg¹, Ivan, Marić¹, Fran, Domazetović¹

¹*Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Trg kneza Višeslava 9, Zadar,
e-mail:ssiljeg@unizd.hr*

U radu će biti predstavljen projekt SMART-Water (Self-sustainable Multisensor System for Monitoring Water Quality in Inland Waterbodies) odobren za financiranje u okviru poziva INTERREG VI-A IPA Programa Hrvatska – BiH – Crna Gora. Cilj projekta je poboljšati postupke praćenja i procijene kvalitete stajaćih kopnenih voda koristeći metode umjetne inteligencije i hibridno prikupljanje podataka iz različitih geoprostornih senzora. Područje istraživanja obuhvaća dio Skadarskog jezera u Crnoj Gori, Deransko jezero u BiH i Vransko jezero u Hrvatskoj. Detaljno će se objasniti radni paketi (WP), aktivnosti i uloga projektnog partnera Sveučilišta u Zadru: WP1 Aktivnost prikupljanja podataka, WP2 Modeliranje kvalitete vode na temelju in situ mjerenja, daljinskih istraživanja, regresijskih analiza, strojnog učenja i WEB GIS platforme i WP3 Uključenost zajednice i prijenos znanja. U zaključnom dijelu predložit će se smjernice na regionalnoj i lokalnoj razini kako bi se lokalne zajednice i donosioci odluka nosili s izazovima koje postavljaju klimatske promjene za učinkovitije praćenje vode u budućnosti.

Ključne riječi: stajaće kopnene vode, višesenzorski sustav, modeliranje

Self-sustainable Multisensor System for Monitoring Water Quality in Inland Waterbodies

Silvija, Šiljeg¹, Ante, Šiljeg¹, Ivan, Marić¹, Fran, Domazetović¹

¹*University of Zadar, Department of Geography, Trg kneza Višeslava 9, Zadar
e-mail:ssiljeg@unizd.hr*

The lecture will present the SMART-Water (Self-sustainable Multisensor System for Monitoring Water Quality in Inland Waterbodies) project, which was approved for funding under the INTERREG VI-A IPA program Croatia – Bosnia and Herzegovina – Montenegro. The aim of the project is to improve the monitoring and assessment procedures for the quality of standing inland waters using artificial intelligence methods and hybrid data collection by various geodata sensors. The research area includes parts of Lake Skadar in Montenegro, Lake Deransko in Bosnia and Herzegovina and Lake Vrana in Croatia. The work packages (WP), activities and the role of the project partner, the College of Zadar, are explained in detail: WP1 Data collection, WP2 Water quality modeling based on in-situ measurements, remote sensing, regression analysis, machine learning and a WEB-GIS platform, and WP3 Community engagement and knowledge transfer. The final section proposes guidelines at regional and local level to help communities and decision makers to address the challenges of climate change in order to make water monitoring more effective in the future.

Key words: standing inland waters, multi-sensor system, modeling

Mogućnosti i implikacije instalacije odobalnih vjetroparkova u Jadranskom moru

Ivana, Lučin¹, Marta, Alvir¹, Stefan, Ivić¹, Stella, Dumenčić¹

¹*Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, Vukovarska 58, 51000 Rijeka*
e-mail:ivana.lucin@riteh.uniri.hr

Plan RePowerEU ima kao cilj definirano povećanje energije vjetra na 480 GW do 2030. i 300 GW iz odobalnih vjetroelektrana kako bi se postigli ciljevi klimatske neutralnosti do 2050. Nedavni Akcijski plan za korištenje obnovljivih izvora energije na moru u Hrvatskoj (svibanj 2023.) procijenio je potencijal pučinskog vjetra na 25 GW i identificirao više od 29 000 km² područja dostupnog za obnovljive izvore energije na moru. Zbog velikog broja zaštićenih područja u sklopu Natura2000 mreže kao i zbog relativno velike dubine mora potreban je odabir prikladnih tehnoloških rješenja. U ovom radu prezentirana su moguća tehnička rješenja kao i implikacije instalacije istih na temelju prethodno provedenih istraživanja u zemljama koje imaju odobalne vjetroparkove već dulji niz godina. Navedeno će obuhvatiti implikacije negativnog utjecaja na ptice te će se prezentirati tehnološka rješenja koja mogu pomoći u navedenom problemu. Nadalje, instalacija turbina utječe na bioraznolikost u moru te su neka istraživanja pokazala da instalacija vjetroturbina može pozitivno utjecati na povećanu količinu riba na području. Navedeno otvara mogućnost zajedničkog korištenja navedenih lokacija za ribarenje što će također biti razmotreno. Trenutno se provodi istraživanje mogućnosti instalacije odobalnog vjetroparka u području između Pule i Ravenne, Italija koji bi mogao započeti 2026, s početkom rada u 2029. Planovi za ovakve projekte zahtijevaju multidisciplinarni pristup kako bi se pronašlo rješenje koje će minimizirati negativne utjecaje na okoliš zbog kompleksnih implikacija takvih projekata.

Ključne riječi: odobalne vjetroturbine, bioraznolikost, ribarenje, zaštita ptica

Implications and possibilities of offshore wind farms installations in Adriatic Sea

Ivana, Lučin¹, Marta, Alvir¹, Stefan, Ivić¹, Stella, Dumenčić¹

¹*University of Rijeka, Tehnički fakultet, Vukovarska 58, 51000 Rijeka*
e-mail: ivana.lucin@riteh.uniri.hr

The RePowerEU plan has a goal of an increase of wind energy to 480 GW by 2030 and 300 GW from offshore wind farms to achieve goals of climate neutrality by 2050. The recent Action Plan for the uptake of Offshore Renewable Energy Sources in Croatia (May, 2023) estimated offshore wind potential at 25 GW and identified more than 29,000 km² of area available for offshore renewables. Due to the large number of protected areas within the Natura2000 network, as well as the relatively deep sea, it is necessary to select suitable technological solutions. This paper presents possible technical solutions as well as the implications of their installation based on previously conducted research in countries that have had offshore wind farms for many years. The implications of the negative impact on birds and technological solutions that can help in that problem will be presented. Furthermore, the installation of turbines affects the biodiversity in the sea and some studies have shown that the installation of wind turbines can have a positive effect on fish abundance in the area. This provides the possibility of joint use of the mentioned locations for fishing, which will also be discussed. Currently, feasibility study is being carried out on the possibility of installing an offshore wind farm in the area between Pula and Ravenna, Italy, which could start in 2026, with operation expected in 2029. Plans for such projects require a multidisciplinary approach to find a solution that will minimize negative environmental impacts due to the complex implication of such projects.

Key words: offshore wind, biodiversity, fishing, bird protection

Analiza klimatskih politika RH i EU – što je potrebno i što možemo očekivati?

Nikola, Biliškov¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvatska*
e-mail: nbilis@irb.hr

Uoči parlamentarnih izbora Republike Hrvatske, Znanstvenici za klimu su objavili novi apel s nizom zahtjeva upućenih političkim strankama u pripremama za izbore. U ovom radu će biti predstavljen taj apel, uz navođenje dodatnih zahtjeva, koji se postavljaju u kontekstu okolišnih politika RH i EU. Bit će iznesena analiza političkih programa stranaka, koje su zastupljene u Saboru RH i Parlamentu EU. Dat će se osvrt na činjenicu jačanja političke desnice, uz slabljenje zelenih političkih grupacija, kao i na izazove povezane s time.

Ključne riječi: klimatske promjene, politike, Zeleni plan

Analysis of climate policies of the Republic of Croatia and the EU – what is needed and what we can expect?

Nikola, Biliškov¹

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

On the eve of the parliamentary elections of the Republic of Croatia, Climate Scientists published a new appeal, with a series of requests addressed to political parties in preparation for the elections. In this paper, that appeal will be presented, along with additional requirements, which are set in the context of the environmental policies of the Republic of Croatia and the EU. An analysis of the political programs of the parties, which are represented in the Croatian Parliament and the EU Parliament, will be presented. The fact of the strengthening of the political right, along with the weakening of the green political groups, will be reviewed, as well as the challenges associated with it.

Key words: climate change, policies, Green Deal

Kako djelovati u borbi s klimatskim promjenama i invazivnim vrstama – (a ostati) unutar pravnog okvira zakonodavstva EU?

Danijela, Mioković¹

¹*Lussijeva ulica 9, 52100 Pula*
e-mail:danimili22@gmail.com

Ovaj rad sadrži stručni pregled pravnog okvira EU i RH koji regulira zaštitu morskog okoliša i invazivne vrste. Cilj rada je upoznati znanstvenu zajednicu sa složenim administrativnim ograničenjima koja mogu predstavljati prepreku projektnim ciljevima, ali i ukazati na smjernice koje se mogu iskoristiti za učinkovito rješavanje problema.

Preklapanje zakonodavstva iz područja zaštite okoliša, iskorištavanja morskih resursa i sprečavanja širenja stranih vrsta rezultira djelomično suprotstavljenim odredbama koje su implementirane i u nacionalne zakone i propise. U RH su nadležnosti nad morskim područjem podijeljene između tri ministarstva - Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije, Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i ribarstva i Ministarstva mora, prometa i infrastrukture. U zaključku su sažeti neki od primjera dobre prakse iz susjednih zemalja i iznesene preporuke vezane uz upravljanje morskim vrstama. U RH trebamo zagovarati strožu provedbu i implementaciju postojećih propisa EU o klimatskim promjenama i invazivnim vrstama. Usprkos tome što u RH nekoliko institucija prikuplja podatke o pronalasku stranih vrsta, praćenje i dijeljenje podataka treba poboljšati te razviti standardizirane protokole praćenja. Od izuzetne je važnosti preuzeti dobre prakse, učinkovite pilot projekte i studije slučaja od zemalja koje se već bore sa štetnim vrstama i trpe posljedice za gospodarstvo. Prevencija i brzi odgovor su od najvećeg značaja. Postojeći strogi biosigurnosni protokoli i načini upravljanja balastnim vodama se kod nas nedovoljno provode, a zakonski okvir koji se odnosi na smanjenje brojnosti invazivnih vrsta izlovom i uklanjanjem je složen i ograničavajući. Razumijevanjem i iskorištavanjem pravnih okvira EU-a te jačanjem interdisciplinarnе suradnje, znanstvena zajednica može odigrati ključnu ulogu u suočavanju s izazovima koje postavljaju klimatske promjene i invazivne vrste u Jadranskom moru.

Ključne riječi: zakonski okvir, invazivne vrste, klimatske promjene, primjeri dobre prakse

Taking action on climate change and invasive species – what can be done within the legal frame of the EU legislation?

Danijela, Mioković¹

¹*Lussijeva 9, 52100 Pula*
e-mail:danimili22@gmail.com

This paper reviews the legal framework of the EU and the Republic of Croatia regulating marine environment protection and invasive species control. The aim is to familiarize the scientific community with complex administrative restrictions that may hinder project goals and to provide guidelines for effective problem-solving. Overlapping legislation in environmental protection, marine resource use, and alien species prevention leads to conflicting provisions in national laws. Good practices from neighbouring countries and recommendations for marine species management are summarized. Croatia should advocate stricter implementation of EU regulations on climate change and invasive species. While several institutions in Croatia collect data on foreign species, monitoring and data sharing need improvement, and standardized protocols should be developed. It is crucial to adopt good practices, effective pilot projects, and case studies from countries already combating harmful species and suffering economic consequences. Prevention and rapid response are essential. Despite existing biosecurity protocols and ballast water management measures, they are insufficiently implemented in Croatia. The legal framework for reducing invasive species through hunting and removal is complex and restrictive. Understanding and leveraging the EU's legal framework and boosting interdisciplinary cooperation will enable the scientific community to address the challenges posed by climate change and invasive species. Through concerted efforts to improve legal and administrative measures, the scientific community can significantly contribute to preserving the health and resilience of the Adriatic.

Key words: legal framework, invasive species, climate change, examples of good practice

Pregled i analiza zahtjeva za smanjenje ugljičnog intenziteta pomorstva prema Prilogu VI MARPOL-a

Jelena, Čulin¹

*¹Pomorski odjel Sveučilišta u Zadru, M. Pavlinovića 1
e-mail:jculin@unizd.hr*

Udjel emisija ugljikovog dioksida iz sektora pomorskog prometa iznosi oko 3% globalnih emisija iz antropogenih izvora. S obzirom na predviđeni porast potražnje za prijevozom roba i putnika brodovima, te zabilježene trendove smanjenja količina emitiranih stakleničkih plinova iz drugih sektora očekuje se i apsolutni i relativni porast navedenog udjela. Stoga Međunarodna pomorska organizacija, kao jedan od ključnih dionika u pomorskoj industriji, kontinuirano osmišlja i prati provedbu mjera i aktivnosti za povećanje energetske učinkovitosti brodova. Najvažniji instrument je Prilog VI Međunarodne konvencije o sprječavanju onečišćenja s brodova (MARPOL), čije 4. poglavlje, dodano 2011., sadrži zahtjeve za energetske učinkovitost brodova. Amandmanima iz 2021., koji su stupili na snagu 1.1. 2023., uvedeni su indeks energetske učinkovitosti postojećeg broda, radni ugljični intenzitet, te prošireni zahtjevi za sadržaj Brodskog plana za upravljanje energetske učinkovitošću. Od 2024. vrijedi obveza određivanja oznake radnog ugljičnog intenziteta A, B, C, D ili E. Rad opisuje nove zahtjeve, te analizira njihove prednosti i nedostatke.

Ključne riječi: pomorski promet, energetska učinkovitost, ugljični intenzitet, Prilog VI MARPOL-a

Review and analysis of requirements for reducing the carbon intensity of shipping according to Annex VI of MARPOL

Jelena, Čulin¹

¹*Maritime Department, University of Zadar, M. Pavlinovića 1*
e-mail:jculin@unizd.hr

The share of carbon dioxide emissions from the maritime transport sector amounts to about 3% of global emissions from anthropogenic sources. Considering the predicted increase in demand for the transportation of goods and passengers by ships, and the recorded trends in the reduction of the amount of emitted greenhouse gases from other sectors, both an absolute and a relative increase in the mentioned share is expected. Therefore, the International Maritime Organization, as one of the key stakeholders in the maritime industry, continuously designs and monitors the implementation of measures and activities to increase the energy efficiency of ships. The most important instrument is Annex VI of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL), whose Chapter 4, added in 2011, contains requirements for the energy efficiency of ships. By amendments from 2021, which entered into force on 1.1. 2023, the energy efficiency index of the existing ship, operating carbon intensity, and expanded requirements for the content of the Ship Energy Efficiency Management Plan were introduced. From 2024, the obligation to determine the working carbon intensity label A, B, C, D or E applies. The paper describes the new requirements and analyses their advantages and disadvantages.

Key words: maritime traffic, energy efficiency, carbon intensity, MARPOL Annex VI

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

Milvana, Arko-Pijevac¹

¹*Prirodoslovni muzej Rijeka, Lorenzov prolaz 1, 51000 Rijeka, Hrvatska*
e-mail: milvana@prirodoslovni.com

Jadransko more i obala izuzetan su prirodni i gospodarski resurs osjetljiv na sve intenzivnije utjecaje ljudskih aktivnosti. Krovni zakon zaštite Jadranskog mora kao prirodnog resursa je Zakon o zaštiti okoliša (NN 118/18) i Zakon o zaštiti prirode (NN [127/19](#)), dok Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama (NN 83/23) uređuje pravni status pomorskog dobra, upravljanje i gospodarsko korištenje. Svaka gospodarska djelatnost na neki način čini štetu prirodi i okolišu, od mehaničkog utjecaja do emisije raznih štetnih tvari u okoliš pa su gospodarski razvoj i očuvanje okoliša kontradiktorni pojmovi koji nalaze kompromisno rješenje u održivom razvoju odnosno uspostavljanju razvoja koji omogućava zadovoljenje potreba današnje generacije bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe. Gospodarstvo, kao i ostale društvene aktivnosti temelje se na uslugama ekosustava, a bioraznolikost je od temeljnog značaja za opću dobrobit. S ciljem održivog razvoja zakonom je definirana i šteta na pomorskom dobru (ekološka šteta). Prema Zakonu o zaštiti okoliša i Uredbi o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN 61/2014) ključni dokument za provođenje održivog razvoja je ocjena o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš (OPUO elaborat) kojim se procjenjuje utjecaj neke gospodarske djelatnosti na okoliš s mjerama zaštite okoliša i prirode. Stoga su za procjenu značaja izrada OPUO elaborata za gospodarske djelatnosti na pomorskom dobru analizirani OPUO elaborati i rješenja nadležnog Ministarstva od 2016. do 2023.g. Obrada dobivenih podataka ukazuje na zanemariv postotak primjedbi zainteresirane javnosti u tijeku javnog savjetovanja, korištenje općih podataka za prirodnu osnovu bez stvarnog pregleda mikrolokacije što često rezultira netočnim interpretacijama očuvanja bioraznolikosti mikrolokacije, izostankom poduzimanja primjerenih mjera zaštite prirode pa čak i uništavanjem strogo zaštićenih vrsta.

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) - form vs. nature and environment protection measure

Milvana, Arko-Pijevac¹

¹*Natural History Museum Rijeka, Lorenzov prolaz 1, 51000 Rijeka, Croatia*

e-mail: milvana@prirodoslovni.com

The Adriatic Sea and the coast are an exceptional natural and economic resource sensitive to the increasingly intense human impacts. The Environmental Protection Act (Official Gazette 118/18) and the Nature Protection Act (Official Gazette 127/19) serve as the umbrella laws for protecting the Adriatic Sea as a natural resource. Concurrently, the Law on Maritime Property and Sea Ports (Official Gazette 83/23) regulates the legal status of maritime property, its management, and economic use. Every economic activity inevitably impacts nature and the environment, from mechanical impact to the emission of various harmful substances. Therefore, economic development and environmental protection appear as contradictory concepts that find a compromise through sustainable development, which aims to meet the needs of today's generation without compromising the ability of future generations to meet their needs. The economy, as well as other social activities, is based on ecosystem services while biodiversity is of fundamental importance for general well-being. Aiming at sustainable development, the law also defines damage to maritime property (ecological damage). According to the Environmental Protection Act and the Decree on Environmental Impact Assessment (Official Gazette 61/2014), the key document for implementing sustainable development is the assessment of the need for an environmental impact assessment (EIA screening report). This document evaluates the impact of economic activity on the environment along with measures for environmental and nature protection. Therefore, to evaluate the importance of preparing the Environmental Impact Assessment (EIA) study for economic activities in the maritime domain, EIA studies and decisions made by the competent Ministry from 2016 to 2023 were analyzed. The analysis of the collected data reveals a minimal public feedback during the consultation process, reliance on generalized data regarding the natural environment without micro-location inspection, leading to frequent misinterpretations regarding the preservation of biodiversity at specific locations, and a lack of implementing adequate nature protection measures. All these can even result in the destruction of strictly protected species.

Keywords: Adriatic Sea, maritime property, nature and environmental protection, environmental impact assessment, protected species

Stavovi lokalne zajednice o važnosti obrazovanja i suradnje u održivom razvoju morskog ekosustava

Eli, Marušić¹, Vesna, Dobronić², Merica, Slišković¹, Željana, Pućo¹

¹*Pomorski Fakultet Sveučilišta u Splitu, Ruđera Boškovića 37, 21000 Split, Hrvatska* ²*III. gimnazija, Split, Matice hrvatske 11, 21000 Split, Hrvatska*
e-mail: emarusic@pfst.hr, vesna.dobronic@skole.hr

More i morska bioraznolikost ključni su za stvaranje dobrobiti zajednicama diljem svijeta. Također, bioraznolikost pomaže u održivosti morskog ekosustava i borbi protiv klimatskih promjena. Djelovanjem pojedinaca i skupina sve više se ugrožavaju prirodna staništa u morskom okruženju, uz evidentno smanjenje biljnih i životinjskih vrsta. Održivi razvoj morskog ekosustava zahtijeva odgovorno ponašanje svih članova zajednice, pri čemu je ključna razina ekološke svijesti. Podizanje razine ekološke svijesti i promicanje održivog razvoja morskog ekosustava moguće je postići obrazovanjem i suradnjom, te povezivanjem znanosti i istraživača s cjelokupnom zajednicom. Rast spoznaje i svijenosti o bioraznolikosti predstavljaju temelj i put za održivi razvoj ekosustava. U radu se istražuju stavovi lokalne zajednice o rastućim izazovima održivosti morskog ekosustava, korištenju morskih resursa i očuvanju biološke raznolikosti u morskom okruženju. Provedeno je anketiranje članova lokalne zajednice o ulozi obrazovanja i suradnje u održivom razvoju te važnosti povezivanja znanosti sa zajednicom za očuvanje, zaštitu i održivo korištenje biološke raznolikosti mora na primjeru Splita (Hrvatska) i okolice. Rezultati potvrđuju važnost obrazovanja u postizanju održivog razvoja i podizanju ekološke svijesti. Također ukazuju na nužnost integracije ekologije u obrazovanje i zaštitu morskog okoliša. Nadalje, rezultati ukazuju na važnost odgovornog ponašanja i povezivanja znanosti sa zajednicom u postizanju održivog razvoja. Istraživanje je pokazalo da ispitanici percipiraju važnost postizanja ciljeva održivog razvoja koji se odnose na održivo korištenje mora i morskih resursa, klimatske promjene i jačanje partnerstva za održivi razvoj.

Ključne riječi: morski ekosustav, održivi razvoj, obrazovanje, bioraznolikost, lokalna zajednica

Attitudes of the local community on the importance of education and cooperation for the sustainable development of the marine ecosystem

Eli, Marušić¹, Vesna, Dobronić², Merica, Slišković¹, Željana, Pučo¹

¹*Faculty of Maritime Studies, Ruđera Boškovića 37, 21000 Split, Croatia,* ²*III. gymnasium, Split, Matice hrvatske 11, 21000 Split, Croatia*

e-mail: emarusic@pfst.hr, vesna.dobronic@skole.hr

The sea and marine biodiversity are vital in creating well-being for communities worldwide. Also, biodiversity helps in the sustainability of the marine ecosystem and the fight against climate change. The actions of individuals and groups are increasingly endangering natural habitats in the marine environment, with an evident decline in plant and animal species. The sustainable development of the marine ecosystem requires the responsible behavior of all community members, where the level of environmental awareness is crucial. Raising ecological awareness and promoting the sustainable development of the marine ecosystem can be achieved through education and cooperation while connecting science and researchers with the entire community. The growth of knowledge and awareness about biodiversity represents the foundation and path for the sustainable development of the ecosystem. The paper explores the local community's attitudes regarding the challenges to the sustainability of the marine ecosystem, the use of marine resources, and the preservation of marine biodiversity. A survey of local community members was conducted on the role of education and cooperation in sustainable development and the importance of connecting science with the community for preserving, protecting, and conserving marine biodiversity, using the example of Split (Croatia) and its surroundings. The results confirm the importance of education in achieving sustainable development and raising environmental awareness. They also show the necessity of integrating ecology into education and protecting the marine environment. Furthermore, the results indicate the importance of responsible behavior and connecting science with the community in achieving sustainable development. The research revealed that respondents perceive the importance of achieving the SDGs related to the sustainable use of the sea and marine resources, climate change, and strengthening partnerships for sustainable development.

Key words: marine ecosystem, sustainable development, education, biodiversity, local community

Znanost i umjetnost za život u skladu s Ciljevima održivog razvoja UN-a

Jasna, Lovrinčević

Koblenz, Njemačka
e-mail: jasna@tiha.de

Suradnja znanosti i umjetnosti vidljiva je još od antičkog doba; od Pitagorinog brojčanog izražavanja glazbenih intervala te povezivanja astronomije s geometrijom i glazbom, posebno kroz srednjovjekovlje u vidu sustava septem artes liberales i to kvadrivija koji se sastojao od aritmetike, geometrije, astronomije i glazbe. Sinergija znanosti i umjetnosti očita je u djelovanju pojedinaca koji su u isto vrijeme bili i umjetnici i znanstvenici. Leonardo da Vinci je čak želio slikarstvu dati status znanosti. Znanost i umjetnost imaju centralno mjesto u programu Svjetske akademije znanosti i umjetnosti, osnovane 1960. godine. Ona je pozvala umjetnike da budu na raspolaganju znanosti u smislu njenog promoviranja na dobrobit cijelog čovječanstva ali je pozvala i na podršku znanstvenicima kao i umjetnicima. Jenska deklaracija, usvojena 2022. u Jeni, koja je dala impetus ubrzanju ostvarenja Sedamnaest ciljeva Ujedinjenih naroda za održivi razvoj, naglasila je također važnost povezivanja umjetnosti i socijalnih znanosti u kreiranju održive budućnosti na dobrobit svih ljudi. Jedan od ciljeva za održivi razvoj Ujedinjenih naroda, pod brojem četrnaest je podvodni svijet. Postojanjem opravdane zabrinutosti u uspjeh ostvarenja ovih ciljeva do 2030. godine, Jenska deklaracija kako bi pomogla, pošla je od toga da uzroke problema obuhvaćenih UN-ovim planom treba smjestiti više u okvir društva nego okoliša te pozvala na sveobuhvatnu promjenu društva koja bi trebala krenuti od pojedinca. Pri tome je značajnu ulogu dala svim oblicima umjetnosti s naglaskom na novu estetiku i etiku. Umjetnost koja je sposobna izazvati emocije i razmišljanje, trebala bi proširiti horizonte i otvoriti nove perspektive za život u skladu s ciljevima održivog razvoja.

Ključne riječi: umjetnost, Jenska deklaracija, nova estetika

Science and Art for Living in Accordance With the UN Goals of Sustainable Development

Jasna, Lovrinčević

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

The cooperation between science and art has been visible since ancient times; from Pythagoras' numerical expression of musical intervals and the connection of astronomy with geometry and music, especially through the Middle Ages in the form of the septem artes liberales system, i.e. the quadrivium, which consisted of arithmetic, geometry, astronomy and music. The synergy of science and art is evident in the work of individuals who were both artists and scientists at the same time. Leonardo da Vinci even wanted to give painting the status of a science. Science and art have a central place in the program of the World Academy of Art and Science, founded in 1960. The Academy called on artists to be at the disposal of science in terms of promoting it for the benefit of all humanity, but it also called for support for scientists as well as artists. The Jena Declaration, adopted in 2022 in Jena, which gave impetus to the acceleration of the achievement of the seventeen goals of the United Nations for sustainable development, also emphasized the importance of connecting art and social sciences in creating a sustainable future for the benefit of all people. One of the goals for sustainable development of the United Nations, under number fourteen, is the underwater world. Due to the existence of justified concern for achievement of these goals till 2030, the Jena Declaration, in order to help, started from the premise that the causes of the problems covered by the UN plan should be placed more within the framework of society than the environment, and it called comprehensive change of society that should start from the individual. In doing so, it gave a significant role to all forms of art with an emphasis on new aesthetics and ethics. Art that is capable to provoke emotions and thinking should expand horizons and open new perspectives for living in accordance with the goals of sustainable development.

Key words: art, Jena Declaration, new aesthetics

Održivi razvoj u školskom kurikulumu: fokus na morske ekosustave i klimatske promjene

Mirela, Sertić Perić¹, Diana, Garašić², Borjanka, Smojver³, Sanja, Fabac^{4,5}, Lydia, Lugar⁶, Marina, Ništ⁷

¹Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Ravnice 48, 10000 Zagreb, ²Agencija za odgoj i obrazovanje, Donje Svetice 38, 10000 Zagreb (umirovljena savjetnica), ³Agencija za odgoj i obrazovanje, Podružnica Rijeka, Trpimirova 6, 51000 Rijeka (umirovljena savjetnica), ⁴Gimnazija Vladimira Nazora Zadar, Perivoj Vladimira Nazora 3/2, 23000 Zadar, ⁵Agencija za odgoj i obrazovanje, Podružnica Split, Tolstojeva 32, 21000 Split, ⁶Agencija za odgoj i obrazovanje, Donje Svetice 38, 10000 Zagreb, ⁷Agencija za odgoj i obrazovanje, Podružnica Osijek, Strossmayerova 6/1, 31000 Osijek
e-mail:msertic@biol.pmf.hr

Obrazovanje za održivi razvoj ključni je pokretač održivog razvoja, osposobljavajući mlade za neizvjesnu budućnost. Održivi razvoj često se pogrešno povezuje isključivo s ekološkim temama, zanemarujući gospodarski i društveni aspekt koji uzrokuje neravnotežu u okolišu te gospodarsku i društvenu nejednakost. Stoga je nužno informirati buduće generacije o sveobuhvatnosti održivog razvoja i pripremiti ih na djelovanje u skladu s načelima održivosti. U Hrvatskoj se održivi razvoj uvodi u formalno obrazovanje 2019. godine kao obvezna međupredmetna tema u nacionalni kurikulum. Svrha međupredmetne teme Održivi razvoj je razumijevanje povezanosti osnovnih sastavnica održivog razvoja (okoliš, gospodarstvo, društvo), razvijanje praktičnih vještina, poduzetnosti, kritičkog mišljenja i sposobnosti prilagodbe na promjene. Teme i odgojno-obrazovna očekivanja međupredmetne teme Održivi razvoj u hrvatskom školstvu uglavnom se povezuju s odgojno-obrazovnim ishodom pojedinih predmeta te kroz učeničke istraživačke projekte u sklopu izvanučioničke nastave ili izvannastavnih aktivnosti. Mnogi učenički projekti s komponentom održivog razvoja predstavljaju se na državnom Natjecanju iz biologije i drugim smotrama i natjecanjima koje organizira Agencija za odgoj i obrazovanje (npr. Smotra i natjecanje hrvatskih GLOBE škola, Smotra biosigurnost - biozaštita, Natjecanje i smotra Opisujemo sustave, Smotra projekata iz područja građanskog odgoja i obrazovanja u povezanosti s drugim međupredmetnim temama – Projekt građanin te projekt SEMEP). Ovo izlaganje daje pregled zastupljenosti tema vezanih uz morske ekosustave i klimatske promjene u učeničkim istraživačkim projektima na spomenutim smotrama i natjecanjima od 2019./2020. do 2023./2024. školske godine. Uvid u zastupljenost tih tema u hrvatskom kurikulumu može poslužiti kao temelj za akcijski plan i ciljano uvrštavanje podzastupljenih tema, potičući djecu na istraživanje koje će osigurati efikasnije ostvarenje ciljeva održivog razvoja.

Ključne riječi: SDGs, bioraznolikost, obrazovni sustav, održivost, globalne promjene

Sustainable development in the school curriculum: Focus on marine ecosystems and climate change

Mirela, Sertić Perić¹, Diana, Garašić², Borjanka, Smojver³, Sanja, Fabac^{4,5}, Lydia, Lugar⁶, Marina, Ništ⁷

¹*University of Zagreb, Faculty of science, Department of biology, Ravnice 48, 10000 Zagreb,* ²*Education and Teacher Training Agency, Donje Svetice 38, 10000 Zagreb (retired counselor),* ³*Education and Teacher Training Agency, Rijeka branch office, Trpimirova 6, 51000 Rijeka (retired counselor),* ⁴*Gymnasium Vladimir Nazor Zadar, Perivoj Vladimira Nazora 3/2, 23000 Zadar,* ⁵*Education and Teacher Training Agency, Split branch office, Tolstojeva 32, 21000 Split,* ⁶*Education and Teacher Training Agency, Donje Svetice 38, 10000 Zagreb,* ⁷*Education and Teacher Training Agency, Osijek branch office, Strossmayerova 6/1, 31000 Osijek*
e-mail:msertic@biol.pmf.hr

Education for sustainable development is a key factor for sustainable development, preparing young people to face uncertain future. Often, sustainable development is narrowly linked to environmental issues, overlooking the economic and social factors that contribute to environmental imbalances and inequality. Hence, it is essential to inform future generations about the comprehensive concept of sustainable development, equipping them to act according to its principles. In Croatia, sustainable development was included into the national curriculum as a compulsory cross-curricular topic in 2019. The aim of this topic is to understand the connection between the core components of sustainable development (environment, economy, society), while developing practical skills, entrepreneurial and critical thinking, and adaptability to change. In Croatian education, the themes and expectations of this topic are mostly integrated with the outcomes of individual subjects, and through student research projects conducted outside the classroom or in extracurricular activities. Many student projects with a focus on sustainable development are presented at the State Biology Competition and other exhibitions and competitions organized by the Education and Teacher Training Agency, such as the Croatian GLOBE School Competition and Exhibition, Biosecurity - Bioprotection Competition, We Describe Systems Competition and Exhibition, and the Citizen Project and SEMEP projects from civic education. This presentation offers an overview of the topics related to marine ecosystems and climate change in student research projects from these exhibitions and competitions, covering the school years from 2019/2020 to 2023/2024. Analyzing the representation of these topics in the Croatian curriculum can serve as a basis for an action plan to include underrepresented subjects, encouraging students to engage in research and contributing more effectively to achieving the Sustainable Development Goals.

Keywords: SDGs, biodiversity, education system, sustainability, global change

Projekt SEMEP - interdisciplinarni pristup u poučavanju o klimatskim promjenama

Marina Ništ¹, Marica Kučan², Sanja Fabac³

¹Agencija za odgoj i obrazovanje, Podružnica Osijek, Strossmayerova 6/1, 31000 Osijek, Hrvatska,
²Pomorska škola Bakar, Nautička ul. 14, 51222 Bakar, Hrvatska, ³Gimnazija Vladimira Nazora, Zadar,
Perivoj Vladimira Nazora 3/II, 23000 Zadar, Hrvatska
e-mail:marina.nist@azoo.hr

SEMEP (South-Eastern Mediterranean Environmental Project) je interdisciplinarni UNESCO-ov projekt odgoja i obrazovanja za okoliš, namijenjen nastavnicima i učenicima u cilju poticanja odgoja i obrazovanja za održivi razvoj na području Mediterana. Cilj SEMEP-a je edukacija o povijesnim, kulturološkim, prirodnim, socijalnim i ekološkim vrednotama. Potiče holistički i interdisciplinarni pristup izrade učeničkih projekata tijekom školske godine te aktivno promiče znanstvenu metodologiju u istraživanju društvenih i prirodnih znanosti. Ove se godine održava 25. ljetna škola na otoku Visu i tim se povodom priprema brošura u kojoj će škole sudionice predstaviti svoja višegodišnja postignuća. Cilj održavanja Ljetne škole je susret i razmjena iskustava među učenicima i nastavnicima. Učenici samostalno predstavljaju svoje projekte, a zajedno s nastavnicima sudjeluju u radionicama o ekološkim problemima, životu u moru, komunikaciji, kulturnoj i jezičnoj baštini RH i sličnim temama. Osim radionica organiziraju se stručna predavanja, druženje, proučavanje prirodnih i kulturnih znamenitosti otoka Visa. Da bi učenici zornije doživjeli klimatske promjene, obavezan je i terenski dio, posjeti Modroj ili Zelenoj spilji, uvali Stiniva, Stončica ili Srebrna, selu Dragodid, na kojem učenici u izvornoj stvarnosti utvrđuju stanje okoliša i povremeno sudjeluju u akcijama saniranja nepoželjnih pojava. Osim ljetne škole, svake se godine organiziraju interdisciplinarni stručni skupovi za voditelje projekta u školama. Ovo izlaganje sadrži prikaz nekoliko zanimljivih učeničkih projekata, zajedničkih radionica, predavanja i drugih aktivnosti provedenih tijekom godina. SEMEP je važan segment u odgoju i obrazovanju za održivi razvoj u hrvatskom školstvu, nedostatan zastupljen u okviru obveznih nastavnih programa, a potiče interdisciplinarni pristup u poučavanju o klimatskim promjenama.

Ključne riječi: učenički projekti, interdisciplinarni pristup, poučavanje o klimatskim promjenama

The SEMEP project - an interdisciplinary approach in teaching about climate change

Marina Ništ¹, Marica Kučan², Sanja Fabac³

*¹Education and Teacher Training Agency, Branch office Osijek, Strossmayerova 6/1, 31000 Osijek, Croatia, ²Maritime College Bakar, Nautička ul. 14, 51222 Bakar, Croatia, ³Gymnasium Vladimira Nazora, Zadar, Perivoj Vladimira Nazora 3/II, 23000 Zadar, Croatia
e-mail:marina.nist@azoo.hr*

SEMEP (South-Eastern Mediterranean Environmental Project) is an interdisciplinary UNESCO environmental education project, intended for teachers and students in order to encourage education for sustainable development in the Mediterranean area. The goal of SEMEP is education about historical, cultural, natural, social and ecological values. It encourages a holistic and interdisciplinary approach in creating student projects during the school year and actively promotes scientific methodology in social and natural science research. This year, the 25th Summer School will be held on the island of Vis, and on this occasion, a brochure is being prepared in which the participants of the school will present their achievements over the years. The aim of the Summer School is to meet and exchange experiences between students and teachers. Students present their projects independently, and together with teachers participate in workshops on environmental problems, life in the sea, communication, cultural and linguistic heritage of the Republic of Croatia and similar topics. In addition to workshops, professional lectures, gatherings, and study of the natural and cultural sights of the island of Vis are organized. In order for students to experience climate change more clearly, the field part is also mandatory, visiting the Blue or Green Cave, Stiniva Bay, Stončica or Srebrna, the village of Dragodid, where students determine the state of the environment in original reality and occasionally participate in actions to rehabilitate undesirable phenomena. In addition to summer schools, each year school coordinators participate at interdisciplinary expert meetings. This presentation contains an overview of several interesting student projects, joint workshops, lectures and other activities carried out during the years. SEMEP is an important segment in upbringing and education for sustainable development in Croatian education system, insufficiently represented in the framework of compulsory curricula, and it encourages an interdisciplinary approach in teaching about climate change.

Keywords: student projects, interdisciplinary approach, teaching about climate change

Obrazovanje o klimatskim promjenama i njihovom utjecaju na mora i oceane u OŠ Josip Pupačić u Omišu

Tamara, Banović¹, Ivica, Štrbac¹

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

Obrazovanje je ključ za podizanje generacija djece koji će živjeti u skladu s prirodom, a ne nauštrb nje. Od izuzetnog je značaja učenike upoznati s klimatskim promjenama i kako one utječu na mora i oceane te život u njima. Jedan od najznačajnijih programa koji se provodi, kada je o učenju o okolišu riječ, je GLOBE program. U GLOBE programu učenici pod vodstvom educiranih GLOBE učitelja koji su ujedno i certificirani GLOBE treneri za Europu i Euroaziju, u bližem okolišu škole obavljaju mjerenja i opažanja te na temelju rezultata uočavaju promjene koje nas okružju i donose zaključke. Vrlo važan obol oceanografskoj pismenosti daju rezultati učeničkih desetogodišnjih mjerenja fizikalno-kemijskih svojstava vode na tri mjerene postaje: morska voda, boćata voda i voda rijeke Cetine. Jedna smo od malobrojnih hrvatskih škola koja je svojim projektom o važnosti očuvanja Jadranskog mora i obale zavrijedila priznanje *Europske Plave škole*. Učenici kontinuirano rade na razvijanju vještina oceanske pismenosti organiziranjem i provođenjem edukativnih radionica, ekoloških akcija i buđenjem svijesti o očuvanju mora i oceana. Njihov trud i rad koalicija EU4Ocean prepoznala je kao vrlo inspirativan te su školi dodijelili priznanje Najbolje Plave škole Europe u 2023. U suradnji s CI SDŽ i Centrom za darovite iz Izraela provodimo projekt Mother Earth unutar kojega membranskom filtracijom analiziramo prisustvo mikroplastike u vodama i učimo o utjecaju klimatskih promjena na izbjeljivanje koralja. Proučavali smo albedo učinak i globalno zatopljenje, učili kako klimatske promjene utječu na morske struje i gustoću morske vode. Sudjelujemo u različiti natjecajima pa su tako naši učenici svojim likovnim radovima obogatili knjigu u projektu *Mediterranski dan obale*, a od Hrvatskih voda naš projekt *Sanitarna ispravnost morske vode i školjkaša u omiškoj gradskoj luci* proglašen je najboljim. Navedeni primjeri mogli bi biti poticaj ostalim učiteljima da se uključe u neke od navedenih aktivnosti.

Ključne riječi: oceanska pismenost, Mother Earth, EU Blue School, klimatske promjene, obrazovanje

Education about climate change and its impact on seas and oceans at Josip Pupačić Elementary School in Omiš

Tamara, Banović¹, Ivica, Štrbac¹

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

Education is essential for fostering generations who will live harmoniously with nature. It's crucial to educate students about climate change and its effects on seas, oceans, and marine life. One significant program in environmental education is the GLOBE program, where students, guided by trained GLOBE teachers, conduct measurements and observations in their local environment to identify changes and draw conclusions. A notable contribution to oceanographic literacy comes from students' decade-long measurements of water properties at three stations: seawater, brackish water, and the Cetina River. Our school is one of the few in Croatia recognized as a European Blue School for our project on preserving the Adriatic Sea and its coast. Students develop ocean literacy through workshops, environmental actions, and awareness campaigns. The EU4Ocean coalition awarded our school the Best Blue School in Europe in 2023. In collaboration with CI SDŽ and the Center for Gifted Persons from Israel, we are executing the Mother Earth project, analyzing microplastics in water via membrane filtration and studying the impact of climate change on coral bleaching. We explored the albedo effect, global warming, and how climate change affects sea currents and water density. Our students also participated in various competitions, contributing artworks to the Mediterranean Day of the Coast project, and our project on the sanitary integrity of seawater and shellfish in the Omiš harbor was recognized as the best from Croatian waters. These examples could inspire other educators to engage in similar activities.

Key words: ocean literacy, Mother Earth, EU Blue School, climate change, education

Istraživanje učenika osnovne škole o utjecaju klimatskih promjena i zakiseljavanja mora na morske organizme

Anita, Mustać¹

¹*Osnovna škola Šime Budinića Zadar*
e-mail: anita.mustac@skole.hr

Suvremeno doba donosi za planet Zemlju velike ekološke izazove: sve veći broj stanovnika, veću potrošnju prirodnih dobara i neobnovljivih izvora energije. Pri tome dolazi do sve većeg onečišćenja tla, vode i zraka. Sagorijevanjem fosilnih goriva u domaćinstvu, prometu i industriji nastaju plinovi koji pridonose učinku staklenika i pojavi kiselih kiša (ugljkov dioksid, sumporov dioksid...). U atmosferi je sve veća količina ugljikovog dioksida. Njega koriste šume i oceani za proces fotosinteze pri kojem nastaje kisik i šećer. Krčenjem šuma nestaju prirodni potrošači ugljikovog dioksida te se on sve više otapa u vodi i oceanima. Događaju li se pri tome promjene u kemijskom sastavu vode i mora? Povišenjem temperature zraka zagrijavaju se tlo i voda što izaziva klimatske promjene. Cilj projekta je osvijestiti učenike 6. razreda o opisanoj problematici tijekom svladavanja nastavnog sadržaja o čovjekovom utjecaju na okoliš (učinak staklenika, kisele kiše) i klimatskim promjenama. Učenici su istražili različite izvore literature te su mjerili fizikalno-kemijska svojstva mora tijekom školske godine na različitim lokacijama u Zadru (temperaturu i kiselost mora). Pomoću pokusa uočili su i dokazali utjecaj promjena fizikalno-kemijskih svojstava mora na živa bića u moru. Tijekom provedbe pokusa promatrali su utjecaj octene kiseline na kedu i ljusku jaja te ga usporedili s utjecajem octene kiseline na ljušturu školjkaša, puževa i ježinaca. Pratili su vrijednosti fizikalno-kemijskih svojstva mora mjerenjem temperature i kiselosti mora. Učenici su iskoristili rezultate pokusa i istraživanja za zaključivanje o štetnom utjecaju zakiseljavanja mora na organizme u moru.

Ključne riječi: klimatske promjene, kiselost mora, morski organizmi

Primary School Students' Research on the Impact of Climate Change and Sea Acidification on Marine Organisms

Anita, Mustać¹

¹*Elementary School Šime Budinić Zadar*
e-mail: anita.mustac@skole.hr

The modern era brings great ecological challenges for the planet Earth: an increasing number of inhabitants, greater consumption of natural resources and non-renewable energy sources. At the same time, soil, water, and air pollution is increasing. Combustion of fossil fuels in households, transport and industry produces gases that contribute to the greenhouse effect and the occurrence of acid rain (carbon dioxide, sulfur dioxide...). There is an increasing amount of carbon dioxide in the atmosphere. It is used by forests and oceans for the process of photosynthesis, which produces oxygen and sugar. Deforestation eliminates the natural consumers of carbon dioxide, and it dissolves more and more in water and oceans. Are there changes in the chemical composition of the water and the sea? An increase in air temperature warms the soil and water, which causes climate change. The goal of the project is to make 6th grade students aware of the described problem while mastering the teaching content on human impact on the environment (greenhouse effect, acid rain) and climate change. The students researched various sources of literature and measured the physico-chemical properties of the sea during the school year at different locations in Zadar (temperature and acidity of the sea). Using experiments, they observed and proved the impact of changes in the physical and chemical properties of the sea on living creatures in the sea. During the experiment, they observed the effect of acetic acid on chalk and eggshell and compared it with the effect of acetic acid on the shells of bivalves, snails and sea urchins. They monitored the values of the physico-chemical properties of the sea by measuring the temperature and acidity of the sea. Students used the results of experiments and research to draw conclusions about the harmful effects of sea acidification on marine organisms.

Key words: climate change, sea acidity, marine organisms

Prepoznavanje važnosti i prijedlog dodatne zaštite područja pod utjecajem valova zarobljenih uz otok – Park prirode Lastovsko otočje

Zrinka, Ljubešić¹, Antonija, Matek¹, Maja, Mucko¹, Sunčica, Bosak¹, Hrvoje, Mihanović², Mirko, Orlić³, Hrvoje, Čižmek⁴, Barbara, Čolić⁴, Davor, Lučić⁵, Branka, Pestorić⁶, Eric P., Achterberg⁷, Raffaella, Casotti⁸, Damir, Viličić¹

¹ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Biološki odsjek, Horvatovac 102A, 10000 Zagreb, ² Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21 000 Split, ³ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Geofizički odsjek, Horvatovac 95, 10000 Zagreb, ⁴ Društvo istraživača mora 20 000 milja, Put Bokanjca 26A, 23000 Zadar ⁵ Sveučilište u Dubrovniku, Institut za more i priobalje, Ulica kneza Damjana Jude 12, 20 000 Dubrovnik, ⁶ Univerzitet Crne Gore, Institut za Biologiju mora, Put I bokeljske brigade 68, 85330 Kotor, Crna Gora, ⁷ GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Wischhofstr. 1-3, 24148 Kiel, Njemačka, ⁸ Department of Integrative Marine Ecology, Stazione Zoologica Anton Dohrn, Villa Comunale, 80121 Napoli, Italija
e-mail: zrinka.ljubestic@biol.pmf.hr

Pojava valova zarobljenih uz otok je značajan oceanografski fenomen koji je do sada zabilježen na samo nekoliko mjesta na svijetu (npr. Bermudi, Havaji, Gotland, ali i Lastovo u Jadranu). Takvi valovi su tip obalom zarobljenih valova, koji utječu na vertikalne pomake piknokline. S obzirom na porast temperature mora i intenziviranje stratifikacije uslijed klimatskih promjena, prepoznavanje tzv. „vrućih točaka“ u kojima dolazi do povećanja primarne proizvodnje i njihova adekvatna zaštita ključni su za kvalitetno upravljanje prirodnim resursima. Kako bismo testirali učinak spomenutih valova na primarnu proizvodnju i definirali Lastovsko otočje kao „vruću točku“ primarne proizvodnje, proveli smo interdisciplinarno istraživanje, te su tijekom razdoblja stratifikacije 2021. i 2022. na strmce otoka postavljeni temperaturni senzori, a 2022. dodani su i senzori za mjerenje fotosintetske aktivne radijacije. Provedena su intenzivna brodska mjerenja i uzorkovanja u priobalnom području tijekom srpnja 2021. i 2022. Kao dodana vrijednost, eksperiment obavljen 2022. bio je baziran na adaptivnoj strategiji pri čemu su se koristili meteorološki i oceanografski modeli u izradi prognoza koje su omogućile optimizaciju mjerenja i uzorkovanja. Time su dobiveni podatci visoke vremenske rezolucije, koji su uključivali razdoblje prije, za vrijeme i nakon pojave fenomena. Tijekom stratifikacije u obje godine dokumentirano je više valnih epizoda, koje su bile praćene vertikalnim pomacima termokline. Ti su pomaci doveli do vertikalnog uzdizanja hranjivih soli, ali i sloja dubokog maksimum klorofila. Zabilježen je odgovor na takve epizode u sastavu i ekološkoj funkciji bakterioplanktona, dok eukariotski plankton nije pokazao razlike ni u strukturi zajednice ni u brojnosti. U sloju termokline određena je povećana primarna proizvodnja tijekom spomenutih epizoda, ukazujući na specifičnost područja i potrebu za dodatnom zaštitom.

Ključne riječi: Lastovo, valovi zarobljeni uz otok, primarna proizvodnja, zaštićena područja u moru

Recognizing the importance and proposal for additional protection of the area under the influence of island trapped waves – Lastovsko otočje Nature Park

Zrinka, Ljubešić¹, Antonija, Matek¹, Maja, Mucko¹, Sunčica, Bosak¹, Hrvoje, Mihanović², Mirko, Orlić³, Hrvoje, Čižmek⁴, Barbara, Čolić⁴, Davor, Lučić⁵, Branka, Pestorić⁶, Eric P., Achterberg⁷, Raffaella, Casotti⁸, Damir, Viličić¹

¹ University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Horvatovac 102A, 10000 Zagreb, Croatia, ² Institute of Oceanography and Fisheries, Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21 000 Split, Croatia, ³ University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Geophysics, Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Croatia, ⁴ Marine Explorers Society 20.000 leagues, Put Bokanjca 26A, 23000 Zadar, Croatia, ⁵ University of Dubrovnik, Institute of Marine and Coastal Research, Ulica kneza Damjana Jude 12, 20 000 Dubrovnik, Croatia, ⁶ University of Montenegro, Institute of Marine Biology, Put I bokeljske brigade 68, 85330 Kotor, Montenegro, ⁷ GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Wischhofstr. 1-3, 24148 Kiel, Germany, ⁸ Department of Integrative Marine Ecology, Stazione Zoologica Anton Dohrn, Villa Comunale, 80121 Naples, Italy
e-mail: zrinka.ljubestic@biol.pmf.hr

Island trapped waves (ITWs) are a unique oceanographic phenomenon that has been recognized only at a few locations worldwide so far (e.g., Bermuda, Hawaii, Gotland, but also Lastovo in the Adriatic). ITWs are a type of coastal trapped waves, which cause vertical displacements of the pycnocline around the island. Considering the ongoing climate change, which causes rise in sea temperature and more intense stratification, recognition and adequate protection of the "hot spots" of primary production are crucial in efficient management of natural resources. In order to test the effect of ITWs on primary production, we have conducted interdisciplinary research during the stratification period in 2021 and 2022. Temperature sensors and PAR sensors were mounted on the vertical cliffs of the island. Intense ship-based measurements and sampling were carried out in the coastal area during July 2021 and 2022. Additionally, an adaptive sampling strategy was applied in 2022, following the forecasts determined in real time based on meteorological and oceanographic models. This resulted in high time resolution data, which included the period before, during and after the phenomenon. During the stratification in both years, several ITW episodes occurred and vertical displacements of the thermocline have been followed by nutrient flux and the diurnal variation of deep chlorophyll *a* maximum layer depth. The response to ITWs was detected in the composition and ecological function of bacterioplankton, while eukaryotic plankton showed no differences in either community structure or abundance. In the thermocline layer, increased primary production was observed during the ITW episodes, indicating the importance of the researched area and the need for additional protection.

Key words: Lastovo, island trapped waves, net primary production, no-take zone

Morski ekološki leksikon – podučavanje oceanske pismenosti u osnovnim školama

Anita Šimac¹, Margarita, Morić¹

¹*Osnovna škola Petra Preradovića Zadar, Zadar, Hrvatska*
e-mail: anita.simac@skole.hr , margarita.miletic@skole.hr

Oceanska pismenost i obrazovanje o klimatskim promjenama postepeno postaju dio školskih programa. Glavni cilj ovog projekta bila je edukacija učenika osnovne škole o očuvanju morskih ekosustava, s naglaskom na važnost biološke raznolikosti, te razvijanje osjećaja odgovornosti prema zaštiti oceana. Učitelji i partnerske nevladine organizacije su proveli obrazovanje učenika o Globalnim ciljevima održivog razvoja (SDGs) i njihovoj povezanosti s rješavanjem globalnih izazova kao što su klimatske promjene i zagađenje plastikom. Učenici su proveli opsežna istraživanja o biološkoj raznolikosti Jadranskog mora i nacrtali, napisali tekst i snimili zvučne zapise o odabranoj temi. Cilj je bio izrada interaktivne knjige “Morski ekološki leksikon”. Učenici su proveli i praktičnu aktivnost reciklaže i smanjenja otpada, pretvarajući korištene čepove boca u umjetnička djela kao što je školski mural. Kako bi proširili svoju poruku, izradili su videozapis koji dokumentira njihov rad, od početne faze istraživanja do konačnih kreacija, nadahnjujući druge da se pridruže njihovoj inicijativi. Projekt je uključivao i suradnju u lokalnoj zajednici putem radionica za djecu vrtićkog uzrasta i njihove odgojitelje, kao i edukacije za vršnjake unutar škole. Kao zaključak možemo reći da se obrazovanje o klimatskim promjenama i oceanskoj pismenosti može izvoditi na jednostavan i zabavan način, a prikupljena znanja se mogu dalje diseminirati unutar različitih razina obrazovnog sustava, kao i s učenika na učenika.

Ključne riječi: morski leksikon, oceanska pismenost, bioraznolikost, reciklaža plastike, obrazovanje

Marine ecological lexicon - teaching ocean literacy in primary schools

Anita, Šimac¹, Margarita, Morić¹

¹ *Elementary school Petra Preradovića Zadar, Zadar, Croatia*
e-mail: anita.simac@skole.hr, margarita.miletic@skole.hr

Ocean literacy and climate change education are slowly becoming part of the school curricula. The primary objective of this project was to educate primary school students about marine conservation, emphasizing the importance of biodiversity and instilling a sense of responsibility towards the oceans. Teachers and partner NGOs educated students about the Sustainable Development Goals (SDGs) and their relevance in handling global challenges such as climate change and plastic pollution. Students conducted extensive research on the Adriatic Sea's biodiversity and created drawings and texts on their chosen topics and recorded audio descriptions. The goal was the development of an interactive digital book "Marine ecological lexicon". Students also took tangible action by participating in recycling and waste reduction initiatives through hands-on activities, such as transforming plastic waste into art and creating a bottle top mural. To amplify their message, the students produced videos documenting their journey, from the initial research phase to the final creations, inspiring others to join their cause. The project also involved community engagement and outreach through workshops for kindergarten children and their teachers as well as colleagues in school. In conclusion, climate change and ocean literacy can be taught in simple, entertaining ways, and the gathered knowledge can then be shared across different levels of education, or through peer-to-peer interactions.

Key words: marine lexicon, ocean literacy, biodiversity, plastics recycling, education

Multidisciplinarna istraživanja epizoda donosa i taloženja pustinjske prašine na Jadran

Boris, Mifka¹, Maja, Telišman Prtenjak², Irena, Ciglonečki³

¹*Fakultet za Fiziku, Sveučilište u Rijeci, Rijeka*

²*Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb*

³*Laboratorij za fiziku mora i kemiju vodenih sustava, Zavod za istraživanje mora i okolisa, Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

e-mail: boris.mifka@phy.uniri.hr

Pustinjska prašina jedna je od najzastupljenijih vrsta atmosferskog aerosola s višestrukim utjecajem na klimu i ekosustave. Pri taloženju u more ona donosi nutrijente ključne za pokretanje primarne proizvodnje. Atmosferski modeli su ključni alat za procjenu količine emisija, koncentracije i taloženja. Za određivanje sinoptičkih uvjeta vezanih uz epizode taloženja u Jadran korišteni su 30-godišnji nizovi meteoroloških podataka i podataka o aerosolu iz reanalize MERRA-2 u razdoblju 1989.-2019. Iako su takvi događaji sporadični, pokazalo se da na Jadranu postoji godišnji hod taloženja s jačim maksimumom u proljeće i slabijim u jesen. Metodom EOF pokazalo se da kod epizoda taloženja u Jadranu dominiraju dvije situacije. Duboka Sharav ciklona koja se formira u zavjetrini gorja Atlas potaknuta temperaturnim gradijentom putuje prema istoku duž afričke obale i donosi prašinu u proljeće. Druga situacija vezana je uz pojavu visinske doline i donos prašine u jugozapadnoj struji zraka. Učinak taloženja prašine na primarnu produkciju uočen je visokom razinom zasićenosti kisikom do 250 % u stratificiranom srednjem vodenom sloju morskog sustava srednjeg Jadrana (Rogozničkog jezera) tijekom intenzivne epizode mokrog taloženja. Izvori prašine iznimo mogu biti i izvan Sahare. U proljeće 2020. godine koncentracije PM₁₀ mjerene na različitim postajama za praćenje kvalitete zraka duž Balkana postizale su satne vrijednosti veće od 400 µgm⁻³. Simulacija modelom WRF-Chem ukazala je na prizmeni donos iz područja isušenog Aralskog mora kojem je prethodio visinski donos iz Afrike. Kemijskom i morfološkom SEM analizom filtera s PM₁₀ prikupljenih tijekom ove epizode u Rijeci ustanovljen je dominantno utjecaj iz Saharskih izvora iako je prizemni donos bio iz područja Azije. Proljetno razdoblje 2024. godine obilježeno je s nekoliko intenzivnijih epizoda donosa prašine iz područja Sahare čime su potvrđena prethodna istraživanja sinoptičkih obrazaca vezanim uz ovakve događaje.

Ključne riječi: Pustinjska prašina, Jadran, EOF, numerički modeli, Rogozničko jezero

Multidisciplinary research on episodes of desert dust advection and deposition in the Adriatic

Boris, Mifka¹, Maja, Telišman Prtenjak², Irena, Ciglencečki³

¹*Fakultet za Fiziku, Sveučilište u Rijeci, Rijeka*

²*Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb*

³*Laboratorij za fiziku mora i kemiju vodenih sustava, Zavod za istraživanje mora i okolisa, Institut Ruđer Bošković, Zagreb*

e-mail: boris.mifka@phy.uniri.hr

Desert dust is one of the most abundant atmospheric aerosol types with diverse impacts on climate and ecosystems. When deposited in the sea, it delivers nutrients essential for primary production. Atmospheric models are a key tool for estimating emissions, concentrations, and deposition. To determine the synoptic conditions related to deposition episodes in the Adriatic, 30-year meteorological and aerosol data from the MERRA-2 reanalysis from the period 1989-2019 were used. Although these episodes are sporadic, they exhibit an annual cycle of dust deposition, with a strong maximum in the spring and a weaker one in the fall. The EOF method showed that two situations dominate in the Adriatic. The deep Sharav cyclone that forms in the lee of the Atlas Mountains is driven by the temperature gradient along the African coast and delivers dust in spring over the Adriatic. The second situation is related to upper-level trough and dust advection in the SW stream. The effect of dust deposition on primary production is increased by high oxygen saturation of up to 250% in the stratified middle water layer of the middle Adriatic marine system (Lake Rogoznica) during intense wet deposition episodes. Exceptionally, the dust sources can be located out of the Sahara. In the spring of 2020, the concentration of PM₁₀ measured on the air quality monitoring stations in the Balkans were higher than 400 μgm⁻³. The WRF-Chem model simulation indicated the surface advection from the dried Aral Sea area, led by the upper-level advection of air from Africa. According to the chemical and morphological SEM analysis of the filter with PM₁₀ collected during this episode in Rijeka, it is likely that the dominant pollution was from Saharan sources, although the ground transport was from Asia. In the spring of 2024, several intense dust episodes from the Sahara occurred which confirmed the previous research on the synoptic patterns related to such events.

Keywords: Desert dust, Adriatic, EOF, numerical models, Rogoznica lake

POSTERSKA PRIOPĆENJA / POSTER PRESENTATIONS

Mogu li promjene u kriosferi izazvati promjene u jadranskom moru?

Marijana, Gudić¹, Marijana, Bandić Buljan¹

¹*Osnovna škola kraljice Jelene, Put mira 3, Solin*

e-mail: marijana.gudic@skole.hr, marijana.bandic@skole.hr

Kriosfera ima važnu ulogu u globalnim klimatskim sustavima. Kako se planet Zemlja zagrijava zbog sve više stakleničkih plinova u atmosferi, snijeg i led se počinju topiti. Zbog topljenja leda kriosfera gubi jednu od važnih uloga - reflektiranje sunčevu svjetlosti od bijele površine leda natrag u svemir. Topljenjem leda otkriva se više tamne površine oceana ispod morskog leda. Ove tamnije površine apsorbiraju sunčevu toplinsku energiju što dovodi do daljnjeg topljenja leda. Pokreće se lančana reakcija koja mijenja salinitet, gustoću i temperaturu mora zbog čega dolazi do mijenjanja smjera morskih struja, a sve zajedno pogoršava učinke klimatskih promjena. Cilj rada je kroz praktične radove pokazati koje su moguće posljedice topljenja leda usljed globalnog zatopljenja. Uspoređuju razliku u podizanju razine vode (mora) topljenjem leda na kopnu i u moru; gustoću tople i hladne vode te slane i slatke vode. Istražuju toplinsko širenje vode te izrađuju model oceanskih struja i prate promjene izazvane zagrijavanjem. Vođenom analizom praktičnih radova učenici zaključuju da promjene na globalnoj razini uzrokuju i promjene u Jadranskom moru. Pretpostavljaju do kakvih bi promjena moglo doći te predlažu načine na koje svaki pojedinac može pridonijeti u svrhu smanjenja globalnog zatopljenja. Rezultate istraživanja predstavljaju učenicima u školi te na taj način podižu ekološku svijest.

Ključne riječi: globalno zatopljenje, topljenje ledenjaka, povišenje razine mora.

Can changes in the cryosphere cause changes in the Adriatic Sea?

Marijana, Gudić¹, Marijana, Bandić Buljan²

¹*Osnovna škola kraljice Jelene, Put mira 3, Solin*

e-mail: marijana.gudic@skole.hr marijana.bandic@skole.hr

The cryosphere plays an important role in global climate systems. As planet Earth warms due to more and more greenhouse gases in the atmosphere, snow and ice begin to melt. Due to the melting of ice, the cryosphere loses one of its important roles - reflecting sunlight from the white surface of the ice back into space. The melting of the ice reveals more of the dark surface of the ocean under the sea ice. These darker surfaces absorb the sun's thermal energy, which leads to further melting of the ice. A chain reaction is triggered that changes the salinity, density and temperature of the sea, which causes the direction of sea currents to change, all of which exacerbate the effects of climate change. The aim of this paper is to show through practical work what are the possible consequences of melting ice due to global warming. They compare the difference in rising water (sea) levels by melting ice on land and in the sea; the density of hot and cold water and salt and fresh water. They investigate the thermal expansion of water and model ocean currents and monitor changes caused by warming. Through a guided analysis of practical papers, students conclude that changes at the global level also cause changes in the Adriatic Sea. They anticipate what changes could occur and suggest ways in which each individual can contribute to reducing global warming. They present the results of the research to students at school and thus raise environmental awareness.

Keywords: global warming, melting glaciers, sea level rise.

Višegodišnji niz mjerenja površinskih temperatura mora u Splitu valografskom plutačom

Marko, Mlinar¹, Srđan, Čupić¹

¹*Hrvatski hidrografski institut, Zrinsko-Frankopanska ulica 161, 21000 Split, Republika Hrvatska*
marko.mlinar@hhi.hr

Hrvatski hidrografski institut (HHI) već preko 60 godina obavlja motrenja i mjerenja površinskih valova mora uzrokovanih vjetrom na Jadranskom moru. Slično kao i druge institucije u svijetu, prateći razvoj tehnologije i mjernih tehnika, kao i vlastite mogućnosti, HHI je prošao kroz različite faze u mjerenju valova. Posljednju fazu, započetu 2017. predstavlja uvođenje stalnih valografskih postaja u akvatoriju gradova Dubrovnik, Ploče, Split i Rijeka na kojima se ovakvi valovi mjere direkcionim valografskim plutačama Datawell DWR MkIII, koje su, uz senzore koji mjere valove, standardno opremljene i senzorom za mjerenje površinske temperature mora. Kontinuirani nizovi površinskih polusatnih temperaturnih podataka na stalnim postajama predstavljaju vrijednost za sve grane znanosti o moru, kao i meteorologiju, a duljim radom postaju i klimatološki značajni. Za potrebe ovog rada predstavljena je postaja Split, pri čemu su uzeti u obzir podaci od siječnja 2018. do prosinca 2023. godine. Apsolutni raspon izmjerenih temperatura u ovom razdoblju iznosi 23.5 °C, a najveći dnevni raspon temperatura 6.7 °C. Analizom godišnjih srednjaka tijekom razdoblja mjerenja uočava se promjena temperaturnog režima: u prvom vremenskom periodu srednjaci se smanjuju, a nakon toga rastu. Na razini mjesečnih srednjaka od siječnja 2019. do prosinca 2023. niz s ove postaje vrlo visoko je pozitivno koreliran s nizom površinskih temperatura mora u Splitu (terminska mjerenja provodi Državni hidrometeorološki zavod, uz obalu), a razlika temperatura među postajama za cijelo razdoblje iznosi 0.1 ± 0.3 °C (niže temperature u prosjeku na valografskoj postaji).

Ključne riječi: Jadransko more, površinska temperatura mora.

Multi-year series of measurements of sea surface temperatures in Split with a waverider buoy

Marko, Mlinar¹, Srđan, Čupić¹

¹*Hydrographic Institute of the Republic of Croatia, Zrinsko-Frankopanska 161, 21000 Split, Republic of Croatia*

marko.mlinar@hhi.hr

The Hydrographic Institute of the Republic of Croatia (HIRC) has been monitoring and measuring wind-induced surface waves in the Adriatic Sea for over 60 years. Like other institutions in the world, following the development of technology and measurement techniques, as well as its own capabilities, the HIRC has gone through different phases in wave measurements. The last phase, which began in 2017, is the introduction of permanent wave measurement stations in the waters of the cities of Dubrovnik, Ploče, Split and Rijeka, where such waves are measured using directional waverider buoys Datawell DWR MkIII. In addition to sensors that measure waves, these buoys are equipped as standard with a sensor for measuring sea surface temperature. Continuous series of surface half-hourly temperature data at permanent stations represent the value for all branches of marine science, as well as meteorology, and with longer work they become climatologically significant. For the purposes of this paper, the wave measurement station Split is presented, and the data measured from January 2018 to December 2023 are taken into consideration. The absolute range of measured temperatures in this period is 23.5°C, and the largest daily temperature range is 6.7°C. Analysis of the annual averages during the measurement period indicates a change in the temperature regime: in the first period the averages decrease, and after that they increase. At the level of monthly averages from January 2019 to December 2023, the series from this station is very highly positively correlated with the series of sea surface temperatures in Split (term measurements are carried out by the Croatian Meteorological and Hydrological Service, along the coast), and the temperature difference between the stations for the whole period is 0.1±0.3°C (predominantly lower temperatures at the wave measurement station).

Key words: Adriatic Sea, sea surface temperature.

Ciklički imini u dagnjama iz uzgajališta južnog dijela istarskog poluotoka, Hrvatska

Kristina, Kvirgić¹, Dijana, Mišetić Ostojić¹, Natalija, Džafić², Jelka, Pleadin³

¹ Hrvatski veterinarski institut, podružnica Veterinarski zavod Rijeka, Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue, Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Hrvatska, ²Hrvatski veterinarski institut, podružnica Veterinarski zavod Rijeka, Laboratorij za mikrobiologiju hrane i hrane za životinje, Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Hrvatska ³ Hrvatski veterinarski institut, Savska cesta 143, Zagreb, Hrvatska
e-mail: kvirgic.vzr@veinst.hr

U Hrvatskoj je malo dostupnih podataka o pojavnosti „toksina u nastajanju“ – cikličkih imina (CI) u dvoljuštornim školjkašima. Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi pojavnost predstavnika skupina CI: gimnodimina (GYM), pinatoksina G (PnTX-G) i 13-dezmetil SPX-C (SPX1) u mediteranskim dagnjama (*Mytilus galloprovincialis*, n = 148) iz uzgajališta južnog dijela istarskog poluotoka, koristeći tekućinsku kromatografiju ultravisoke djelotvornosti u sprezi sa spektrometrijom masa (LC-MS/MS). Dagnje su prikupljene tijekom 2019., 2021. i 2023. godine, približno istog broja uzoraka u sva četiri godišnja doba i tijekom svake godine. Dobiveni rezultati ukazuju na pojavnost CI u dagnjama u niskim koncentracijama tijekom svih sezona. Najzastupljeniji su bili SPX1 i GYM, prisutni u 51% i 39% uzoraka, dok je PnTX-G kvantificiran u 5% uzoraka. Njihove najveće utvrđene koncentracije bile su 50,11, 9,04 i 1,59 µg/kg. Uočena je razlika u pojavnosti u odnosu na godinu uzorkovanja. U 2019. godini, 50% uzoraka sadržavalo je barem jedan od CI, za razliku od 2021. i 2023. godine, kada je 80% odnosno 82% uzoraka sadržavalo jedan ili više CI. Nadalje, najviše koncentracije utvrđene su u uzorcima iz 2023. godine, s izuzetkom PnTX-G, koji je kvantificiran u višim koncentracijama u 2021. godini, ali u značajno manjem udjelu uzoraka u usporedbi s 2023. godinom. U uzorcima iz 2019. godine PnTX-G nije uopće detektiran. Iz naših podataka može se zaključiti da je pojavnost CI porasla posljednjih godina, a jedan od mogućih razloga su sve izraženije klimatske promjene koje mijenjaju sastav fitoplanktonske zajednice u ovom području. Iako nisu zabilježeni slučajevi trovanja ljudi uzrokovanih CI, oni su neurotoksini čija je prisutnost otkrivena u velikom udjelu uzoraka tijekom cijele godine. CI nisu uključeni u nacionalni program praćenja kakvoće mora i školjkaša, te stoga mogu predstavljati potencijalni rizik za potrošače.

Ključne riječi: ciklički imini, mediteranske dagnje, LC-MS/MS

Cyclic imines in Mediterranean mussels from the southern part of the Istrian peninsula, Croatia

Kristina, Kvrđić¹, Dijana, Mišetić Ostojić¹, Natalija, Džafić², Jelka, Pleadin³

¹ Croatian Veterinary Institute, Veterinary Center Rijeka, Laboratory for Analytical Chemistry and Residues, Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Croatia, ²Croatian Veterinary Institute, Veterinary Center Rijeka, Laboratory for Food and Feed Microbiology, Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Croatia, ³Croatian Veterinary Institute, Savska cesta 143, Zagreb, Croatia
e-mail: kvrđic.vzr@veinst.hr

In Croatia, there is little information on the emerging lipophilic toxins – cyclic imines (CI) presence in bivalve mollusks. The aim of this study was to determine the occurrence of the most representative CI: gymnodimine (GYM), pinnatoxin G (PnTX-G) and 13-desmethyl SPX-C (SPX1) in Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*, n = 148) from a breeding area in the southern part of the Istrian peninsula using ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). The mussels were collected in 2019, 2021 and 2023, with approximately the same number of samples in all four seasons and during each year. The results obtained showed that CI were present in mussels at low concentrations in all seasons. The most prevalent were SPX1 and GYM, which were present in 51% and 39% of the samples, respectively, while PnTX-G was quantified in 5% of the samples. The maximum concentrations determined were 50.11, 9.04 and 1.59 µg/kg, respectively. A difference in occurrence was observed in relation to the year of sampling. In 2019, 50% of the samples contained at least one of the CIs, in contrast to 2021 and 2023, when 80% and 82% of the samples contained one or more CIs. Furthermore, the highest concentrations were found in samples from 2023, with the exception of PnTX-G, which was found in higher concentrations in 2021, albeit in a significantly lower proportion of samples compared to 2023. PnTX-G was not detected at all in samples from 2019. From our data, it can be concluded that the occurrence of CI has increased in recent years, possibly due to the increasingly pronounced climate change that is altering the composition of the phytoplankton community in the area. Although no cases of human disease caused by CI have been recorded, they are neurotoxins whose presence has been detected in a large proportion of samples throughout the year. They are not included in the national monitoring programme and may therefore pose a potential risk to consumers.

Key words: cyclic imines, Mediterranean mussels, LC-MS/MS

Razvoj tri različitih pojava sluzavih agregata duž obale zapadne Istre u 2024. godini

Paolo, Paliaga¹, Niki, Simonović², Andrea, Budiša³, Irena, Ciglencečki²

¹ Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Fakultet prirodnih znanosti, Pula, Hrvatska, ²Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb, Hrvatska, ³ Netherlands Institute of Ecology (NIOO-KNAW), Wageningen, Nizozemska
e-mail: ppaliaga@unipu.hr

U 2024. godini obalni akvatorij zapadne Istre doživio je tri značajne pojave sluzavih nakupina, prirodnog fenomena koji uključuje stvaranje amorfnih agregata organske tvari. Ovi su se događaji ponavljali više puta tijekom protekla tri stoljeća, osobito u sjevernom Jadranu tijekom 1990-ih i ranih 2000-ih. Vizualno i fizičko-kemijski dokumentirali smo razvojne faze pojave sluzavih nakupina duž zapadne obale Istre uključujući i ekološke uvjete povezane s njima. Prva pojava sluzavih agregata dogodila se početkom lipnja, nakon značajnog cvjetanja fitoplanktona, dominiranog dijatomejama. Unutar tjedan dana formirali su se makroflokuli u gornjih 15 metara mora, koji su se zatim spojili u plutajuću, želatinoznu, žućkastu masu koja je prekrila more 10 dana. Ova masa je postupno postala smeđa, a nakon oluje kondenzirala se u oblake debljine oko 1 metar, koji su se na kraju spustili na dubine između 5 i 15 metara prije nego što su potonuli na morsko dno. Druga epizoda zabilježena je u srpnju i trajala je tjedan dana. Uslijedila je nakon razdoblja izuzetno visokih temperatura površine mora (>30 °C) i neobično niskog saliniteta (~32). Ovaj put cvjetanje fitoplanktona bilo je manje intenzivno, a makroflokule su se pojavile samo u prvih 2 metra. Ljepljivi, kremasti agregat prekrivio je površinu, dok se drugi sloj smečkastih niti formirao na piknoklini (1,5 metara). Tijekom pet dana, kremaste površine postale su manje ljepljive, a niti su se zgusnule u guste oblake, koji su brzo potonuli kad je stratifikacija nestala. Ova dva događaja razlikovala su se po izgledu, teksturi, vertikalnoj distribuciji i ljepljivim svojstvima, pri čemu je drugi događaj bio vrlo sličan onima viđenim 1990-ih. Početkom kolovoza registrirana je treća pojava sluzavih nakupina, paralelno s novim priljevom toplih voda niskog saliniteta, pri čemu su se ponovile slične dinamike i izgled kao kod drugog događaja, ali su zahvatile mnogo veće područje obalnih i pelagičkih voda sjevernog Jadrana.

Ključne riječi: Sluzave nakupine, partikulatna organska tvar, cvat fitoplanktona, termohalina stratifikacija, sjeverni Jadran

Development of three different mucilage events along the coast of western Istria in 2024

Paolo, Paliaga¹, Niki, Simonović², Andrea, Budiša³, Irena, Ciglencečki²

¹ *Juraj Dobrila University of Pula, Faculty of natural science, Pula, Croatia,* ²*Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Zagreb, Croatia,* ³ *Netherlands Institute of Ecology (NIOO-KNAW), Wageningen, Netherlands*
e-mail: ppaliaga@unipu.hr

In 2024, western Istria's coastal waters faced three significant mucilage events, natural phenomena involving the formation of amorphous aggregates of organic matter. These events have occurred multiple times over the past three centuries, particularly in the northern Adriatic during the 1990s and early 2000s. We documented the development stages and ecological conditions of these events along the western Istrian coast. The first event, in early June, followed a substantial diatom-dominated phytoplankton bloom. Within a week, macroflocs formed in the upper 15 meters, aggregating into a floating, gelatinous, yellowish mass that covered the sea for 10 days. This mass gradually turned brown, and after a storm, it condensed into clouds about 1 meter thick, eventually sinking to depths between 5 and 15 meters before settling on the seafloor. The second event occurred in July, lasting a week. It followed a period of extremely high sea surface temperatures (>30 °C) and unusually low salinities (~32). This time, the phytoplankton bloom was less intense, and macroflocs appeared only in the first 2 meters. A sticky, creamy aggregate covered the surface, while a second layer of brownish stringers formed at the pycnocline (1.5 meters). Over five days, the creamy surfaces became less adhesive, and the stringers compacted into dense clouds, sinking rapidly as stratification disappeared. These two events differed in appearance, texture, vertical distribution, and adhesive properties, with the second event closely resembling those seen in the 1990s. At the beginning of August, a third mucilage event occurred, in parallel with a new influx of warm low salinity waters, enacting similar dynamics and appearance as the second one, but affecting much larger portions of coastal and pelagic zones of the Northern Adriatic.

Keywords: Mucilages, particulate organic matter, thermohaline stratification, phytoplankton bloom, northern Adriatic

Utjecaj temperature mora na pojavnost bakterije *Vibrio parahaemolyticus* u školjkašima iz otpremnih centara

Natalija, Džafić¹, Barbara, Boljkovac Begić¹, Karmela Nina, Barać¹, Kristina, Kvirgić², Dijana, Mišetić Ostojić², Sara, Džafić³, Miroslav, Benić⁴

¹Hrvatski veterinarski institut, podružnica Veterinarski zavod Rijeka, Laboratorij za mikrobiologiju hrane i hrane za životinje, Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Hrvatska; ²Hrvatski veterinarski institut, podružnica Veterinarski zavod Rijeka, Laboratorij za analitičku kemiju i rezidue, Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Hrvatska; ³studentica Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Heinzelova 55, 10000 Zagreb, Hrvatska; ⁴Hrvatski veterinarski institut Zagreb, Savska cesta 143, 10000 Zagreb, Hrvatska
e-mail: dzafic.vzr@veinst.hr

Bakterija *Vibrio parahaemolyticus* jedan je od glavnih uzročnika otrovanja hranom u zemljama gdje se konzumiraju sirovi ili nedostatno termički obrađeni morski plodovi. Uzročnik stvara enterotoksin koji uzrokuje gubitak tekućine uz vodenasti proljev, abdominalne grčeve, glavobolju, povraćanje i povišenje temperature. Bakterije ovog roda pogodne su za praćenje klimatskih promjena radi njihove osjetljivosti na temperaturu (svi se umnažaju na temperaturi iznad 15°C), brzog umnažanja (u povoljnim uvjetima vrijeme umnažanja je 8 do 9 minuta), pojave na područjima gdje se povijesno gledano nisu pojavljivali, te mogućnosti ulaska u organizam putem hrane i doticajem s kontaminiranom vodom. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi povezanost pojavnosti bakterije *V. parahaemolyticus*, kao i njenih potencijalno patogenih varijanti s temperaturama mora, te odrediti povoljno vremensko razdoblje za umnažanje *Vibrio* spp. Lančanom reakcijom polimerazom (PCR) pretražena su 132 uzorka živih školjkaša, dagnji i kamenica, prikupljenih iz tri otpremna centra, u razdoblju od proljeća do kasne jeseni 2018. godine. Od 73 uzorka dagnji, njih 26 (35,6%) bilo je pozitivno na *ToxR* gen kojim se dokazuje prisutnost vrste *Vibrio parahaemolyticus*, dok je isti gen u kamenica dokazan u 9 (15,3%) uzoraka od njih 59. Svi uzorci pozitivni na *ToxR* gen dodatno su pretraženi na prisutnost gena za kodiranje termostabilnog direktnog hemolizina (TDH) i hemolizina ovisnog o TDH (TRH), pri čemu je utvrđena prevalencija *tdh* gena 17% i *trh* gena 25,7%. Najniža srednja vrijednost temperature mora u vrijeme izlovljavanja školjkaša u kojima je dokazana prisutnost *ToxR* gena bila je 14,4°C, dok su *tdh* i *trh* geni dokazani u školjkašima izlovljenim pri najnižoj srednjoj vrijednosti temperature mora od 24,5°C i 24,8°C. Tijekom 2018. godine povoljni temperaturni uvjeti za umnažanje patogenih *Vibrio* spp. na području istarskoga akvatorija protezali su se od kraja svibnja, do sredine rujna.

Ključne riječi: školjkaši, *Vibrio parahaemolyticus*, PCR

Influence of sea temperature on the occurrence of bacterium *Vibrio parahaemolyticus* in shellfish from shipping centers

Natalija, Džafić¹, Barbara, Boljkovac Begić¹, Karmela Nina, Barać¹, Kristina, Kvirgić², Dijana, Mišetić Ostojčić², Sara, Džafić³, Miroslav Benić⁴

¹Croatian Veterinary Institute, Branch Veterinary Institute Rijeka, Laboratory for Food and Feed Microbiology, Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Croatia; ²Croatian Veterinary Institute, Branch Veterinary Institute Rijeka, Laboratory for Analytical Chemistry and Residues, Podmurvice 29, 51000 Rijeka, Croatia ³student Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Heinzelova 55, 10000 Zagreb, Croatia; ⁴Croatian Veterinary Institute, Savska cesta 143, 10000 Zagreb, Croatia
e-mail: dzafic.vzr@veinst.hr

The bacterium *Vibrio parahaemolyticus* is one of the main causes of food poisoning in countries where raw or undercooked seafood is consumed. The pathogen produces an enterotoxin that causes fluid loss with watery diarrhea, abdominal cramps, headaches, vomiting and fever. Bacteria of this genus are suitable for monitoring climate change due to their sensitivity to temperature (all multiply at temperatures above 15 °C), their rapid multiplication (under favorable conditions the multiplication time is 8 to 9 minutes), their occurrence in areas where they were not found in the past and the possibility of entering the body via food and contact with contaminated water. The aim of this study was to determine the relationship between the occurrence of the bacterium *V. parahaemolyticus* and its potentially pathogenic variants and sea temperatures and to determine a favorable period for the proliferation of *Vibrio* spp. Polymerase chain reaction (PCR) was used to examine 132 samples of live bivalves mussels and oysters, collected from three shipping centers between spring and late autumn 2018. Out of 73 mussel samples, 26 (35.6 %) were positive for the *ToxR* gene, which detects the presence of the *V. parahaemolyticus* species, while the same gene was detected in oysters in 9 (15.3 %) out of 59 samples. All samples positive for the *ToxR* gene were additionally analyzed for the presence of genes encoding thermostable direct hemolysin (TDH) and TDH-related hemolysin (TRH), with a prevalence of 17 for the *tdh* gene and 25.7 % for the *trh* gene. The lowest mean sea temperature at the time of the harvest of bivalves in which the *ToxR* gene was detected was 14.4 °C, while the *tdh* and *trh* genes were detected in bivalves at the lowest mean sea temperature of 24.5 °C and 24.8 °C, respectively. In 2018, the favorable temperature conditions for the proliferation of pathogenic *Vibrio* spp. in the Istrian water area lasted from late May to mid-September.

Key words: shellfish, *Vibrio parahaemolyticus*, PCR

Utjecaj temperaturnog stresa na fiziološke i histološke promjene u tkivu koralja (*Hexacorallia*, *Anthozoa*) iz Jadranskog mora

Vida, Burić¹, Pavel, Ankon¹, Domagoj, Đikić², Romana, Gračan¹, Irena, Landeka Jurević³, Silvestar, Beljan¹, Petar, Kružić¹

¹Zoolozijski zavod, *Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 10 000 Zagreb, Hrvatska*, ²Zavod za animalnu fiziologiju, *Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 10 000 Zagreb, Hrvatska*, ³Laboratorij za kemiju i biokemiju hrane, *Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 10 000 Zagreb, Hrvatska*
e-mail: vida.buric@gmail.com

Zagrijavanje Jadranskog mora pod utjecajem klimatskih promjena predstavlja ugrozu za osjetljive skupine organizama, posebno sesilne žarnjake, kroz razvoj metaboličkih poremećaja, fiziološkog stresa i veće osjetljivosti organizama na razvoj patogena. Metode rane detekcije temperaturnog stresa omogućavaju pravovremeno uočavanje okolišnih promjena i utvrđivanje statusa organizama. U svrhu ispitivanja utjecaja temperaturnog stresa na fiziološke i histološke pokazatelje kod dvije vrste koralja, različitih ekoloških niša i stupnja ugroženosti, porodice *Hexacorallia* iz Jadranskog mora - kamenog koralja *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) i crvene moruzgve *Actinia equina* (Linnaeus, 1758), proveli smo istraživanje u laboratorijskim uvjetima. Organizmi izuzeti iz okoliša bili su smješteni u akvarije s jednakim okolišnim uvjetima i nakon perioda aklimatizacije podvrgnuti temperaturnim tretmanima od 20 °C (uobičajena ljetna temperatura na 10 m dubine) i 30 °C (temperatura 2 °C veća od trenutno zabilježenih najviših morskih toplinskih valova) u periodu od 2 tjedna. Histopatološke lezije kvalitativno su klasificirane svjetlosnom mikroskopijom, a znakovi oksidacijskog stresa na molekularnoj razini imunokemijski su analizirani mjerenjem intenziteta lipidne peroksidacije, ukupnog glutaciona i proteina toplinskog šoka (Hsp90, Hsp60, Hsp70). Kod kamenog koralja *C. caespitosa* izloženog 30 °C uočene su značajne histološke promjene u svim slojevima tkiva, kao i značajne razlike u rezultatima imunokemijskih analiza. Kod crvene moruzgve *A. equina* nisu uočene značajnije histološke i fiziološke promjene između različitih temperaturnih tretmana. Uočeni različiti odgovori dviju vrsta na povećanje temperature sugeriraju razlike u fenotipskim prilagodbama. Ovo istraživanje dodatno potvrđuje povezanost povišene temperature mora s promjenama kod koralja i pokazuje mogućnost korištenja biomarkera oksidacijskog stresa kao metode rane detekcije temperaturnog stresa kod vrste *C. caespitosa*.

Ključne riječi: *Hexacorallia*, klimatske promjene, oksidativni stres, nekroza, reaktivne kisikove vrste (ROS)

Impact of temperature stress on physiological and histological changes in the tissue of the Adriatic Sea corals (Hexacorallia, Anthozoa)

Vida, Burić¹, Pavel, Ankon¹, Domagoj, Đikić², Romana, Gračan¹, Irena, Landeka Jurević³, Silvestar, Beljan¹, Petar, Kružić¹

¹Department of Zoology, Faculty of Science, University of Zagreb, 10 000 Zagreb, Croatia,

²Department of Animal Physiology, Faculty of Science, University of Zagreb, 10 000 Zagreb, Croatia,³ Department of food chemistry and biochemistry, Faculty of food technology and biotechnology, University of Zagreb, 10 000 Zagreb, Croatia

e-mail: vida.buric@gmail.com

The warming of the Adriatic Sea due to climate change poses a threat to sensitive groups of organisms, especially sessile cnidarians, through the occurrence of metabolic disorders, physiological stress and increased susceptibility to pathogen growth. Methods of early detection of thermal stress enable noticing environmental changes on time and establishing an organism's status. For the purpose of testing the influence of temperature stress on physiological and histological changes in two species of Hexacorallia from the Adriatic Sea, with different ecological niches and degrees of endangerment - the stony coral *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) and the beadlet sea anemone *Actinia equina* (Linnaeus, 1758), we conducted an experiment under laboratory conditions. Organisms were subtracted from the environment, placed in the aquariums with the same environmental conditions and after the acclimatisation period subjected to temperature treatments of 20 °C (usual summer temperature on 10-meter depth) and 30 °C (2 °C higher than currently highest recorded marine heatwaves) for two weeks. Histopathological lesions were qualitatively analyzed by light microscopy, while signs of oxidative stress at the molecular level were analyzed immunohistochemically by measuring lipid peroxidation intensity, total glutathione and heat shock proteins (Hsp90, Hsp60, Hsp70). Significant histological changes in all tissue layers were observed in *C. caespitosa* samples at 30 °C, as well as significant differences in immunochemical analysis results. In *A. equina*, no histological or physiological changes were observed between different temperature treatments. The different responses to temperature increase between two species suggest differences in phenotypic adaptations. This study demonstrates the link between elevated seawater temperature and changes in corals, and the possibility of using biomarkers of oxidative stress as a method of early detection of temperature stress in *C. caespitosa*.

Key words: Hexacorallia, climate change, oxidative stress, necrosis, reactive oxygen species (ROS)

Busenasti koralj (*Cladocora caespitosa*) u blizini otoka Iža "ReefQuest: *Cladocora caespitosa* Exploration “

Marija, Jurica¹, Ana, Masar², Andrea, Gojak², Slavica, Čolak²

¹Ronilački klub „KPA Zadar“, ²Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, Hrvatska
e-mail: kpazadar@gmail.com

Busenasti koralj *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) je široko rasprostranjen koralj u Sredozemnom moru koji može formirati grebene. To je dugovječna vrsta, najveći poznati koraljni greben Sredozemnog mora nalazi se u Velikom jezeru Nacionalnog parka Mljet, čija se starost procjenjuje na 46-312 godina. Povišene temperature mora uzrokovane klimatskim promjenama, invazivne alge i antropogene aktivnosti kao što su sidrenje, povećano onečišćenje i ribolovne aktivnosti uzrokovale su pad populacije *C. caespitosa* u Jadranskom moru. Naveden je kao ugrožena vrsta na Crvenom popisu IUCN-a, a na nacionalnoj razini busenasti koralj uvršten je na Popis strogo zaštićenih vrsta. Ronilački klub "KPA Zadar" i Sveučilište u Zadru prepoznali su potrebu identificiranja i opisa novih populacija koralja kako bi se osigurala bolje praćenje statusa populacije busenastog koralja. Projekt će pružiti informacije o rasprostranjenosti, gustoći i veličini koralja te omogućiti buduće usporedbe i detekciju mogućih promjena. U sklopu projekta izvršit će se kartiranje koralja na 20 lokacija. Lokacije su odabrane prema prethodnim opažanjima ronioca i informacijama prikupljenih od ribara. Istraživanja su započela u travnju 2024. i trajat će godinu dana. Transekti će se postaviti samo na područjima gdje je populacija utvrđena. Transekti će biti dugi 20 m i široki 1 m (20 m²), evidentirat će se dubina, broj i zdravstveno stanje kolonija. Za svaku koloniju koralja duž transekta prikupljat će se: najveći i najmanji promjer i visina izmjereni do najbližih 0,1 centimetar pomičnom mjerkom. Preliminarni rezultati istraživanja provedenih do rujna dat će uvid u status populacije busenastog koralja u podmorju otoka Iža.

Ključne riječi: *Cladocora caespitosa*, praćenje stanja, kartiranje, zaštita

Bushy Coral (*Cladocora caespitosa*) near the Iž island "ReefQuest: *Cladocora caespitosa* Exploration “

Marija, Jurica¹, Ana, Masar², Andrea, Gojak², Slavica, Čolak²

¹Ronilački klub “KPA Zadar, Obala kneza Trpimira 12a, Hrvatska,²Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, Hrvatska

e-mail: kpazadar@gmail.com

Bushy Coral *Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) is a widespread coral in the Mediterranean Sea that can form coral banks. It is a long-lived species, the largest known coral reef of the Mediterranean Sea is in the Great Lake of Mljet National Park, whose age has been estimated to be 46-312 years. Increased sea temperatures caused by climate change, invasive algae, and anthropogenic activities such as anchoring, increased pollution, and fishing activities have caused a decline in the population of *C. caespitosa* in the Adriatic Sea. It is listed as an endangered species on the IUCN Red List and at the national level, the bushy coral is included in the List of Strictly Protected Species. The Ronilački klub "KPA Zadar" with the University of Zadar recognized the need to identify and describe new coral populations to ensure better monitoring of the bushy coral population status. The project will provide information on corals' distribution, density, and size and enable future comparisons and detection of possible changes. As part of the project, coral mapping will be carried out on 20 sites. The locations were selected based on previous observations by divers and information gathered from fishermen. The research started in April 2024 and will last for one year. Transects will be placed only in areas where the population has been established. The transects will be 20 m long and 1 m wide (20 m²), the depth, number and health status of the colonies will be recorded. For each coral colony along the transect, the following will be collected: the largest and smallest diameter and height measured to the nearest 0.1 centimeters with a caliper. The preliminary results of the research conducted until September will give an insight into the status of the bushy coral population in the seabed of the island of Iža.

Key words: *Cladocora caespitosa*, monitoring, mapping, conservation

Klimatske promjene utječu negativno na alometriju češljače *Aequipecten opercularis* (Linnaeus, 1758)

Ines, Kovačić¹, Petra, Burić², Anamarija, Panić², Valentina, Kolić², Ante, Žunec², Neven, Iveša², Iva, Čanak³, Jadranka, Frece³, Mauro, Štifanić²

¹Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Hrvatska, ²Fakultet prirodnih znanosti, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Hrvatska, ³Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

e-mail: ikovacic@unipu.hr

Akvakultura ubrzano širi svoju proizvodnju, čineći je najbrže rastućim sektorom proizvodnje hrane na svijetu. Međutim, održivost ovog sektora je ugrožena utjecajima klimatskih promjena, koje nisu samo budući problemi već i stvarne sadašnje prijetnje. Kao rezultat toga, ekonomski važni školjkaši postali su primarni fokus laboratorijskih i terenskih istraživanja. U ovom istraživanju promatrali su se morfometrijski odnosi češljače pod kombiniranim učinkom povećane temperature i smanjenog pH, čimbenika koji variraju zajedno uslijed klimatskih promjena. Češljača, *Aequipecten opercularis* (Linnaeus, 1758), alternativna vrsta školjkaša za uzgoj u Jadranskom moru je korištena u eksperimentu. Češljače slične veličine, uzorkovane iz jugoistočnog dijela Albanije, u Hrvatskoj, bile su izložene povećanju temperature od 2°C i smanjenju pH za 0,2 tijekom četiri tjedna. Alometrijski koeficijenti, izraženi eksponentom 'b' u linearnim regresijskim jednadžbama između duljine školjke i širine školjke te s ukupnom težinom, povećali su se kod kontrolnih jedinki s 0,141 na 0,143 i s 2,707 na 3,125. Međutim, ti su koeficijenti značajno smanjeni s povećanjem temperature i smanjenjem pH, u usporedbi s koeficijentima na početku eksperimenta, padajući s 0,552 na 0,264 i s 2,942 na 0,943. Ovo zapažanje, da abiotički čimbenici međusobno djeluju i utječu na rast češljača je ključno. Naši podaci pokazuju da morfometrijski odnosi na razini organizma mogu biti pod negativnim utjecajem klimatskih promjena.

Ključne riječi: akvakultura; češljače; klimatske promjene; alometrija; alometrijski koeficijent

Climate change conditions negatively affect the allometry of the queen scallop *Aequipecten opercularis* (Linnaeus, 1758)

Ines, Kovačić¹, Petra, Burić², Anamarija, Panić², Valentina, Kolić², Ante, Žunec², Neven, Iveša², Iva, Čanak³, Jadranka, Frece³, Mauro, Štifanić²

¹Faculty of Educational Sciences, Juraj Dobrila University of Pula, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Croatia,

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

³Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Croatia

e-mail: ikovacic@unipu.hr

Aquaculture is rapidly expanding its production, making it the fastest-growing food production sector worldwide. However, the sustainability of this sector is threatened by the impacts of climate change, which are not just future concerns but present realities. As a result, edible and economically important bivalves have become a primary focus of laboratory and field research. This study investigated the morphometric relationship of queen scallops to the combined effects of increased temperature and decreased pH, factors likely to vary due to climate change. The queen scallop, *Aequipecten opercularis* (Linnaeus, 1758), an alternative species for shellfish farming in the Adriatic Sea, was used in the experiment. Bivalves of similar size from southeast of Albanež, Croatia, were exposed to a 2°C temperature increase and a 0.2 pH decrease for four weeks. The allometric coefficients, expressed by the exponent 'b' in linear regression equations of shell length with shell width and total weight, increased in control scallops from 0.141 to 0.143 and from 2.707 to 3.125, respectively. However, these coefficients were significantly reduced with the temperature increase and pH decrease, compared to the coefficients at the beginning of the experiment, dropping from 0.552 to 0.264 and from 2.942 to 0.943, respectively. This observation that abiotic factors interact to affect scallop growth is crucial. Our data indicate that the morphometric allometry at the organism level can be negatively influenced by the effects of climate change.

Key words: aquaculture, scallops, climate change, allometry, allometric coefficient

Suživot divlje ribe i uzgajane na uzgajalištima morskih riba u Hrvatskoj

Bruna, Babin¹, Filip, Tafra¹, Tomislav, Grgić¹, Božena, Vitlov², Matea, Kučina², Bosiljka, Mustać¹, Slavica, Čolak¹

¹Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, Hrvatska, ²Cromaris d.d., Gaženička cesta 4 b, Zadar, Hrvatska
e-mail: bruna.babin@gmail.com

Uzgajivači morske ribe u Hrvatskoj koriste plutajuće mrežne kaveze koji omogućuju bliski kontakt ribe sa okolinom. Protok mora ostvaruje se izravno kroz oko mrežnog kaveza čija veličina odgovara vrsti i veličini uzgajane ribe. Izvan mrežnih kaveza skupljaju se divlje ribe privučene hranom i zaštitom od predatora. Njihov ulazak u kavez je moguć kroz mrežno oko ukoliko su manje od samog oka, tijekom mijenjanja mrežnog kaveza ili tijekom oštećenja na kavezu. Vršni predatori kao što su tuna (*Thunnus thynnus*) ili dupin (*Tursiops truncates*) koji se ponekad nalaze oko uzgajališta, mogu uzrokovati puknuće mrežnog kaveza. Ovo istraživanje provedeno je na uzgajalištima podlanice (*Sparus aurata*), brancina (*Dicentrarchus labrax*), hame (*Argirosomus regius*) i gofa (*Seriola dumerili*) tijekom 2023./2024. godine u srednjem dijelu istočnog Jadrana. Tijekom izlova izdvojene su jedinke divlje ribe, te je izmjerena ukupna dužina i težina uzgojene i divlje ribe. Pronađeno je jedanaest vrsta divljih riba, a najzastupljenija je bila bugva (*Boops boops* L., 1758), zatim šarun (*Trachurus trachurus* L., 1758) i cipal (*Mugil cephalus* L., 1758). Divlje ribe predstavljaju rizik za uzgojene vrste zbog mogućeg prijenosa bolesti. Budući da se utjecaj bolesti uzgojene ribe na divlje populacije i obrnuto može ublažiti, podatke o vrstama divljih riba u kavezima treba implementirati u upravljačke planove na uzgajalištima, kako bi se mjere mogle primijeniti za svaku pojedinu uzgojenu vrstu.

Ključne riječi: divlja riba, marikultura, divlja riba

Cohabitation of wild fish and farmed fish in marine fish farms in Croatia

Bruna, Babin¹, Filip, Tafra¹, Tomislav, Grgić¹, Božena, Vitlov², Matea, Kučina², Bosiljka, Mustać¹, Slavica, Čolak¹

¹University of Zadar, Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture Trg kneza Višeslava 9, Zadar, Croatia, ²Cromaris d.d., Gaženička cesta 4 b, Zadar, Croatia
e-mail: bruna.babin@gmail.com

Marine fish farmers in Croatia use floating net cages that enable close contact of the fish with the environment. The flow of fresh seawater is realized directly through the mesh, the size of which corresponds to the species and size of the farmed fish. Outside the net cages, wild fish aggregate, attracted by food and protection from predators. Their entry into the net is possible through the mesh if they are smaller than the mesh size, during the net cage's change, or the net cage's rupture. Also, large predators such as Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*), bluefish (*Pomatomus saltator*), or dolphin (*Tursiops truncatus*) can attack and cause the net cage to break. This research was carried out at fish farms in the Eastern Adriatic Sea of cultured gilthead seabream (*Sparus aurata*), European sea bass (*Dicentrarchus labrax*), meagre (*Argirosomus regius*), and greater amberjack (*Seriola dumerili*,) during 2023/2024. Wild fish were separated during the harvesting, and total length and weight were measured on cultured and wild fish. Eleven species of wild fish were found, the most abundant species was bogue (*Boops boops* L., 1758), horse mackerel (*Trachurus trachurus* L., 1758), and grey mullet (*Mugil cephalus* L., 1758). Wild fish represent the risk of possible disease transmissions. Since the impact of disease in farmed fish on wild populations and *vice versa* can be mitigated, data on wild fish species in cages should be implemented in farm management to apply measures for each farmed species.

Key words: wild fish, mariculture, wild fish

Lokalno ekološko znanje o ribarstvu na istočnoj (Zadarska županija) i zapadnoj (regija Marche) obali srednjeg Jadrana

Ana, Barta¹, Marina, Rados¹, Bosiljka, Mustač¹, Bruna, Petani¹

¹Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadar
e-mail: bartaana555@gmail.com

Stanje ribljeg fonda u Jadranskom moru u posljednjim je desetljećima zbog antropogenih aktivnosti, klimatskih promjena te dolaska alohtonih vrsta promijenjeno i ugroženo. Zbog toga je prilikom znanstvenih istraživanja i upravljanja morskim područjima važno uključiti ribare, kako bi se integriralo i lokalno ekološko znanje o ribarstvu (eng. FLEK -Fisheries local ecological knowledge). Stoga se u ovom istraživanju kroz anketiranje lokanih ribara istražilo njihovo znanje o plovilima, ribolovnom području i alatima, sastavu i količini ulova, te pojavi invazivnih vrsta na području istočne (Zadarska županija) i zapadne (regija Marche) obale srednjeg Jadrana. Cilj ovoga istraživanja je bio uvidjeti je li tijekom zadnjih pet desetljeća došlo do kvantitativnih i kvalitativnih promjena ulovljenih vrsta morskih organizama te koliko su česte pojave invazivnih vrsta na istočnoj i zapadnoj obali srednjeg Jadrana. Od ukupnog broja anketiranih ribara malim obalnim ribolovom u Zadarskoj županiji bavilo se 75%, a u Italiji, odnosno regiji Marche 86% ispitanika. Glavni ribolovni alati su: parangal, jednostruke mreže stajačice, udice, te alati za lov školjkaša. Utvrđeno je da je ukupni ulov u odnosu na 1950.-e godine smanjen i do tri puta kvalitativno i kvantitativno unatoč unapređenju tehnike, a iste invazivne vrste morskih organizama pojavljuju se na istočnoj i zapadnoj obali srednjeg Jadrana: *Pagrus major*, *Balistes capriscus*, *Pomatomus saltratrix*, *Callinectes sapidus*, *Lagocephalus lagocephalus*, *Percnon gibbesi* i *Aplysia dactylomela*. S ciljem postizanja održivog ribolova, većina anketiranih ribara navodi potrebu jače kontrole veličine oka mreže i krivolova, smanjenje ribolovne kvote, te zabranu ulova nekih vrsta organizama i kočarenja, dok kao najveći trošak navode gorivo, te zamjenu mreža i ostalih ribolovnih alata. Određeni broj ribara je istaknuo potrebu za dodatnom edukacijom, a pojedini ispitanici talijanski ribari smatraju da školjkare treba zabraniti ili više kontrolirati.

Ključne riječi: Jadransko more, održivo ribarstvo, FLEK, invazivne vrste

Fisheries Local Ecological Knowledge in Eastern (Zadar county) and Western (Marche region) Coast of the Central Adriatic Sea

Ana, Barta¹, Marina, Rados¹, Bosiljka, Mustačić¹, Bruna, Petani¹

¹*Sveučilište u Zadru, Department of ecology, agronomy and aquaculture, Trg kneza Višeslava 9, 23000 Zadar*

e-mail: bartaana555@gmail.com

The state of fish stocks in the Adriatic Sea has been altered and threatened in recent decades due to anthropogenic activities, climate change and arrival of allochthonous species. Therefore, it is important to include fishermen in scientific research and marine area management to integrate Fisheries Local Ecological Knowledge (FLEK). This study investigates their ecological knowledge about vessels, fishing areas and gear, composition and quantity of catches and the occurrence of invasive species in the eastern (Zadar County) and western (Marche Region) coasts of the Central Adriatic Sea. The aim of this study was to determine whether there have been quantitative and qualitative changes in species of marine organisms caught over the last five decades, how common invasive species were, comparing the eastern and western part of the Central Adriatic Sea. Of the total number of surveyed fishermen, 75% were engaged in small-scale fishing in Zadar County, and 86% in Italy, specifically in the Marche Region. The main fishing gear includes longlines, gillnets, hooks, and shellfish tools. It was found that the total catch, compared to the 1950s, has decreased up to three times in quality and quantity despite improvements in technique. The same invasive species appeared on both eastern and western coasts of the Central Adriatic Sea: *Pagrus major*, *Balistes capriscus*, *Pomatomus saltratrix*, *Callinectes sapidus*, *Lagocephalus lagocephalus*, *Percnon gibbesi* and *Aplysia dactylomela*. To achieve sustainable fishing, most surveyed fishermen enhanced the need of stricter control of mesh size and poaching, reduction of fishing quotas, bans on the catch of certain species and trawling. The biggest expenses reported by fisherman's were fuel, replacement of nets, and other tools. Some fishermen emphasized the need for additional education, while some surveyed Italian fishermen believe that shell fishing should be banned or more strictly controlled.

Keywords: Adriatic Sea, sustainable fishing, FLEK, invasive species

Istraživanje onečišćenja okoliša i poliklorirani bifenili u morskim organizmima Jadranskog mora

Snježana, Herceg Romanić¹, Gordana, Mendaš¹, Gordana, Jovanović^{2,3}, Tijana, Milićević²,
Marijana, Matek Sarić⁴, Bosiljka, Mustać⁵

¹Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska, ²Institut za fiziku Sveučilišta u Beogradu, Pregrevica 118, 11080 Beograd, Srbija, ³Sveučilište Singidunum, Danijelova 32, 160622 Beograd, Srbija, ⁴Odjel za zdravstvene studije Sveučilišta u Zadru, Ulica Mihovila Pavlinovića 1, 23 000 Zadar, Hrvatska, ⁵Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru, Ulica Mihovila Pavlinovića 1, 23 000 Zadar, Hrvatska
e-mail: sherceg@imi.hr

Poliklorirani bifenili (PCB) su jedni od najrasprostranjenijih zagađivala u okolišu, a pripadaju skupini postojanih organskih zagađivala reguliranih Stockholmskom konvencijom. Unatoč njihovoj zabrani prije otprilike 50 godina, još uvijek su intenzivno u znanstvenom fokusu, jer kao inherentno postojani, njihov gubitak u okolišu nije potpun. Dosadašnja istraživanja ukazuju da mora i oceani služe kao konačna odlagališta ovih spojeva jer su vrlo postojani u tom dijelu okoliša i tako nastaje tzv. sekundarni izvor onečišćenja. Posljedično, postoji rizik za ljude koji konzumiraju morsku hranu, jer prema istraživanjima, morska hrana u velikoj mjeri pridonosi unosu PCB-a u ljudski organizam. Istraživanja Jadranskog mora pokazala su da sitna pelagička riba koja obitava bliže obali ima više razine PCB-a, a usporedba divlje i uzgojene tune, te divljih i uzgojenih školjaka, ukazala je na niže razine PCB-a u uzgajalištima. Izrazito visoke razine su u predatorskim vrstama (dupini i divlje tune). Osim PCB-a, prisutnost drugih zagađivala u raznim sastavnicama okoliša nameće sve veću pozornost i potrebu istraživanja, jer onečišćenje okoliša ima znatan utjecaj na učestalost pojavnosti bolesti. Zbog toga se u okviru znanstvenog projekta EnvironPollutHealth provodi sveobuhvatno istraživanje razina, profila, izvora onečišćenja okoliša te utjecaja onečišćenja na okoliš i ljudsko zdravlje. Obzirom da se onečišćenje zraka smatra glavnim okolišnim čimbenikom, jer utječe i na zdravlje ekosustava i na zdravlje ljudi, što je posljedično neodvojivo povezano, u EnvironPollutHealth istražuje se onečišćenje zraka i vodenih ekosustava (slatkovodni i morski) te provodi humani biomonitoring majčinim mlijekom. Istraživanje je proizašlo iz rada na opremi nabavljenoj u sklopu projekta KK.01.1.1.02.0007 i financirano iz sredstava Europske unije – NextGenerationEU -EnvironPollutHealth.

Ključne riječi: onečišćenje okoliša, PCB, Jadransko more

Research on Environmental Pollution and Polychlorinated Biphenyls in Marine Organisms of the Adriatic Sea

Snježana, Herceg Romanić¹, Gordana, Mendaš¹, Gordana, Jovanović^{2,3}, Tijana, Milićević², Marijana, Matek Sarić⁴, Bosiljka, Mustać⁵

¹*Institute for Medical Research and Occupational Health, Ksaverska street 2, 10 000 Zagreb, Croatia,*

²*Institute of Physics, University of Belgrade, Pregrevica 118, 11080 Belgrade, Serbia*

³*Singidunum University, Danijelova 32, 160622 Belgrade, Serbia,* ⁴*Department of Health Studies, University of Zadar, Mihovila Pavlinovića street 1, 23 000 Zadar, Croatia:* ⁵*Department of Ecology, Agronomy, and Aquaculture, University of Zadar, Mihovila Pavlinovića street 1, 23 000 Zadar, Croatia*
e-mail: sherceg@imi.hr

Polychlorinated biphenyls (PCB) are among the most widespread environmental pollutants and belong to the group of persistent organic pollutants regulated by the Stockholm Convention. Despite their ban approximately 50 years ago, they remain a significant focus of scientific research due to their inherent persistence, which means their elimination from the environment is not complete. Current research indicates that seas and oceans serve as ultimate repositories for these compounds because they remain highly stable in these environments, creating so-called secondary sources of pollution. Consequently, there is a risk for people who consume seafood, as research shows that seafood significantly contributes to PCB intake in the human body. Studies of the Adriatic Sea have shown that small pelagic fish living closer to the coast have higher levels of PCBs, and a comparison of wild and farmed tuna, as well as wild and farmed shellfish, indicated lower PCB levels in farmed species. Extremely high levels are found in predator species (dolphins and wild tuna). Besides PCBs, the presence of other pollutants in various environmental components demands increasing attention and research, as environmental pollution has a significant impact on the frequent occurrence of diseases. Therefore, as part of the scientific project EnvironPollutHealth, comprehensive research is being conducted on the levels, profiles, and sources of environmental pollution and their effects on the environment and human health. Since air pollution is considered the main environmental factor, affecting both ecosystem and human health, which are consequently inseparably linked, EnvironPollutHealth investigates air and aquatic ecosystem pollution (both freshwater and marine) and conducts human biomonitoring using breast milk. This study was performed using the facilities and equipment funded within project KK.01.1.1.02.0007, and funded by Next Generation EU-EnvironPollutHealth.

Key words: Environmental Pollution, PCBs, Adriatic Sea

Karakterizacija mezoplastike i mikroplastike u sedimentu plaže u Ninu

Mirjam, Vidas¹, Melita, Mokos², Ivana, Zubak Čižmek³

¹ Sveučilište u Zadru, Trg kneza Višeslava 9, ² Sveučilište u Zadru, Trg kneza Višeslava 9,

³ Sveučilište u Zadru, Trg kneza Višeslava 9

e-mail: mirjamvidas20@gmail.com

Rastom populacije i različitih grana gospodarstva te industrije povećava se i količina otpada. Ljudskim djelovanjem i neadekvatnim zbrinjavanjem, antropogeni otpad uzrokuje onečišćenje morskih i obalnih ekosustava. Zbog masovne proizvodnje i široke primjene, plastika čini većinu (morskog) otpada te predstavlja globalni problem modernog doba. Uslijed dugog roka trajanja i lakog transporta, plastični materijal sveprisutan je na obalnim područjima diljem svijeta što potkrepljuju rezultati različitih istraživanja. U svrhu definiranja stanja pješčane plaže Ždrijac u Ninu, postavljeni su ciljevi rada koji uključuju utvrđivanje količine mikro i mezo otpada, svrstavanje sakupljenih uzoraka u odgovarajuće kategorije te karakterizaciju ispitaka. Prikupljanje sedimenta provedeno je krajem lipnja 2023. te ponovno u listopadu iste godine. Uzorkovanje, odvajanje, kategorizacija i karakterizacija mezo i mikro plastičnog otpada izvršena je prema uputama DeFishGear protokola. Analiza uzoraka i obrada podataka potvrđuju prisutnost morskog otpada na obalnom području grada Nina. Na istraživanom području pronađeno je ukupno 28 različitih frakcija mezoplastike i 63 frakcije mikroplastike. Značajan brojčani udio (60,71%) mezoplastike čine opušci cigareta dok u kategoriji mikroplastičnog otpada, nedvojbeno, prevladavaju fragmenti koji čine gotovo 72% ukupnog brojčanog udjela ispitaka. Također, prilikom karakterizacije ispitaka, uočena je izražena zastupljenost frakcija svjetlijih boja pri čemu je čak 50% frakcija mezoplastike bijele boje, a 39,68% frakcija mikroplastike je bistro-bijelo-krem boje. Podizanje svijesti i edukacija stanovništva te pravilno odlaganje i gospodarenje otpadom mogu znatno utjecati na smanjenje zagađenja okoliša.

Ključne riječi: Morski otpad, mikroplastika, mezoplastika, pješčana plaža, grad Nin

Characterization of mesoplastics and microplastics in the beach sediment in Nin

Mirjam, Vidas¹, Melita, Mokos², Ivana, Zubak Čižmek³

¹ *University of Zadar, Trg kneza Višeslava 9*, ² *University of Zadar, Trg kneza Višeslava 9*,

³ *University of Zadar, Trg kneza Višeslava 9*

e-mail: mirjamvidas20@gmail.com

With growth of population and various sectors of the economy and industry, the amount of waste is also increasing. Anthropogenic waste, resulting from human activities and inadequate disposal, causes pollution in marine and coastal ecosystems. Due to its mass production and widespread use, plastic constitutes the majority of (marine) litter and represents a global problem of modern times. Furthermore, due to its long lifespan and easy transport, plastic material is pervasive in coastal areas worldwide, as supported by the results of various studies. To assess the condition of the Ždrijac sandy beach in Nin, the study aims to determine the quantity of meso and micro waste, classify the collected samples into appropriate categories and characterize them. Sediment sampling was carried out at the end of June 2023 and again in October of the same year. Sampling, separation, categorization and characterization of meso and micro plastic waste were conducted following the DeFishGear protocol. Analysis of samples and data processing confirmed the presence of marine litter in the coastal area of the town of Nin. In the research area, a total of 28 different mesoplastic fractions and 63 microplastic fractions were found. A significant portion (60,71%) of mesoplastic waste comprises cigarette butts, while in the microplastic category, fragments are dominant, accounting for almost 72% of the total sample count. Additionally, during the characterization of microplastic samples, a notable abundance of lighter-colored fractions was observed, with as much as 50% of mesoplastic fractions being white and 39,68% of microplastic fractions being clear-white-cream colored. Raising awareness and educating the population, along with proper disposal and waste management, can significantly contribute to reducing environmental pollution.

Key words: Marine litter, microplastics, mesoplastics, sandy beach, town of Nin

Umjetno proizvedene nanočestice u morskom okolišu – uloga izvanstaničnih polimera mikroalgi

¹Petra, Vukosav, ¹Tea, Mišić Radić

¹Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10 000 Zagreb
e-mail: petra.vukosav@irb.hr

Povećana proizvodnja različitih umjetno proizvedenih nanočestica, zbog njihove široke primjene u mnogim industrijama, rezultira sve većim prisustvom tih nanočestica u okolišu. U ovom radu istraživali smo utjecaj izvanstaničnih polimera (eng. extracellular polymers, EPS) koje izlučuju mikroalge na stabilnost umjetno proizvedenih nanočestica silicijevog dioksida (SiO₂) u moru, obzirom da je EPS glavna komponenta prirodno prisutne otopljene organske tvari. EPS je izoliran iz kulture morske dijatomeje *Cylindrotheca closterium*. Oslikavanje uzoraka mikroskopom atomskih sila (eng. atomic force microscopy, AFM) pokazalo je da SiO₂ nanočestice (promjer 12 nm) u moru bez dodanog EPS-a, formiraju agregate (990 ± 170 nm), za razliku od suspenzije nanočestica u ultračistoj vodi gdje su nađene pojedinačne nanočestice. U morskoj vodi s dodanim EPS-om (200 µg mL⁻¹), AFM oslikavanje je pokazalo da su se pojedinačne SiO₂ nanočestice i njihovi nanoagregati vezali za mrežu EPS-a. Dodatno, AFM oslikavanje *C. closterium* stanica uzetih direktno iz kulture u kojoj su dodane SiO₂ nanočestice je pokazalo da su se nanočestice, uglavnom pojedinačne, vezale za EPS koji se nalazi uz stanicu. Stoga dobiveni rezultati pokazuju da prisustvo EPS u moru značajno mijenja afinitet agregiranja SiO₂ nanočestica, što bi moglo biti važno za vrijeme fitoplanktonskog cvata kada je koncentracija EPS-a značajno veća. Naime, EPS ima potencijal da veže i time stabilizira SiO₂ nanočestice čime se povećava njihovo vrijeme zadržavanja u vodenom stupcu, što bi posljedično moglo negativno utjecati na morske organizme. Nadalje, rezultati dobiveni u ovom radu bi mogli objasniti zadržavanje ne samo SiO₂ nanočestica u vodenom stupcu, nego i drugih, (polu)metalnih oksidnih vrsta umjetno proizvedenih nanočestica u morskom okolišu.

Ključne riječi: izvanstanični polimeri mikroalgi, mikroskop atomskih sila, morska dijatomeja *Cylindrotheca closterium*, SiO₂ nanočestice

Engineered nanoparticles in the marine environment – the role of microalgal extracellular polymers

¹Petra, Vukosav, ¹Tea, Mišić Radić

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10 000 Zagreb*
e-mail: petra.vukosav@irb.hr

The growing production of various engineered nanoparticles (NPs), has led to an increasing presence of engineered NPs in the environment due to their wide application in numerous industries. In this study, we investigated the influence of microalgal extracellular polymers (EPS), the main component of dissolved natural organic matter, on the stability of engineered silica nanoparticles (SiO₂ NPs) in the marine environment. EPS was isolated from the culture of the marine diatom *Cylindrotheca closterium*. Using atomic force microscopy (AFM), it was found that SiO₂ NPs (12 nm diameter) form microscale aggregates in seawater without EPS, in contrast to the individually dispersed SiO₂ NPs in ultrapure water. In seawater enriched with EPS (200 µg mL⁻¹), AFM imaging showed that individual SiO₂ NPs and their nanoscale aggregates were incorporated into the EPS network. Furthermore, AFM images of *C. closterium* cells directly sampled from the culture spiked with SiO₂ NPs showed that the NPs, mainly as individual particles, were bound to the EPS released around the cells. Our results suggest that the presence of EPS alters the aggregation propensity of SiO₂ NPs in the marine environment. This could have significant implications, especially during microalgal blooms when EPS production increases. Namely, EPS has potential to scavenge and stabilize SiO₂ NPs, thus prolonging their residence time in the water column, which could have adverse effects on marine biota. In addition, our results could also explain the persistence in the water column not only of SiO₂ NPs but most likely also of other (semi)metal oxide types of engineered NPs in the marine environment.

Key words: atomic force microscopy, marine diatom *Cylindrotheca closterium*, microalgal extracellular polymers, silica nanoparticles

Povezanost klimatskih promjena i onečišćenja mora plastikom: utjecaji na morske organizme

Ines, Kovačić¹, Anamarija, Vidas², Moira, Buršić², Petra, Burić², Paolo, Paliaga², Neven, Iveša², Ana, Markić³, Andrea, Budiša³, Gioconda, Milotti², Emina, Pustijanac²

¹Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Hrvatska, ²Fakultet prirodnih znanosti, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Hrvatska, ³Blue Spark, Environmental Consultancy, Put za Marleru 20, 52204 Ližnjan, Hrvatska
e-mail: ikovacic@unipu.hr

Svake godine najmanje 8 milijuna tona odbačene plastike ulazi u mora i oceane, što uzrokuje štetne posljedice za morske organizme. Klimatske promjene ubrzavaju širenje plastike, ali i stvaranje čestica mikroplastike i nanoplastike. U ovom je radu analizirano 65 publikacija dostupnih u Google Scholar bazi od 2015. do 2024. godine. Utvrđeno je da primarni put ispuštanja mikroplastike započinje ispuštanjem čestica pohranjenih u ledu. Kako se led topi, zbog porasta globalnih temperatura, dolazi do ispiranja plastike i raspadnutih čestica s tla na obale i u vodotoke rijeka. Zbog veće količine oborina i djelovanja vjetrova čestice dospijevaju iz rijeka u mora, a jakim se morskim strujama nastale čestice makroplastike i mikroplastike šire i ulaze u hranidbeni lanac, predstavljajući ozbiljne rizike za morske organizme. Kod algi i morskih cvjetnica mogu se pronaći čestice mikroplastike veličine od 13,5 µm do 5000 µm, u morskim beskralježnjacima od 3 µm do 5000 µm, dok su u kralježnjacima prisutne čestice od 1 µm do 5000 µm. U algama, morskim cvjetnicama i morskim beskralježnjacima prisutne su većinom niti, dok su u morskim kralježnjacima uz niti najviše zastupljeni fragmenti. Od ukupnog broja promatranih organizama u dostupnoj literaturi, čestice mikroplastike najviše su istraživane u ribama (59%), zatim u mekušcima (13%), a potom u člankonošcima (7%) vjerojatno zbog povezanosti s prehranom čovjeka.

Ključne riječi: plastični otpad, klimatske promjene, utjecaj na morske organizme, čestice mikroplastike

Connection of Climate Change and Marine Plastic Pollution: Impacts on Marine Organisms

Ines, Kovačić¹, Anamarija, Vidas², Moira, Buršić², Petra, Burić², Paolo, Paliaga², Neven, Iveša², Ana, Markić³, Andrea, Budiša³, Gioconda, Milotti², Emina, Pustijanac²

¹*Faculty of Educational Sciences, Juraj Dobrila University of Pula, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Croatia,*

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

³*Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Croatia*

e-mail: ikovacic@unipu.hr

Every year, at least 8 million tons of discarded plastic enter the seas and oceans, causing harmful consequences for marine organisms. Climate change accelerates the spread of plastic and the formation of microplastic and nanoplastic particles. This study analyzed 65 publications available in the Google Scholar database from 2015 to 2024. It was found that the primary route of microplastic discharge begins with the release of particles stored in ice. As the ice melts due to rising global temperatures, plastic and fragmented plastic particles are washed from the land to the shores and river streams. Increased rainfall and wind action transport particles from rivers into the seas, where strong marine currents disperse macroplastic and microplastic particles, which then enter the food chain, posing serious risks to marine organisms. Microplastic particles ranging from 13.5 μm to 5000 μm can be found in algae and seagrasses, from 3 μm to 5000 μm in marine invertebrates, and from 1 μm to 5000 μm in vertebrates. In algae, seagrasses, and marine invertebrates, fibers are mostly present, while in marine vertebrates, fragments are most commonly found alongside fibers. Of the total number of observed organisms in the available literature, microplastic particles were most frequently studied in fish (59%), followed by mollusks (13%), and then arthropods (7%), likely due to their connection with human consumption.

Key words: plastic waste, climate change, impacts on marine organisms, microplastics

Procjena rizika i koristi od konzumiranja jadranske pelagične ribe

Tijana, Milićević¹, Snježana, Herceg Romanić², Jasna, Đinović-Stojanović³, Dubravka, Relić⁴, Gordana, Jovanović^{1,5}, Aleksandar, Popović⁴, Bosiljka, Mustać⁶

¹ Laboratorija za fiziku životne sredine, Institut za fiziku Beograd, Nacionalni institut Republike Srbije, Univerzitet u Beogradu, Pregrevica 118, 11080 Beograd, Srbija, ² Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, 10001 Zagreb, Hrvatska, ³ Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kačanskog 13, 11000 Beograd, Srbija, ⁴ Univerzitet u Beogradu – Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, 11000 Beograd, Srbija, ⁵ Sveučilište Singidunum, Danijelova 32, 11000 Beograd, Srbija, ⁶ Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, Hrvatska
e-mail: tijana.milicevic@ipb.ac.rs

Procjena koristi i rizika od konzumiranja ribe je ključna za balansiranje unosa omega-3 masnih kiselina i štetnih kemijskih tvari. U ovoj studiji utvrđeni su sadržaji makro- i mikroelemenata i masnih kiselina u 6 vrsta pelagičnih riba (šarun, srdela, srdela golema, inćun, lokarda i iglica) iz Jadranskog mora kako bi se procijenili zdravstveni rizici za konzumente. Analizirano je 16 elemenata i 14 masnih kiselina korištenjem masene spektrometrije sa indukovano-spregnutom plazmom i plinsko-tekuće kromatografije. Koncentracije su korištene za procjenu rizika po zdravlje konzumenata, specifičnih rizika za određene organe i organske sustave i procjene rizika i koristi od unosa štetnih elemenata i zdravih masnih kiselina. Ishrana na bazi lokarde i srdele goleme pokazala je najveći unos esencijalnih omega-3 masnih kiselina. Manji unos toksičnih elemenata primijećen je kod inćuna i srdele goleme. Koncentracije elemenata su ukazale na nizak nekancerogen rizik (HI: 0,1–1), dok su neke maksimalne vrijednosti (šarun i inćun) bile iznad 1. Neorganski As je najviše doprinio povećanju ukupnog HI i kancerogenog (CR, R) rizika. Prihvatljivi CR su pronađeni za većinu uzoraka, ali maksimalni CR (šarun i inćun) su pokazali potencijalne štetne učinke. Dugotrajna konzumacija pelagičnih riba nema štetnih utjecaja na razvoj nekancerogenih endokrinih, hepatičnih i urinarnih oboljenja. Postojao je nizak rizik od razvoja kardiovaskularnih, živčanih i reproduktivnih bolesti, a za uzorke riba sa maksimalnim vrijednostima rizik je bio povišen (HI>1). Nije bilo rizika za razvoj kancerogenih endokrinih i hepatičnih bolesti, ali je postojao prihvatljiv rizik ($1 \times 10^{-4} \geq R \geq 1 \times 10^{-6}$) za živčani sustav i reproduktivne organe. Analiza koristi i rizika pokazala je da anorganski As utječe da konzumacija značajnog broja ispitivanih uzoraka i ima veći rizik nego koristi po ljudsko zdravlje. Ova vrsta procjene najgoreg mogućeg scenarija zdravstvenog rizika predstavlja samo mjeru predostrožnosti.

Ključne riječi: pelagične ribe, potencijalno toksični elementi, procjena zdravstvenog rizika, korist- rizik analiza

Health risks and benefits of consuming Adriatic pelagic fish

Tijana, Milićević¹, Snježana, Herceg Romanić², Jasna, Đinović-Stojanović³, Dubravka, Relić⁴, Gordana, Jovanović^{1,5}, Aleksandar, Popović⁴, Bosiljka, Mustać⁶

¹*Environmental Physics Laboratory, Institute of Physics Belgrade, National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade, Pregrevica 118, 11080 Belgrade, Serbia,* ²*Institute for Medical Research and Occupational Health, Ksaverska Cesta 2, 10001 Zagreb, Croatia,* ³*Institute of Meat Hygiene and Technology, Kačanskog 13, 11000 Belgrade, Serbia,* ⁴*University of Belgrade-Faculty of Chemistry, Studentski Trg 12-16, 11000 Belgrade, Serbia,* ⁵*Singidunum University, Danijelova 32, 11000 Belgrade, Serbia,* ⁶*Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, University of Zadar, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, Croatia*

e-mail: tijana.milicevic@ipb.ac.rs

The benefit-risk assessment of fish consumption is crucial for balancing the intake of healthy omega-3 fatty acids and harmful chemical substances. This study determined the contents of macro- and microelements and fatty acids in 6 pelagic fish species (horse mackerel, sardine, round sardinella, anchovy, chub mackerel, and garfish) from the Adriatic Sea to assess health risks for consumers. Using inductively coupled plasma mass spectrometry and gas-liquid chromatography 16 elements and 14 fatty acids were analyzed. The concentrations were used to assess health risks for consumers, specific risks to certain organ systems, and the benefit-risk assessment of intake of harmful elements and healthy fatty acids. Diets based on chub mackerel and round sardinella showed the highest intake of omega-3 fatty acids. Lower ingestion of toxic elements has consumption of anchovy and round sardinella. Element concentrations indicated low non-carcinogenic risk (HI 0.1–1), but maximum and outlier HIs (horse mackerel and anchovy) exceeded 1. Inorganic As was the primary contributor to total non-carcinogenic and carcinogenic risks (CR, R). Acceptable CRs were found for most species, but maximum CRs (horse mackerel and anchovy) showed potential adverse effects. There were no adverse effects to endocrine, hepatic and urinary diseases development. However, there were low risks for cardiovascular, nervous and reproductive diseases, and for fish samples with maximum and outlier HI values, there was a risk (HI>1). There were no risks for developing carcinogenic endocrine and hepatic illness, but there was acceptable ($1 \times 10^{-4} \geq R \geq 1 \times 10^{-6}$) risk for developing cancer of the nervous system and reproductive organs. Benefit-risk analysis showed that inorganic As influenced that consumption of numerous samples have higher risk than benefits to human health. This type of worst-case scenario health risk assessment study represents a precautionary measure.

Keywords: pelagic fishes, potentially toxic elements, human health risk assessment, benefit-risk analysis

Onečišćenje humanog mlijeka u Zadru: organska onečišćivala, antioksidacijski kapacitet i zdravstveni rizik

Gordana, Jovanović^{1,2}, Snježana, Herceg Romanić³, Tijana, Milićević¹, Marijana, Matek Sarić⁴,
Gordana, Mendaš³

¹Institut za fiziku Sveučilišta u Beogradu, Pregrevica 118, 11080 Beograd, Srbija; ²Sveučilište Singidunum, Danijelova 32, 11010, Beograd, Srbija; ³Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, 10000, Zagreb, Hrvatska; ⁴Odjel za zdravstvene studije Sveučilišta u Zadru, Splitska 1, 23000, Zadar, Hrvatska
e-mail: sherceg@imi.hr

Dojenje nudi značajne zdravstvene prednosti za dojenčad, podržavajući optimalan rast, razvoj i zaštitu od bolesti. U našim studijama ispitivane su razine i međusobni odnosi polikloriranih bifenila (PCB), organoklornih pesticida (OCP) i policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU) u majčinom mlijeku iz Zadra, Hrvatska. Također, određen je ukupni antioksidativni kapacitet (TAC) i procijenjeni su povezani zdravstveni rizici. Rezultati su ukazali na povišene razine PAU-a u zadarskom majčinom mlijeku u usporedbi sa svjetskim podacima, dok su razine PCB-a i OCP-a bile relativno niže. Dijagnostički omjer ukazivao je na prometne emisije kao primarni izvor detektiranih PAU-ova. Prikazana je negativna korelacija između organskih onečišćivala i antioksidativnog kapaciteta. U istraživanju su primjenjivane i napredne statističke i tehnike strojnog učenja za analizu OCP-a i PCB-a, koje su otkrile međusobne odnose i nelinearnu dinamiku među onečišćivalima emitiranima iz sličnih izvora. Metode strojnog učenja pokazale su snažnu nelinearnu povezanost i među samim onečišćivalima u majčinom mlijeku. Rezultati su istaknuli i važnost određenih kongenera PCB-a u predviđanju međusobnih korelacija i metaboličkih procesa kod majki. Procijenjeni dnevni unos (EDI) za PCB-e i OCP-e sugerirao je minimalne rizike za novorođenčad, pri čemu je većina uzoraka ocijenjena sigurnima za konzumaciju na temelju utvrđenih referentnih razina. Potrebna su dodatna istraživanja kako bi se razumjeli potencijalni zdravstveni rizici povezani s prisutnošću PAU-a i osigurala sigurnost majčinog mlijeka za dojenčad. Istraživanje je financirano iz sredstava Europske unije–NextGenerationEU–EnvironPollutHealth i Instituta za fiziku Beograd kroz podršku Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije.

Ključne riječi: majčino mlijeko, poliklorirani bifenili, policiklički aromatski ugljikovodici, antioksidativni kapacitet, zdravstveni rizik, strojno učenje

Contaminant profiles in Zadar breast milk: a study on organic pollutants, antioxidant capacity and health risk

Gordana, Jovanović^{1,2}, Snježana, Herceg Romanić³, Tijana, Milićević¹, Marijana, Matek Sarić⁴,
Gordana, Mendaš³

¹*Institute of Physics, University of Belgrade, Pregrevica 118, 11080 Belgrade, Serbia;* ²*Singidunum University, Belgrade, Danijelova 32, 11010, Belgrade, Serbia;* ³*Institute for Medical Research and Occupational Health, Ksaverska cesta 2, 10000, Zagreb, Croatia;* ⁴*Department of Health Studies, University of Zadar, Splitska 1, 23000 Zadar, Croatia*
e-mail: sherceg@imi.hr

Breastfeeding offers significant health advantages for infants, supporting optimal growth, development, and protection from illnesses. Our studies examined levels and interrelations of polychlorinated biphenyls (PCBs), organochlorine pesticides (OCPs), and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in human milk from Zadar, Croatia. We also aimed to assess the total antioxidant capacity (TAC) and associated health risks. The results highlighted elevated PAH levels in Zadar breast milk compared to worldwide data, while PCB and OCP levels were relatively lower. Diagnostic ratio pointed towards traffic emissions as the primary source of the detected PAHs. A negative correlation was shown between organic contaminants and antioxidative capacity. The study utilized advanced statistical and machine learning techniques to analyze OCPs and PCBs, revealing interrelations and non-linear dynamics among pollutants emitted from similar sources. Machine learning methods indicated a strong non-linear relationship among pollutants in breast milk. The findings emphasized certain PCB congeners' importance in predicting mutual correlations and metabolic processes in mothers. The estimated daily intake (EDI) for PCBs and OCPs suggested minimal risks for newborns, with most samples deemed safe for consumption based on established reference levels. Additional research is needed to understand the potential health risks associated with the presence of PAHs and ensure the safety of breast milk for infants. This study was funded by the European Union–Next Generation EU–EnvironPollutHealth and the Institute of Physics Belgrade, through the grant by the Ministry of Education Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia.

Key words: breast milk, polychlorinated biphenyls, polycyclic aromatic hydrocarbons, antioxidative capacity, health risk, machine learning

Ugljični otisak prehrane studenata i Mediteranski indeks prehrane

Ivana, Rumora Samarin¹, Dubravka, Vitali Čepo², Tara Gabrijela, Martinko¹, Lara, Čišper¹,
Nikolina, Štruml², Ivana, Trbojević²

¹ SUZ Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Pierottijeva 6, 10000, Zagreb, ² SUZ Farmaceutsko-biokemijski fakultet, Ul. Ante Kovačića 1, 10000, Zagreb,
e-mail: dvitali@pharma.hr

Promjena obrazaca prehrane, primarno u vidu normalizacije energijskog unosa i prelaska na prehranu bogatu biljnom hranom uz smanjenje konzumacije mesa i mliječnih proizvoda, ključna je za smanjenje ugljičnog otiska i postizanje *net zero* emisija. Istodobno, promjene obrazaca prehrane ka održivijima, kao što je mediteranska, ključne su za smanjenje mortaliteta i morbiditeta od kroničnih nezaraznih bolesti, kao vodećih uzročnika smrtnosti i pobola. Stoga je postizanje značajnih promjena obrazaca prehrane izvrstan primjer klimatsko-zdravstvenih kobenefita te ovakav pristup postaje sve važniji dio mitigacijskih i adaptacijskih politika. Ovim istraživanjem po prvi puta istražen je ugljični otisak prehrane u RH kao i Mediteranski indeks prehrane (koji kvantificira sličnost obrazaca prehrane s mediteranskom prehranom kao primjerom održive niskougljične prehrane). Istraživanje je provedeno na uzorku studentske populacije (393 studenta) tijekom tri uzastopne akademske godine (2021-2023) na SUZ Farmaceutsko-biokemijskom fakultetu. Podaci o prehrani studenata prikupljeni dnevnicima prehrane (1572 dnevnika); podaci o energijskoj i nutritivnoj vrijednosti konzumirane hrane i pića dobiveni su obradom u programu „Prehrana“. Na temelju dobivenih podataka izračunat je Mediteranski indeks kakvoće prehrane (MDQI), a ugljični otisak prehrane procijenjen je korištenjem baze podataka *dataFIELD version 1.0*. Promatrana populacijska skupina adekvatne je tjelesne mase (ITM 22,0 kg/m²), pri čemu je 13,4% studenata prekomjerne tjelesne mase. Čak 32,2% ispitanika ima prekomjeran dnevni unos energije od kojeg 44,1% otpada na ugljikohidrate; 39,2% na masti te 17,2% na proteine. Prosječna ocjena kakvoće prehrane iznosi 9,3, što označava srednju do nedostatnu kakvoću prehrane (MDQI 9,06; 9,47; 9,46). Procijenjeni ugljični otisak iznosi 5,101 eqCO₂, pri čemu unos ribe i morskih plodova doprinosi s 3,8%, 4,2%, odnosno 5,3%, ovisno o godini. Važno je za istaknuti povećavanje konzumacije konzervirane ribe tijekom praćenja, posebice tune, što moguće doprinosi većem ugljičnom otisku. S obzirom na dobivene rezultate može se zaključiti da trenutni obrazac prehrane studentske populacije nije održiv. Nužno je uvođenje promjena, kao i daljnja istraživanja na ovom području.

Ključne riječi: kakvoća prehrane, mediteranski obrazac prehrane, ugljični otisak

Carbon footprint of students' diet and Mediterranean diet quality index

Ivana, Rumora Samarin¹, Dubravka, Vitali Čepo², Tara Gabrijela, Martinko¹, Lara, Čišper¹, Nikolina, Štruml², Ivana, Trbojević²

¹UNIZG Faculty of Food Technology and Biotechnology, Pierottijeva 6, 10000, Zagreb, ²UNIZG Faculty of Pharmacy and Biochemistry, Ul. Ante Kovačića 1, 10000, Zagreb, e-mail: dvitali@pharma.hr

Changing dietary patterns, primarily by normalizing energy intake and switching to a diet rich in plant foods while, at the same time, reducing the consumption of meat and dairy products, is a key to reducing the carbon footprint and achieving net zero emissions. Additionally, embracing more sustainable dietary patterns such as the Mediterranean diet, is a key to reducing mortality and morbidity from chronic non-communicable diseases. Therefore, achieving significant changes in dietary patterns is an excellent example of achieving climate-health co-benefits, and this approach is becoming an increasingly important part of mitigation and adaptation policies. Within this investigation we conducted the assessment of the carbon footprint of the students' diet in the Republic of Croatia with the additional calculation of the Mediterranean diet quality index (MDQI) which quantifies the similarity of diet patterns with the Mediterranean diet as an example of a sustainable low-carbon diet. The research was focused on student population (393 students) during three consecutive academic years (2021-2023) at the UZG Faculty of Pharmacy and Biochemistry. Data on students' diet were collected by diet diaries (1572 diaries) and processed by "Nutrition" program to obtain results on the energy and nutritional value of consumed food and drinks. Based on the obtained data, MDQI was calculated, and the carbon footprint of the diet was estimated using the dataFIELD version 1.0 database. The observed population had adequate body weight (BMI 22.0 kg/m²), with 13.4% of students being overweight. As many as 32.2% of the respondents had an excessive daily energy intake, including 44.1% carbohydrates, 39.2% fat and 17.2% protein. The average diet quality score was 9.3, indicating moderate to inadequate diet quality (MDQI 9.06; 9.47; 9.46). The estimated carbon footprint is 5,101 eqCO₂, with fish and seafood consumption contributing 3.8%, 4.2% and 5.3%, respectively, depending on the year. It is important to emphasise that the consumption of canned fish, especially tuna, has increased during the observation, which may contribute to a higher carbon footprint. Considering the results obtained, the current dietary pattern of the student population is not sustainable. It is necessary to make dietary changes and conduct further research.

Key words: diet quality, Mediterranean diet, carbon footprint

Primjena postupka za jednosmjerno ugnježdavanje detaljnih numeričkih modela u oceanografske modele

Marta, Alvir¹, Ivana, Lučin¹, Ante, Sikirica², Lado, Kranjčević¹

¹Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, ²Centar za napredno računanje i modeliranje, Sveučilište u Rijeci, Radmile Matejčić 2, 51000 Rijeka
e-mail:marta.alvir@uniri.hr

Prilikom promatranja širenja onečišćenja i smanjenja utjecaja klimatskih promjena sve ključniji alat u analizi podataka postaju numeričke simulacije. Za analizu strujanja mora, često se upotrebljavaju oceanografski modeli, međutim s njima najčešće nije moguće detaljno modeliranje specifičnih situacija sa značajnijim razlikama u gustoći fluida (kao primjerice u slučaju podmorskih ispusta) i kompleksnih geometrija (npr. postolja odobalnih vjetroturbina). Stoga se u ovom istraživanju predlaže jednosmjerno ugnježdavanje numeričkog modela izrađenog u OpenFOAM-u u oceanografski model. Navedeni postupak može biti vrlo koristan kod detaljnih analiza miješanja i širenja onečišćenja u obalnim područjima te strujanja mora oko objekata postavljenih u moru, što je bitno iz aspekta zaštite okoliša i obalnog inženjerstva. U sklopu ovog istraživanja predstavljen je postupak za ugnježdavanje podataka iz dvije vrste oceanografskih modela ROMS (engl. *Regional Ocean Modeling System*) i NEMO (engl. *Nucleus for European Modelling of the Ocean*), pri čemu su također analizirane razlike u postupku i primjeni svakog od navedenih modela. Navedeni postupak je primijenjen za različite tipove problema, uključujući modeliranje širenja onečišćenja iz podmorskih ispusta, izlivanje nafte, modeliranje miješanja riječne i morske vode u ušću Rječine te strujanje oko temelja odobalnih vjetroturbina. Rezultati numeričkih simulacija su pokazali da se navedena tehnika može uspješno primijeniti na različiti niz problema, što može biti ključno kod predviđanja širenja onečišćenja u incidentnim događajima te planiranju aktivnosti u priobalnom području.

Ključne riječi: numeričke simulacije, miješanje, onečišćenje, OpenFOAM

Application of the procedure for one-way nesting of detailed numerical models in oceanographic models

Marta, Alvir¹, Ivana, Lučin¹, Ante, Sikirica², Lado, Kranjčević¹

¹University of Rijeka, Faculty of Engineering, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, ²Center for Advanced Computing and Modelling, University of Rijeka, Radmile Matejčić 2, 51000 Rijeka
e-mail: marta.alvir@uniri.hr

When observing the spread of pollution and reducing the impact of climate change, numerical simulations are becoming an increasingly important tool in data analysis. Oceanographic models are often used to analyze sea currents, but they are usually not possible to model in detail specific situations with significant differences in fluid density (such as in the case of submerged outfalls) and complex geometries (e.g. offshore wind turbine stands). Therefore, this research proposes a one-way nesting of the numerical model created in OpenFOAM into the oceanographic model. The mentioned procedure can be beneficial for detailed analyses of the mixing and spread of pollution in coastal areas and sea currents around objects placed in the sea, which is important for environmental protection and coastal engineering. As part of this research, the procedure for nesting data from two types of oceanographic models ROMS (Regional Ocean Modeling System) and NEMO (Nucleus for European Modeling of the Ocean) is presented, while also analyzing the differences in the procedure and application of each of the mentioned model. The suggested procedure has been applied to different types of problems, including modeling the spread of pollution from submerged outfalls, oil spills, modeling mixing river and sea waters in the Rječina mouth, and flow around the foundations of offshore wind turbines. The results of the numerical simulations showed that the mentioned technique can be successfully applied to a different set of problems, which can be crucial when predicting the spread of pollution in incident events and planning activities in the coastal area.

Key words: numerical simulations, mixing, pollution, OpenFOAM

Zagrijavanje različito obojenih fasada kuća i njihov utjecaj na pojavnost gradskih toplinskih otoka

Tamara, Banović¹, Luka, Kovačić¹, Filip, Kovačić¹

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

Cilj rada učeničkog istraživanja bio je ispitati razlike u zagrijavanju različito obojenih površina stambenih objekata te ispitati njihov utjecaj na pojavnost urbanih toplinskih otoka. Prvi dio istraživanja provodio se u školi gdje se pokusom ispitala brzina taljenja leda ovisno o boji podloge na kojoj se nalazi te se ispitala razlika u temperaturi zagrijavanja triju različito obojenih podloga, koje simuliraju zagrijavanje tla, vode i ledenjaka. Drugi dio istraživanja povodio se na terenu, od lipnja 2023. do siječnja 2024, gdje se laserskim termometrom mjerila površinska temperatura različito obojenih dijelova pet stambenih objekata. Treći dio istraživanja uključivao je mjerenje temperature zraka u urbanom i neizgrađenom dijelu kako bi se utvrdila razlika u temperaturi zraka na tim područjima. Rezultati istraživanja pokazuju brže taljenje leda na tamnim podlogama te brže zagrijavanje tamnijih površina. Mjerenje temperature različito obojenih fasada pokazuju veću zagrijanost tamnog dijela fasade za sva mjerenja na svim objektima. Temperaturna razlika u zagrijavanju povećava se s povećanjem temperature zraka, a ovisi i o orijentaciji fasade na kojoj se mjerenja obavljaju. U urbanom dijelu grada, temperatura zraka mjerena među stambeno-poslovnim zgradama, s djelomično tamno obojanim fasadama, viša je u odnosu na temperaturu zraka mjerenu svega nekoliko stotina metara udaljenom području na kojem nema izgrađenih objekata. Ovim istraživanjem dolazi se do zaključka da tamne površine, s niskim albedo efektom, upijaju veću količinu energije od bijelih površina. Otpuštanjem topline povećavaju temperaturu okolnog zraka i utječu na pojavnost gradskih toplinskih otoka. U područjima s blagim zimama i vrućim ljetima, bijela fasada bolji je izbor od tamne fasade zbog većeg zagrijavanja tamne fasade ljeti dok je razlika u zagrijavanju tamne fasade u odnosu na bijelu zanemariva u zimskom razdoblju.

Ključne riječi: albedo efekt, globalno zatopljenje, taljenje ledenjaka, bijele kuće, urbani toplinski otoci

Heating of differently colored house facades and their impact on the formation of urban heat islands

Tamara, Banović¹, Luka, Kovačić¹, Filip, Kovačić¹

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

The aim of the student research was to examine the differences in heating of differently colored surfaces of residential buildings and their influence on urban heat islands. The research was conducted in three parts. First, at school, the speed of ice melting and the temperature differences of three differently colored substrates simulating soil, water, and glaciers were tested. Second, from June 2023 to January 2024, field measurements were taken using a laser thermometer to measure the surface temperature of differently colored parts of five residential buildings. Third, air temperature measurements were taken in urban and non-built-up areas to determine temperature differences. Results showed faster melting of ice on dark surfaces and faster heating of darker surfaces. Measurements of differently colored facades revealed greater warming of the dark parts for all buildings. The temperature difference increased with rising air temperatures and depended on the facade's orientation. In urban areas, air temperatures between buildings with partially dark facades were higher compared to nearby non-built-up areas. The research concluded that dark surfaces, with a low albedo effect, absorb more energy than white surfaces and increase surrounding air temperatures, contributing to urban heat islands. In regions with mild winters and hot summers, white facades are preferable due to less heating in summer, while winter heating differences between dark and white facades are negligible.

Key words: albedo effect, global warming, melting glaciers, white houses, urban heat islands

Pregled hrvatskog zakonodavstva u svezi s mogućim iskorištavanjem obnovljivih izvora energije na moru

Ivica, Kinder¹

¹*Sveučilište obrane i sigurnosti „Dr. Franjo Tuđman“*
e-mail: ivica.kinder@sois-ft.hr

Polazeći od nastojanja Europske unije (EU) za klimatskom neutralnošću, uključujući putem iskorištavanja obnovljivih izvora energije (OIE) na moru, autor analizira potencijalni sadržaj takvih djelatnosti i potrebnu infrastrukturu. Imajući u vidu osjetljivost ekološke ravnoteže u Jadranskom moru, autor vidi potrebu za sveobuhvatnom analizom niza prethodnih pitanja, kako iz perspektive utjecaja na morski okoliš (uključujući podvodnu buku, vibracije, ne-ionizirajuća zračenja, itd.), tako i iz perspektive utjecaja na druge gospodarske djelatnosti na moru. Autor zagovara cjelovitu analizu pravnog okvira Republike Hrvatske (RH), uključujući iz perspektive njezinih suverenih prava u isključivom gospodarskom pojasu (IGP), u svrhu prepoznavanja potrebe za optimizacijom tog okvira, ponajprije kroz odredbe Pomorskog zakonika, Zakona o obalnoj straži RH, Kaznenog zakona, i dr. Pored toga, prepoznaje potrebu za međuresornim pregledom prikladnosti i međusobne ujednačenosti postojećih podzakonskih propisa na poljima pomorstva, energetike, rudarstva, prostornog planiranja, i dr. S obzirom na potencijal štetnog utjecaja na morski okoliš, autor skreće pozornost na važnost pitanja izdavanja dozvola i odgovornosti za štetu, te uklanjanja uređaja i naprava u IGP, kako je to propisano Konvencijom UN-a o pravu mora iz 1982. (UNCLOS). Autor zagovara odgovornu procjenu svih rizika, ističući kako visina troškova uklanjanja ne smije biti glavni kriterij. S obzirom na naglašenu regionalnu dimenziju u pristupu EU projektima iskorištavanja OIE na moru, autor vidi potrebu za suradnjom i usklađenim djelovanjem RH s drugim državama i međunarodnim organizacijama, ali u skladu s pravima stečenim na temelju UNCLOS i vlastitim nacionalnim interesima.

Ključne riječi: klimatska neutralnost, Jadransko more, obnovljivi izvori energije na moru, morski ekosustavi, Konvencija UN-a o pravu mora.

A review of the Croatian legislation regarding the possible exploitation of renewable energy sources at sea

Ivica, Kinder¹

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

Starting from the European Union's (EU) efforts towards climate neutrality, including through the utilization of offshore renewable energy sources (ORES), the author analyzes the potential content of such activities and the associated infrastructure. Considering the sensitivity of the ecological balance in the Adriatic Sea, the author emphasizes the need for a comprehensive analysis of a range of preliminary issues, both from the perspective of the impact on the marine ecosystems (including underwater noise, vibrations, non-ionizing radiation, etc.) and from the perspective of the impact on other economic activities at sea. Based on these grounds, the author advocates for an extensive analysis of the legal framework of the Republic of Croatia, including from the perspective of its sovereign rights in the exclusive economic zone (EEZ), to identify the need for optimization of this framework, primarily by the provisions of the Maritime Code, the Law on the Croatian Coast Guard, the Criminal Code, etc. In addition, the author recognizes a need for inter-departmental review of the adequacy and consistency of existing by-laws in the fields of maritime affairs, energy, mining, spatial planning, etc. Bearing in mind the potential for detrimental impacts on the marine environment, the author underlines the importance of the issues of granting licenses and liability for damage, as well as the removal of installations and structures in the EEZ, as prescribed by the 1982 United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS). The author advocates for responsible assessment of all risks, emphasizing that removal costs should not be the main criterion. Considering the significance of the regional dimension in the EU's approach to ORES projects, the author sees a need for co-operation and concerted action by Croatia with other states and international organizations, in accordance with the rights acquired under UNCLOS and its own national interests.

Key words: climate neutrality, Adriatic Sea, offshore renewable energy sources, marine ecosystems, UNCLOS.

ClimEmpower, projekt Obzor Europe: Postavljanje, dosad naučeno i daljnji koraci

Lucija, Petricioli¹, Predrag, Pale¹, Marija, Vurnek¹, Denis, Havlik²

¹Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska,

²Austrijski institut tehnologije, Giefinggasse 4, 1210 Beč, Austrija

e-mail: lucija.petricioli@fer.hr

ClimEmpower je projekt Obzor Europe koji je započeo u rujnu 2023. i trajat će do rujna 2026. godine. Cilj mu je osnažiti pet europskih regija (Andaluzija, Regija središnje Grčke, Osječko-baranjska županija, Sicilija i područje planine Troodos) u njihovoj stalnoj i rastućoj borbi s klimatskim promjenama. *ClimEmpower* je već olakšao stvaranje zajednica prakse (engl. *Community of Practice*) koje uključuju važne dionike iz svake regije. Svaka regija ima svoju zajednicu prakse. Dionici su vrlo različiti, od predstavnika javnih službi, znanstvenika, pa sve do šire javnosti. Nakon osnivanja, svaka od zajednica morala je održati uvodni sastanak. Ovi sastanci (jedan po regiji) korišteni su za predstavljanje projekta dionicima i saznavanje njihovih očekivanja od projekta. Nadalje, cilj prvih sastanaka bio je uspostaviti zajedničko razumijevanje regionalnih potreba i sposobnosti za prilagodbu klimatskim promjenama ili ublažavanje klimatskih promjena, kao i identificirati nedostatak podataka ili znanja te moguće prepreke koje usporavaju regionalni napredak. Zajednice prakse su trebale identificirati opasnosti i izazove s kojima se njihova regija suočava, na koje su nedostatke podataka njihovi članovi naišli kada su razmatrali svoje kapacitete za ublažavanje klimatskih promjena, svoje ranjive sektore i bilo kakva izravna očekivanja koja imaju od *ClimEmpower-a*. Na plakatu će biti prikazani rezultati prvih sastanaka i prve godine *ClimEmpower-a*, kao i neki od sljedećih koraka koje projekt planira poduzeti.

Ključne riječi: klimatske promjene, otpornost, osnaživanje, zajednice prakse

ClimEmpower, a Horizon Europe Project: Setup, Current Lessons Learned, and Way Forward

Lucija, Petricioli¹, Predrag, Pale¹, Marija, Vurnek¹, Denis, Havlik²

¹University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia,

²Austrian Institute of Technology, Giefinggasse 4, 1210 Vienna, Austria

e-mail: lucija.petricioli@fer.hr

ClimEmpower is a Horizon Europe project that started in September 2023 and will last until September 2026. Its goal is to empower five European regions (Andalusia, Region of Central Greece, Osijek-Baranja County, Sicily, and Troodos Mountain area) in their ever-growing battle with climate change. *ClimEmpower* has already facilitated the creation of Communities of Practice (CoPs) that include important stakeholders from each region. The CoPs are region specific. The stakeholders vary greatly, from representatives from public services, scientists, all the way to the general public. Once established, each of the CoPs had to hold an introductory meeting. These meetings (one per region) were used to introduce the project to the stakeholders and to learn what they expect from the project. Furthermore, the goal of the first meetings was to establish a common understanding of the regional needs and capabilities for climate change adaptation or mitigation, alongside any gaps in data or knowledge, and possible barriers slowing their progress down. CoPs were asked to identify the hazards and challenges their region faces, which data gaps they have encountered when considering their climate change mitigation capacity, their vulnerable sectors, and any direct expectations they may have of *ClimEmpower*. The poster will show the results of the first meetings and the first year of *ClimEmpower*, as well as some of the next steps that the project plans to take.

Key words: climate change, resilience, empowering, communities of practice

Integrirane strategije i rješenja za smanjenje otpada u zaštićenim i Natura 2000 područjima (WASTEREDUCE)

Barbara, Sladonja¹, Marija, Pičuljan¹, Klaudia, Dragičević¹, Ninoslav, Luk¹, Danijela, Poljuha¹, Martina, Begić¹, Mirela, Uzelac Božac¹

¹*Institut za poljoprivredu i turizam, Ul. Karla Huguesa 8, 52440 Poreč, Hrvatska*
e-mail: barbara@iptpo.hr

Italija i Hrvatska ne dijele samo Jadransko more, već i izazove poput njegova onečišćenja. Zbog sve većeg broja posjetitelja, otpad se nekontrolirano akumulira na kopnu u zaštićenim i Natura 2000 područjima, što dovodi do onečišćenja okoliša u tim područjima (zelena područja). Nadalje, otpad koji donose rijeke i koji nastaje kao posljedica obalnog turizma često ulazi u Jadransko more i ugrožava vodeni ekosustav (plava područja). Ovaj problem jedan je od najznačajnijih ekoloških problema čiji učinci nadilaze državne granice, stvarajući potrebu za zajedničkim upravljanjem otpadom. Aktivnosti za smanjenje otpada u zajedničkom Jadranskom moru, moraju se prekogranično koordinirati, kako bi se izbjegli jednostrani i neučinkoviti pristupi koji bi potencijalno mogli ugroziti drugu stranu. WASTEREDUCE je prvi Interreg projekt talijansko-hrvatske suradnje, koji podržava EU te lokalne politike i prakse zaštite okoliša koje se tiče upravljanja otpadom u zaštićenim i Natura 2000 područjima. Ovaj će projekt razviti, testirati te implementirati novi, integrirani, participativni i holistički pristup na razini krajobraza, prilagođavajući se specifičnostima zaštićenih i Natura 2000 područja kako bi se smanjili štetni učinci otpada. Poseban naglasak stavljen je na riječna i obalna područja koja su najviše pogođena antropogenim otpadom. Ovaj će pristup biti testiran na ukupno tri pilot područja (jedan u Italiji te dva u Hrvatskoj). WASTEREDUCE okuplja osam ključnih javnih i privatnih partnera iz Italije i Hrvatske koji će sinergijski djelovati na rješavanju problema zagađena i posredno očuvanju ekosustava. Ovaj će projekt pomoći unaprijediti politike i prakse upravljanja otpadom, podići svijest i promijeniti ponašanje posjetitelja i drugih dionika, smanjiti okolišne i društveno-ekonomske troškove upravljanja otpadom i s time povezane utjecaje te unaprijediti suradnju među dionicima na prekograničnoj, nacionalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini u području upravljanja otpadom.

Ključne riječi: upravljanje otpadom, Jadransko more, zaštićena i Natura 2000 područja

Integrated waste reduction strategies and solutions in protected and Natura 2000 areas (WASTEREDUCE)

Barbara, Sladonja¹, Marija, Pičuljan¹, Klaudia, Dragičević¹, Ninoslav, Luk¹, Danijela, Poljuha¹, Martina, Begić¹, Mirela, Uzelac Božac¹

¹*Institute of Agriculture and Tourism, Karla Huguesa 8, 52440 Poreč, Croatia*
e-mail: barbara@iptpo.hr

Italy and Croatia share the Adriatic Sea, but also challenges such as its pollution. Due to the increasing number of visitors, waste accumulates uncontrolled on land in protected and Natura 2000 areas, and this leads to environmental pollution in these areas (green areas). In addition, waste (e.g. river-borne and caused by coastal tourism) often enters the Adriatic Sea and threatens the aquatic environment (blue areas). This issue is one of the most significant environmental problems with the cross-border effect, and there is a need for joint waste management. Actions to reduce waste in the shared Adriatic Sea area must be coordinated across borders to avoid unilateral approaches that are not efficient and could potentially endanger the other side. WASTEREDUCE is the first Italian-Croatian Interreg project to support EU and local environmental protection policies and practices related to waste management in protected and Natura 2000 areas. The project will develop, test and implement a new, integrated, participatory and holistic approach at a landscape level, adapted to the specificities of protected and Natura 2000 areas, in order to minimize the harmful effects of waste, especially with regard to rivers and coastal areas, which are most affected by anthropogenic waste. The approach will be tested in a total of three pilot areas (1 in Italy and 2 in Croatia). WASTEREDUCE brings together eight key public and private partners from Italy and Croatia. The partnership will work synergistically to tackle pollution and indirectly preserve ecosystems. The project will help improve existing waste management policies and practices, raise awareness and change the behavior of visitors and other stakeholders, reduce the environmental and socio-economic costs of waste management and associated impacts, and improve cooperation between stakeholders at transboundary, national, regional and local levels in the field of waste management.

Key words: waste management, Adriatic Sea, protected and Natura 2000 areas

Kako edukacijom unaprijediti ekološki status morskih ekosustava?

Tamara, Banović¹, Ivana, Zemunik¹

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

Osnovna škola u Omišu smještena je između rijeke i mora. Tijekom zadnjih pet godina periodi visokih razina mora dovode do poplave plažnih objekata, a tijekom vjetrovitih dana more izbacuje veće količine otpada pa je izvođenje izvanučioničkih aktivnosti otežano. Kako bi potaknuli svijest djece o potrebi zaštite mora uz koje i od kojeg se živi organiziran je skup aktivnosti kojima bi zainteresirali učenike za ekološku problematiku morskih ekosustava i upoznali ih s posljedicama negativnog djelovanja čovjeka u živim i neživim sustavima. Jednostavnim istraživačkim projektima, kroz pokuse, učenici su ispitali „Je li jednostavno onečistiti vodu“ i objasnili međudnose životnih uvjeta i živih bića. U projektu Erasmus+ projektu "Let's go Out! The right actions – Time to move“ učenici su usvojili ponašanja kojemu je cilj smanjivanje negativnih utjecaja na klimu (simulacija utjecaja CO₂ na porast temperature). U zajedničkoj jednodnevnoj akciji čišćenja mora, podmorja i priobalja, Plava čistka – Let's do it Mediterranean, sudjeluju učenici, ronioci i djelatnici komunalnog poduzeća te članovi Udruge za prirodu, okoliš i održivi razvoj "Sunce". Kao dio međunarodnog projekta Mother Earth učenici su istražili i ispitali fizikalno-kemijska svojstva vode koristeći GLOBE protokole za vodu. Na godišnjoj razini organizirane su radionice i predavanja (dr. sc. Daria Ezgeta Balić i dr.sc. Pero Tutman s Instituta za oceanografiju i ribarstvo iz Splita). Učenici su nakon provedenih aktivnosti bili u mogućnosti kritički promišljati o povezanosti vlastitog načina života i utjecaja na okoliš, analizirati vrstu otpada i načine onečišćenja morskog ekosustava. Koristeći sakupljeni otpad izrađeni su modeli i postavljena je izložba na temu „Od otpada do morskih organizama“ što je konkretan, vizualan način predstavljanja narušene prirodne ravnoteže morskih životnih zajednica.

Ključne riječi: otpad, ekologija, morski ekosustav, edukacija

How to improve the ecological status of marine ecosystems through education?

Tamara, Banović¹, Ivana, Zemunik¹

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

The elementary school in Omiš is located between the river and the sea. During the last five years, periods of high sea levels lead to the flooding of beach facilities, and during windy days the sea throws out larger amounts of waste, making it difficult to carry out extracurricular activities. In order to raise children's awareness of the need to protect the sea by which we live and from which we live, a set of activities was organized to interest students in the ecological issues of marine ecosystems and introduce them to the consequences of negative human action in living and non-living systems. With simple research projects, through experiments, students examined "Is it easy to pollute water?" and explained the interrelationships between living conditions and living beings. In the Erasmus+ project "Let's go Out! The right actions – Time to move" students adopted behaviors aimed at reducing negative impacts on the climate). Students, divers and employees of the utility company and members of the Association for Nature, Environment and Sustainable Development "Sunce" participate in the joint one-day action of cleaning the sea, submarine and coastline, Blue Clean - Let's do it Mediterranean. As part of the international Mother Earth project, students investigated and tested the physicochemical properties of water using GLOBE water protocols. Workshops and lectures are organized on an annual basis (Daria Ezgeta Balić, Ph.D. and Pero Tutman, Ph.D. from the Institute of Oceanography and Fisheries from Split). After the activities, the students were able to think critically about the connection between their own way of life and the impact on the environment, analyze the type of waste and ways of polluting the marine ecosystem. Using the collected waste, models were made and an exhibition was set up on the topic "From waste to marine organisms", which is a concrete, visual way of presenting the disturbed natural balance of marine life communities.

Keywords: waste, ecology, marine ecosystem, education

GLOBE program i hidrološka mjerenja

Tamara, Banović¹, Ivica, Štrbac²

¹*OŠ Josip Pupačić, Trg kralja Tomislava 1 Omiš,* ²*OŠ Josip Pupačić, Trg kralja Tomislava 1 Omiš*
e-mail: tamara.banovic@skole.hr , ivica.strbac@skole.hr

U Osnovnoj školi Josip Pupačić u Omišu već deset godina provodi se GLOBE program (Global Learning and Observations to Benefit the Environment). Zamisao o znanstveno obrazovnom programu GLOBE obznanio je na Dan planeta Zemlje 1994. godine tadašnji američki potpredsjednik Al Gore, kada je program i eksperimentalno pokrenut u SAD-u. Republika Hrvatska jedna je od prvih zemalja potpisnica sporazuma za implementaciju GLOBE programa u školama. Program GLOBE predviđa redovita i kontinuirana učenička mjerenja i opažanja u neposrednom okolišu škole u području atmosfere, vode, tla i pokrova. Iz područja hidrosfere učenici jednom tjedno analiziraju različita fizikalno-kemijska svojstva vode na tri hidrološke postaje. U Omišu učenici analiziraju morsku vodun a gradskoj plaži, boćatu voda na ušću rijeke Cetine u more te vodu rijeke Cetine na području Planova. Cilj je posterom prikazati učeničke aktivnosti i metode mjerenja te usporediti rezultate desetogodišnjih mjerenja temperature vode, pH-vrijednosti, koncentracije otopljenog kisika, koncentracije nitrata i nitrita, alkalitet, prozirnost vode, električnu vodljivost u rijeci i na ušću te salinitet u morskoj vodi. Sva mjerenja učenici unose u svjetsku GLOBE bazu podataka kako bi rezultati bili vidljivi svima zainteresiranima, a analizom rezultata može se pratiti utjecaj utjecaj klimatskih promjena na fizikalno-kemijska svojstva vode.

Ključne riječi: GLOBE program, hidrološka mjerenja, fizikalno-kemijska svojstva vode

GLOBE program and hydrological measurements

Tamara, Banović¹, Ivica, Štrbac²

¹*Elementary school Josip Pupačić, Trg kralja Tomislava 1 Omiš,* ²*Elementary school Josip Pupačić, Trg kralja Tomislava 1 Omiš*

e-mail: tamara.banovic@skole.hr , ivica.strbac@skole.hr

The GLOBE program (Global Learning and Observations to Benefit the Environment) has been implemented in the Josip Pupačić Elementary School in Omiš for ten years. The idea of the scientific educational program GLOBE was announced on Earth Day in 1994 by the then US Vice President Al Gore, when the program was experimentally launched in the USA. The Republic of Croatia is one of the first countries to sign the agreement for the implementation of the GLOBE program in schools. The GLOBE program envisages regular and continuous student measurements and observations in the immediate environment of the school in the area of atmosphere, water, soil and cover. From the area of the hydrosphere, students analyze the different physical and chemical properties of water at three hydrological stations once a week. In Omiš, the students analyze the sea water at the city beach, the brackish water at the mouth of the Cetina river into the sea, and the water of the Cetina river in the Planovo area. The goal is to show the students' activities and measurement methods in a poster and to compare the results of ten years of measurements of water temperature, pH-value, dissolved oxygen concentration, nitrate and nitrite concentration, alkalinity, water transparency, electrical conductivity in the river and at the mouth, and salinity in seawater. Students enter all measurements into the global GLOBE database so that the results are visible to all interested parties, and by analyzing the results, the impact of climate change on the physical and chemical properties of water can be monitored.

Key words: GLOBE program, hydrological measurements, physical and chemical properties of water

U podmorju Bakarskog zaljeva

Marica, Kučan¹

¹*Pomorska škola Bakar, Nautička 14, 51222 Bakar, Hrvatska*
e-mail: marica.kucan1@skole.hr

Učenici Pomorske škole Bakar istraživali su podvodnim robotom život Bakarskog zaljeva. Cilj je bio utvrditi stanje morskoga dna i pri tome naučiti koristiti suvremenu tehnologiju. Tijekom istraživanja u Bakarskom zaljevu zabilježene su različite vrste organizama, međutim uočeno je da je život siromašniji nego u ostalim dijelovima Kvarnera. Osim živih bića na morskome je dnu uočen i različit otpad od plastike, metala, gume i drugog materijala. Ovakvim projektima želimo potaknuti kod učenika razmišljanja o promjenama u moru koje utječu na način života ljudi diljem svijeta: od promatranja utjecaja klimatskih promjena na život flore i faune, osvješćivanja učenika o odgovornosti prema moru i životu u moru te važnosti očuvanja i kvalitetnog upravljanja morskim okolišem. Projekti su usmjereni na: razvijanje digitalne pismenost učenika koji se pripremaju za zanimanja 21. stoljeća u znanosti i tehnologiji, dokumentiranje promjena u okolišu povezanih s promjenama staništa, istraživanje mikroplastike u morskom okolišu, praćenje pojave alohtonih vrsta u moru te poticanje aktivnog uključivanja učenika u njihove zajednice kako bi pokrenuli pozitivne promjene. Istraživati i izlaziti na teren pravi je način ukazivanja na klimatske promjene koje se događaju i koje su prisutne u morskom okolišu. Posebnost ovih projekata je u tome što se kod učenika razvija svijest o socijalnom kontekstu, pogotovo građanska znanost kao način civilnog angažmana. Izvanučionična nastava i provođenje vremena na otvorenom pozitivno utječe na emocionalni razvoj učenika, i što je izrazito važno - učenici postaju ekološki osviješćeni.

Ključne riječi: podvodni robot, učenički terenski rad, očuvanje morskog ekosustava

Below the sea surface of Bakar Bay

Marica, Kučan¹

¹*Maritime School Bakar, Nautička 14, 51222 Bakar, Croatia*
e-mail: marica.kucan1@skole.hr

Students of the Maritime School Bakar used an underwater robot to research life under the sea surface in the Bay of Bakar. The goal was to determine the condition of the seabed and learn how to use modern technology. During the research in Bakar Bay, different species of organisms were recorded. However, it was observed that life was poorer than in other parts of Kvarner. Besides living creatures, various waste composed of plastic, metal, rubber and other materials was also observed on the seabed. With projects like this, we want to encourage students to think about the changes in the sea that affect the way of life of people around the world. Such themes include observing the impact of climate change on the life of flora and fauna, making students aware of responsibility towards the sea and life in the sea, as well as of the importance of preserving life in the sea and quality management of marine environment. Projects are focused on developing digital literacy of students preparing them for 21st century occupations in science and technology, documenting environmental changes related to habitat changes, researching microplastics in the marine environment, monitoring the occurrence of non-native species in the sea and encouraging students for active involvement in their communities to initiate positive changes. Researching and going out into the field is the right way to point out on the climate changes that are happening and that are already present in the marine environment. The special feature of these projects is that they develop students' awareness of the social context, especially citizen science as a general way of civil engagement. Teaching outside the classroom and spending time outdoors have a positive effect on the emotional development of students, and what is extremely important - students become environmentally aware.

Keywords: underwater robot, student fieldwork, preservation of the marine ecosystem

Zadarski Willow Creek u luci Gaženica

Irina, Kozličić Juraga¹, Biljana, Agić²

¹OŠ Zadarski otoci, Trg Damira Tomljanovića Gavrana 2, Zadar, ²OŠ Šime Budinića, Put Šimunova 4, Zadar

e-mail: irina.kozlicic@gmail.com

Kroz nastavu prirode i biologije stalno spominjemo klimatske promjene i njihove utjecaje na razna staništa, te nastojimo pronaći zanimljive i djeci razumljive radionice kojima bismo im približile ovu tematiku. Kako živimo uz more i imamo kao izvannastavnu aktivnost GLOBE Program, razradile smo i prilagodile našim uvjetima Elementary GLOBE storybook Discoveries at Willow Creek i planiramo ga početi primjenjivati od nove školske godine s učenicima petih razreda na nastavi prirode, biologije i geografije, a u trajanju od četiri školske godine tj. do kraja osnovnoškolskog obrazovanja. U Zadru imamo nekoliko 'potoka', a nama bi bio najzanimljiviji potok uz Gaženičku cestu koji utječe direktno u otvoreno more. S učenicima ćemo izaći na terensku nastavu dva puta godišnje, u jesen i na proljeće, te zabilježiti fizikalno kemijska svojstva potoka na izvoru, sredini potoka i ušću, uz određivanje prisutnih makrozoobentonskih vrsta i njihove brojnosti. Fizikalno kemijska svojstva koja ćemo određivati su temperatura i pH vode, prozirnost, salinitet, električna vodljivost, te količina slobodnih kisika, nitrata i nitrita. Također, planiramo s učenicima odrediti brzinu protoka vode, širinu i dubinu vode u koritu. Smatramo kako će učenici primijetiti promjene nakon četiri godine kontinuiranog praćenja potoka i povezati ih s klimatskim promjenama s kojima ćemo se susresti u ispitivanom razdoblju poput povećanja razine vode u proljeće zbog otapanja snijega na Velebitu koja bi trebala utjecati na promjenu svih fizikalno kemijskih svojstava kao i na makrozoobentonske vrste, itd. Poticanjem učenika na promatranje promjena u prirodi oko sebe i povezivanje istih s klimatskim promjenama potaknuti ćemo širenje pozitivnog razmišljanja o brizi za okoliš i njegovu zaštitu, prvenstveno zaštitu vodenih ekosustava.

Ključne riječi: škola, potok, more, klimatske promjene

Zadar's Willow Creek in the Gaženica port

Irina, Kozličić Juraga¹, Biljana, Agić²

¹*OŠ Zadarski otoci, Trg Damira Tomljanovića Gavrana 2, Zadar,* ²*OŠ Šime Budinića, Put Šimunova 4, Zadar*

e-mail: irina.kozlicic@gmail.com

Through the teaching of science and biology, we constantly mention climate change and its effects on various habitats, and we try to find interesting and understandable workshops for students to bring them closer to this topic. As we live by the sea and have the GLOBE Program as an extracurricular activity, we developed and adapted the Elementary GLOBE storybook Discoveries at Willow Creek to our conditions, and we plan to start using it from the new school year with fifth-grade students in biology and geography classes, in next four school years. There are several creeks in Zadar, and the most interesting creek for us would be the creek along the Gaženička road that flows directly into the open sea. With the students, we will go to field twice a year, in autumn and spring, and record the physico-chemical properties of the creek at the source, the middle of the creek and on the end, along with determining the macrozoobenthic species present and their abundance. The physical and chemical properties that we will determine are water temperature and pH, transparency, salinity, electrical conductivity, and the amount of oxygen, nitrates and nitrites. Also, we plan to determine the speed of the water flow, the width and depth of the water. We think that the students will notice the changes after four years of continuous monitoring of the creek and connect them with the climate changes that we will encounter in the examined period, such as the increase in the water level in the spring due to the melting of the snow on Velebit mountain, which should affect the change of all physical and chemical properties as well as macrozoobenthic species, etc. By encouraging students to observe changes in the nature around them and connect them with climate change, we will encourage the spread of positive thinking about care for the environment and its protection, primarily the protection of water ecosystems.

Key words: school, creek, sea, climate change

Razvijanje svijesti o raznolikosti mekušaca Jadrana kroz izradu školske zbirke

Valentina, Zelenika¹, Mihovila, Rončević¹, Jelena, Barbarić – Gaćina¹

¹ Prirodoslovno – grafička škola Zadar, Perivoj Vladimira Nazora 3
e-mail: valentina.zelenika@skole.hr

Jedan od temeljnih ciljeva Prirodoslovno – grafičke škole Zadar je edukacija ne samo učenika nego i šireg građanstva na području prirodoslovlja. Stoga škola već niz godina provodi manifestaciju EKO DANI kojom se podiže ekološka svijest sudionika, a ove godine tema je bila *Biografija vode*. Cilj našeg rada bio je izraditi izložbenu zbirku kojom bi se učenici škole educirali o školjkašima i puževima Jadrana, a koja bi se također mogla koristiti za širenje ekološke svijesti kod građana različite dobi. Za izradu zbirke korištene su kućice puževa i školjke školjkaša koje su prikupljene tijekom mnogo godina u našoj školi. Prvi korak je bio razvrstavanje, zatim fotografiranje primjeraka na tamnoj podlozi i determinacija uz izradu odgovarajućih etiketa. Izrađena zbirka poslužila je za edukaciju učenika koji su radili na njoj, ali i posjetitelja (vrtičke i osnovnoškolske djece) koja su posjetili našu školu tijekom manifestacije EKO DANI. Sudjelovanjem na izradi zbirke učenici su ponovili pravila imenovanja životinja, ali i spoznali bogatstvo i raznolikost mekušaca u Jadranu, osvijestili potrebu očuvanja bioraznolikosti i uočili ulogu mekušaca u prirodi. Posjetitelji su ovisno o dobi sudjelovali na radionicama vezanim za izrađenu zbirku: Pogodi tko sam (magnetne pločice – spajanje parova fotografije primjerka iz zbirke i njegovog naziva), Kakvih su oblika školjke i puževi (otisci u plastelinu) i Utjecaj pH na ljušturu mekušaca, kojom se skrenula pozornost na probleme onečišćenja i utjecaj promjena pH na organizme u moru (za učenike 8. razreda). Radom na ovom projektu učenici su usvajali znanja aktivnim načinom učenja, a rezultati projekta iskorišteni su za edukaciju, nadamo se, budućih učenika naše škole.

Ključne riječi: zbirka mekušaca, raznolikost mekušaca, očuvanje mekušaca

Developing Awareness of Adriatic Mollusk Diversity Through the Creation of a School Collection

Valentina, Zelenika¹, Mihovila, Rončević¹, Jelena, Barbarić – Gaćina¹

¹ *Prirodoslovno – grafička škola Zadar, Perivoj Vladimira Nazora 3*
e-mail: valentina.zelenika@skole.hr

One of the fundamental goals of the Prirodoslovno – grafička škola Zadar is the education of not only students but also the general public in the field of natural sciences. Therefore, the school has been holding the EKO DANE event for several years, which raises the ecological awareness of the participants, and this year the theme was the Biography of Water. The goal of our work was to create a collection that would educate school students about bivalves and snails of the Adriatic, and which could also be used to spread ecological awareness among citizens of different ages. Snail houses and bivalve shells collected over many years at our school were used to create the collection. The first step was sorting, then photographing the specimens on a black background and determining them with the creation of appropriate labels. The created collection served to educate the students who worked on it, as well as visitors (kindergarten and elementary school children) who visited our school during the EKO DANI event. By participating in the creation of the collection, the students repeated the rules for naming animals, but also learned about the richness and diversity of molluscs in the Adriatic, became aware of the need to preserve biodiversity and observed the role of molluscs in nature. Depending on their age, visitors participated in workshops related to the created collection: Guess who I am (magnetic tiles - matching pairs of photos of a specimen from the collection and its name), What are the shapes of shells and snails (prints in plasticine) and The influence of pH on mollusk shells, which drew attention to the problems of pollution and the impact of pH changes on organisms in the sea (for 8th grade students). By working on this project, the students acquired knowledge in an active way of learning, and the results of the project were used for the education of, we hope, future students of our school.

Keywords: mollusc collection, mollusc diversity, mollusc conservation

Ribe od naplavina – umjetnost u službi podizanja svijesti o stranim i invazivnim vrstama riba u Jadranu

Ivana, Petrov Rančić¹

¹*Wakan art, Ulica Vjenceslava Novaka 8, 10000 Zagreb*
e-mail: ivanapetrovrancic@gmail.com

Klimatske promjene i evidentno povećanje temperature Jadranskog mora uzrok su naseljavanja novih vrsta riba koje često dolaze iz toplijih mora i uspostavljaju populacije u Jadranu – tzv. lesepsijski migranti. Neke od njih su agresivni osvajači koji ugrožavaju domicilne vrste riba i mijenjaju prirodni okoliš Jadranskog mora. Takve tropske vrste riba često su atraktivnog izgleda i jarkih boja. Šetajući morskom obalom može se pronaći puno naplavina koje izgledom podsjećaju na ribe. Umjetničkom obradom takvih komada i različitim intervencijama kao što je uporaba brusilice i oslikavanje akrilnim bojama nastala je serija umjetnina koje prikazuju neobične nove riblje stanovnike Jadranskog mora. Ovakve umjetničke instalacije na simbolički način upozoravaju i podižu svijest o promjenama kojima svjedočimo u posljednje vrijeme i koje postaju svakodnevice u ihtiološkoj enciklopediji Jadranskog mora. U tom smislu umjetnost može skrenuti pozornost i biti alat za edukaciju i podizanje svijesti o važnosti očuvanja našeg autohtonog ribljeg fonda.

Ključne riječi: naplavine, ribe, strane i invazivne vrste, umjetničke instalacije

Driftwood fish – art as a tool for raising awareness of alien and invasive fish species in the Adriatic Sea

Ivana, Petrov Rančić¹

¹*Wakan art, Ulica Vjenceslava Novaka 8, 10000 Zagreb*
e-mail: ivanapetrovrancic@gmail.com

Climate change and an evident increase in the temperature of the Adriatic Sea are the cause of the settlement of new species of fish that often come from warmer seas and establish populations in the Adriatic – the so-called Lessepsian migrants. Some of them are aggressive invaders that threaten the domicile fish species and change the natural environment of the Adriatic Sea. Such tropical fish species are often attractive in appearance and brightly coloured. Walking along the sea coastline, one can find a lot of driftwood that look like fish. Artistic processing of such pieces and various interventions such as the use of grinders and painting with acrylic paints created a series of works of art depicting unusual new fish inhabitants of the Adriatic Sea. Such art installations symbolically warn and raise awareness of the changes that we have been witnessing lately and that are becoming commonplace in the ichthyological encyclopedia of the Adriatic Sea. In this sense, art can draw attention and be a tool for educating and raising awareness of the importance of preserving our indigenous fish stocks.

Keywords: driftwood, fish, alien and invasive species, art installations

Zaštita nematerijalne kulturne baštine učenjem o moru

Antonija, Bezić Radman¹

¹*OŠ Pujanki, Tijardovićeve 30, 21 000 Split*

e-mail: antonija.bezicradman@gmail.com

Jezik je prema UNESCO-voj Konvenciji o zaštiti nematerijalne kulturne baštine njezin najznačajniji dio. Hrvatski narod baštini morsku obalu dugu oko 6.000 kilometara i milenijsku maritimnu kulturu. Jezična kultura naše obale puna je riječi koje su stoljećima stizale morem, postale naše, i žive u našem govoru. Bez njih ne bismo znali o moru progovoriti. Usprkos tome tek krajem dvadesetoga stoljeća ulaze u hrvatske rječnike nazivi nekih općepoznatih morskih riba. Jezični svjetski diverzitet danas je ugroženiji od biološkog. Kao i biološki, važan je za čovjekov opstanak. Nužno je kroz obrazovni sustav odgajati, poticati i njegovati svijest o zavičajnom govoru kao nematerijalnoj kulturnoj baštini. Zadatak obrazovnoga sustava osvijestiti je dijalekt kao kulturnu vrijednost, a ne znak provincijalnosti i pogreške. S namjerom ostvarenja obrazovnih ishoda predmeta Prirode, Biologije i Kemije te očuvanja maritimne baštine učenici OŠ Pujanki u Splitu, sudjelovali su u raznim aktivnostima. U svibnju 2023. znanstvenice s IZOR-a iz Splita, održale su za osmaše tri radionice iz projekta „More budućnosti” s ciljem približavanja znanosti i razumijevanju važnosti očuvanja oceana. Plakatima o vjetrovima 55 učenika šestih razreda obilježilo je Europski dan jezika 2023. Dio radova izložen je na javnoj izložbi u školskom atriju. Povodom Noći istraživača Ja istražujem, za izložbu likovnih radova na temu „More”, organizator je odabrao po 10 radova drugaša i petaša te 15 radova osmaša. U organizaciji OŠ „Grohote”, u suradnji s HNK-em Split i GKMM-a Knjižnicom „Grohote”, u okviru 34. Marulićevih dana održana je 26. pjesnička smotra Ča-more-judi. Odabrani čakavski literalni radovi objavljeni su u zborniku smotre. Gipsanim odljevima kućica puževa i ljuštura školjaka 16 učenika šestih razreda povežalo je znanje o gipsu i moru i pripremiло učeničke prezentacije, kviz i memori igru za učenike u generaciji. Suradnja znanstvenika s učiteljima i učenicima osnovnoškolske dobi važna je i poticajna.

Ključne riječi: govor, identitet, dijalekt, more, učenici

Protection of intangible cultural heritage through learning about the sea

Antonija, Bezić Radman¹

¹Primary School Pujanki, Tijardovićeve 30, 21 000 Split, Croatia
e-mail: antonija.bezicradman@gmail.com

According to UNESCO Convention for the Safeguarding of Intangible Cultural Heritage, language is the most significant part of a culture. Croatia has 6,000 km long coastline as well as a thousand-year-old maritime tradition. Linguistic heritage of our coastline regions abounds with words that have arrived by sea, have become ours and still live in our speech. Without these words we would not know how to speak about the sea. In spite of that, the names of some well-known sea fish entered the Croatian dictionaries only at the end of the twentieth century. The world linguistic diversity is more endangered than biological diversity, both being crucial for the survival of human species. It is essential to educate, promote, and encourage awareness of local dialects as intangible cultural heritage. The education system must recognize dialects as a cultural value, not a sign of provincialism or error. In order to achieve educational outcomes in the school subjects of Science, Biology and Chemistry and preserve maritime heritage, students of Primary School Pujanki in Split participated in various activities. In May 2023 scientists from Institute of Oceanography and Fisheries in Split held three workshops for the eighth-grade students within the project "Sea of the Future" aiming to bring science closer to the young and to contribute to a better understanding of the importance of ocean protection. With a poster exhibition on winds 55 sixth-grade students participated in European Language Day 2023. A part of these students' works were exposed in the school atrium. In the occasion of the Researchers' Night "I Explore" the organizer selected 20 paintings with sea theme made by second-grade and fifth-grade students, 10 each, and 15 paintings of eight-grade students. Primary School "Grohote" in collaboration with the Croatian National Theater Split and the Municipal Library Marko Marulić Grohote organized a poetry competition in Čakavian dialect on the theme of the sea "Ča-more-judi", an event within the 34th Marulić Days. A selection of literary works was published into the proceedings of the competition. 16 sixth grade students created plaster casts of the sea shells and snails applying their knowledge of the plaster and the sea. They also prepared presentations, quizzes, memory games for their sixth-grade mates. The collaboration among the scientists and the teachers and elementary school students is very important and stimulating.

Key Words: speech, identity, dialect, sea, students

Sezonske promjene u sastavu dekapodne faune (Crustacea, Decapoda) plitkog sedimentnog infralitorala zaljeva Meline, otok Krk

Marin, Kirinčić

Prirodoslovni muzej Rijeka, Lorenzov prolaz 1, HR-51000 Rijeka, Hrvatska
e-mail: marin@prirodoslovni.com

Istraživane su vrste dekapoda (Crustacea, Decapoda) na sedimentnom dnu gornje infralitoralne zone (od 0 do 1 m dubine), u zaljevu Meline, na otoku Krku (sjeverni Jadran). Staništa tog tipa su vrlo rijetka na sjevernom Jadranu, ali i cijeloj istočnoj obali Jadrana. Istraživanje je provedeno u razdoblju 2002/2023. i 2018/2019. godine. Dekapodi su prikupljeni pomoću povlačne mreže, četiri puta kroz oba istraživana razdoblja, ciljajući na 4 različita godišnja doba. Sakupljanje je obavljano dnevnim i noćnim potegom u svakoj sezoni. Sezonskim prikupljanjem pokušali smo utvrditi moguće godišnje vertikalne migracije decapoda. Dodatno uzimanje uzoraka noću uklonilo je nedostatke isključivo dnevnog uzorkovanja zbog ukopavanja ili neaktivnosti tijekom dana. Prikupljeno je više od 600 primjeraka dekapoda unutar 8 vrsta. U ulovu su dominirale dvije vrste: *Carcinus aestuarii* i *Crangon crangon*. Dominantnost ovih vrsta izraženija je u toplijim godišnjim dobima (proljeće i ljeto) nego tijekom ostatka godine. Sastav vrsta, njihova brojnost i dominantnost određena je za svaku sezonu. Provedena su i komparativna istraživanja te statistička obrada podataka. Ponavljajućim aktivnostima prikupljanja namjeravamo utvrditi eventualne trendove promjena u sastavu vrsta i utjecaju klimatskih promjena na isti.

Ključne riječi: Decapoda, biocenoza površinskih muljevitih pijesaka u zaklonjenim uvalama, mreža potegača, multivarijatna analiza, Jadran

Seasonal variations in a decapod fauna (Crustacea, Decapoda) of the shallow sedimentary infralitoral zone at the Meline bay, island of Krk

Marin, Kirinčić

Natural History Museum Rijeka, Lorenzov prolaz 1, HR-51000 Rijeka, Hrvatska
e-mail: marin@prirodoslovni.com

The decapod species (Crustacea, Decapoda) living on the sedimentary bottom of the upper infralitoral zone (from 0-1 meter depth), at the Meline Bay, Island of Krk (North Adriatic), were investigated. Habitats of that type are very rare in the North Adriatic, but also on the whole eastern Adriatic coast. The study was performed during 2002/2023. and 2018/2019. years. The decapods were collected by means of beach seine, four times throughout both investigated periods, aiming 4 different seasons. Each time the collecting was performed once in the day time and once in the night. With drawing the seine in every season we tried to determine possible decapod annual vertical migrations. Additional night time sampling eliminated the shortcomings of the daily sampling resulting from certain species being buried or inactive at daytime. More than 600 specimens belonging to 8 species were collected. Two species were dominant in the catch: *Carcinus aestuarii* and *Crangon crangon*. Dominance of these species is more evident during the warm seasons (spring and summer) than during the rest of the year. The species composition, their abundance and dominance are given for each season, upon which a comparative study and multivariate analysis has been conducted. With repeated collecting activities we have also intended to determine eventual changing trends in species composition and influence of climate change on it.

Key words: Decapoda, biocoenosis of superficial muddy sands in sheltered waters, beach seine, multivariate analysis, Adriatic

KAZALO AUTORA / AUTHOR INDEX

- Achterberg, Eric P. 99
Agić, Biljana 155
Alujević, Ines 59
Alvir, Marta 75, 78, 139
Andre Vicente, Filipa Alexandra 69
Ankon, Pavel 37, 115
Arko-Pijevac, Milvana 85
Azzurro, Ernesto 53
Babin, Bruna 121
Bakran-Petricioli, Tatjana 20
Bandić Buljan, Marijana 105
Banović, Tamara 95, 141, 149, 151
Barać Karmela, Nina 113
Barbarić-Gaćina, Jelena 157
Barta, Ana 123
Batistić, Mirna 39
Bavčević, Lav 49, 51
Begić, Martina 147
Beljan, Silvestar 115
Benić, Miroslav 55, 113
Bezić Radman, Antonija 161
Bilandžić, Nina 55
Biliškov, Nikola 80
Bjelić, Maja 30
Blašković, Andrea 45, 53
Bogdanović, Tanja 55
Boljkovac Begić Barbara 113
Bosak, Sunčica 99
Bošković, Ivica 55
Božić Luburić, Đurđica 55
Bubalo, Maja 16
Budiša, Andrea 111, 131
Burić, Petra 119, 131
Burić, Vida 115
Buršić, Moira 131
Bušljeta, Ivana 43
Buzjak Služek, Vlatka 55
Čačković, Andrea 37
Čalopek, Bruno 55
Čanak, Iva 119
Čanković, Milan 22
Carević, Dalibor 71
Casotti, Raffaella 99
Cerrano, Carlo 53
Ciglencečki, Irena 14, 18, 20, 22, 24, 28, 103, 111
Čišper, Lara 137
Čižmek, Hrvoje 99
Čolak, Slavica 55, 117, 121
Čolić, Barbara 99
Cukrov, Neven 57
Čulin, Jelena 83
Čupić, Srđan 107
Ćuže Denona, Maja 30
Cvetnić, Luka 55
Đakovac, Tamara 28
Dautović, Jelena 28
Đikić, Domagoj 115
Đinović-Stojanovnić, Jasna 133
Dobronić, Vesna 87
Đokić, Maja 55
Dokoza, Fedra 45
Dolenec, Matej 43
Domazetović, Fran 77
Dominović, Iva 16, 17, 19, 21, 23, 28
Donati, Elisa 73
Dragičević, Branko 45
Dragičević, Klaudia 147
Družeta, Siniša 75
Dulčić, Jakov 61
Dumenčić, Stella 75, 78
Džafić, Natalija, 55, 109, 113
Džafić, Sara 113
Erk, Marijana 57
Fabac, Sanja 91, 93
Fattore, Elena 55
Figurella, Fabio 53
Filipović Marijić, Vlatka 57
Frece, Jadranka 119
Fressel, Norma 30
Furčić, Nina 32
Gabrič, Maja 69

- Garašić, Diana 91
Garić, Rade 39
Garrabou, Joaquim 53
Gavrilović, Ana 57
Glušćević, Smiljan 65
Gojak, Andrea 117
Gračan, Romana 37, 115
Grgić, Tomislav 121
Grilc, Miha 69
Grisogono, Branko 12
Gross-Bošković, Andrea 55
Grubišić, Denis 45
Guala, Ivan 53
Gudić, Marijana 105
Haberle, Ines 73
Havlik, Denis 145
Herceg Romanić, Snježana 55, 125, 133, 135
Hočevan, Brigita 69
Hure, Marijana 39
Huš, Matej 69
Ivanac, Anđela 47
Iveša, Neven 119, 131
Ivić, Stefan 78
Jakl, Zrinka 45
Jažo, Zvonimir 55
Jovanović, Gordana 125, 133, 135
Jurica, Marija 117
Kamyshny, Alexey
Kapetanović, Damir 57
Kinder, Ivica 143
Kipson, Silvija 45
Kirillin, Georgiy 18
Kirinčić, Marin 163
Kolić, Valentina 119
Kovačev, Agata 45
Kovačić, Filip 141
Kovačić, Ines 119, 131
Kovačić, Luka 141
Kozličić Juraga, Irina 155
Kranjčević, Lado 75, 139
Kraus, Romina 63
Kružić, Petar 37, 115
Kučan, Marica 93, 153
Kučić Grgić, Dajana 57
Kučina, Matea 121
Kulić, Tin 71
Kuštro, Marija 57
Kvrgić, Kristina 55, 109, 113
Landeka Jurević, Irena 115
Lavrič, Žan 69
Libralato, Salvatore 73
Likozar, Blaž 69
Lipej, Lovrenc 37
Ljubešić, Zrinka 99
Lončar, Goran 71
Lovrinčević, Jasna 89
Lučić, Davor 99
Lučin, Ivana 75, 78, 139
Lugar, Lydia 91
Luk, Ninoslav 147
Mamić, Dragana 26
Marguš, Marija 20, 22, 24
Marić, Ivan 77
Markić Ana, 131
Marković, Frane 32
Marn, Nina 73
Martinjak, Viktorija 57
Martinko, Tara Gabrijela 137
Martinović, Matea 45
Marušić, Eli 87
Masar, Ana 117
Matek Sarić, Marijana 125, 135
Matek, Antonija 99
Mateša, Sarah 22
Mavrič, Borut 37
Mendaš Starčević, Gordana 55, 125, 135
Mičić, Milena 67
Mifka, Boris 103
Mihaljević, Željko 55
Mihanović, Hrvoje 16, 99
Mijošek, Tatjana 57
Milićević, Tijana 125, 133, 135
Miloloža, Martina 57
Milošević, Rina 36
Milotti, Gioconda 131
Mioković, Danijela 81
Mišetić Ostojić, Dijana 55, 109, 113

- Mišić Radić, Tea 129
Mlinar, Marko 107
Mokos, Melita 127
Morić, Margarita 101
Mucko, Maja 99
Mustać, Anita 97
Mustać, Bosiljka 55, 119, 121, 125, 133
Nikšić, Sara 45
Ništ, Marina 91, 93
Novak, Uroš 69
Novosel, Anđelko 34
Novosel, Maja 34
Ogrinc, Nives 24
Ojea Fernandez Colmeiro, Elena 53
Orlić, Mirko 99
Pale, Predrag 145
Paliaga, Paolo 111, 131
Panić, Anamarija 119
Pavičić, Mišo 45
Pečar Ilić, Jadranka 18
Pejdo, Dubravko 47
Pestorić, Branka 99
Petani, Bruna 55, 123
Petričević, Sandra 55
Petricioli, Donat 20, 65
Petricioli, Lucija 145
Petrov Rančić, Ivana 159
Pičuljan, Marija 147
Pikelj, Kristina 32
Pinillos, Fernando 53
Pleadin, Jelka 109
Poduje, Josipa 41
Pogorevc, Rok 69
Poljuha, Danijela 147
Popović, Aleksandar 133
Potočnik, Doris 24
Pranić, Petra 16
Pućo, Željana 87
Pustijanac, Emina 131
Radočaj, Tena 57
Rados, Marina 123
Redžović, Zuzana 57
Relić, Dubravka 133
Ribić, Ivana 30
Rodriguez, Ludovika 67
Rončević, Mihovila 157
Rumora Samarin, Ivana 137
Šarić, Tomislav 36, 43, 47, 49
Šariri, Sara 57
Šebalj, Valentina 49
Sedak, Marija 55
Sertić Perić, Mirela 91
Šikić, Zoran 43
Šikirica, Ante 139
Šiljeg Ante 77
Šiljeg, Silvija 77
Šimac, Anita 101
Simonović, Niki 24, 28, 109
Sladonja, Barbara 147
Slišković, Marica 87
Smojver, Borjanka 91
Solidoro, Cosimo 73
Solomun Kolanović, Božica 55
Sović Čalić, Tamara 67
Špika, Matea 45
Stagličić, Nika 45
Štifanić, Mauro 119
Štrbac, Ivica 95, 151
Štruml, Nikolina 137
Štuc, Anđela 43
Tafra, Filip 121
Telišman Prtenjak, Maja 103
Terzić, Elena 28
Tojčić, Iva 28
Trbojević, Ivana 137
Trošelj, Joško 18
Ujević, Ivana 55
Ukić, Šime 57
Uzelac Božac, Mirela 147
Varenina, Ivana 55
Varga, Ines 55
Vidas, Anamarija 131
Vidas, Mirjam 127
Vilibić, Ivica 16, 20, 28
Viličić, Damir 99
Vitali Čepo, Dubravka 137
Vitlov, Božena 121

Vlachogianni, Thomais 53
Vukosav, Petra 129
Vuković, Marijana 26
Vurnek, Marija 145
Zelenika, Valentina 157
Zemunik Selak, Petra 16
Zemunik, Ivana 149
Žganec, Krešimir 30
Zuanović, Petar 49
Zubak Čižmek, Ivana 127
Žunec, Ante 119
Župan, Ivan 36, 43, 47, 49