

# Monitoring i analiza naplavljenog otpada na plaži Sakarun tijekom 2019. / 2020. godine

---

**Popović, Bernarda**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:862293>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



**Sveučilište u Zadru**  
Universitas Studiorum  
Jadertina | 1396 | 2002 |

*Repository / Repozitorij:*

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

# Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu  
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

**Bernarda Popović**

Monitoring i analiza naplavljenog otpada na plaži Sakarun tijekom 2019. / 2020. godine

**Diplomski rad**



Zadar, 2020.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu  
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Monitoring i analiza naplavljenog otpada na plaži Sakarun tijekom  
2019. / 2020. godine

**Diplomski rad**

Student/ica:

**Bernarda Popović**

Mentor/ica:

Dr. sc. Melita Mokos

Zadar, 2020.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Bernarda Popović**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Monitoring i analiza naplavljenog otpada na plaži Sakarun tijekom 2019. / 2020. godine** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 10. rujna 2020.

## ***Zahvala***

*Za pomoć pri izradi diplomskog rada zahvalila bih se:*

- *Mentorici dr.sc. Meliti Mokos*
- *Timu iz Nature Jadere pri pomoći na terenskom radu*
- *Svojoj obitelji na podršci kroz cjelokupno studiranje*

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	3
3. CILJ I SVRHA RADA.....	7
4. MATERIJALI I METODE.....	8
4.1. Područje istraživanja .....	8
4.2. Uzorkovanje i analiza otpada .....	8
5. REZULTATI .....	10
5.1. Količina sakupljenog materijala i čistoća obale .....	10
5.2. Sastav sakupljenog otpada na obali .....	10
5.3. Izvori morskog otpada.....	13
6. RASPRAVA .....	15
7. ZAKLJUČAK .....	17
8. LITERATURA.....	18

## **SAŽETAK**

### **Monitoring i analiza naplavljenog otpada na plaži Sakarun tijekom 2019./2020. godine**

Cilj istraživanja koje je provedeno na plaži Sakarun na Dugom otoku je praćenje morskog makro otpada većeg od 2,5 cm. Prilikom provedbe istraživanja, korištena je metodologija koja je nastala kao rezultat projekta DeFishGear za Jadransko - jonsku regiju. Plaža Sakarun je odabrana kao lokacija za provedbu istraživanja jer spada u tipične krške plaže istočne obale Jadrana. Istraživanje je provedeno u studenom 2019. i u veljači 2020. godine. U tim terminima je provedeno skupljanje otpada u dva godišnja doba, a to su jesen i zima. Prikupljeni podaci analizirani su prema količini, sastavu i izvoru otpada sukladno kategorijama iz DeFishGear metodologije. Plaža je čista prema CCI indeksu, a dominantan materijal u cjelokupnoj količini otpada su umjetni polimerni materijali. Najznačajniji izvori otpada su loše gospodarenje otpadom, turizam i rekreacija.

**Ključne riječi:** morski otpad, količina otpada, sastav otpada, izvori otpada, plastika, plaža Sakarun

## **SUMMARY**

### **Monitoring and analysis of flooded litter on beach Sakarun in 2019./2020.**

The aim of the research conducted on Sakarun beach on Dugi otok is to monitor marine macro waste larger than 2.5 cm. The methodology developed as result of the DeFishGear project for the Adriatic - Ionian region was used in conducting the research. Sakarun beach belongs to the typical karst beaches of the eastern Adriatic coast. The survey was conducted in November 2019 and in February 2020. Waste collection was carried out in two seasons, namely autumn and winter. The collected data were analysed according to the amount, composition and source of waste according to the categories from the DeFishGear methodology. The beach is clean according to the CCI index, and the dominant materials in the entire amount of waste are artificial polymeric materials. The most significant sources of waste are poor waste management, tourism and recreation.

**Keywords:** marine waste, amount of waste, waste composition, waste sources, plastic, Sakarun beach



## 1. UVOD

Morski ekosustavi su vrlo osjetljivi na akumulaciju različitih vrsta otpada, iz vrlo raznolikih izvora. U moru se akumulira otpad od različitih gospodarskih djelatnosti s posebnim naglaskom na turizam i ribarstvo, ali i poljoprivredu te industriju s obzirom da riječni tokovi naplavljuju i takvu vrstu otpada u mora i oceane. Većina planeta Zemlje prekrivena je vodenim masama stoga prisutnost otpada u morima, oceanima i drugim vodenim površinama predstavlja značajan problem na globalnoj razini. Cjelokupno Sredozemlje smatra se osjetljivim ekosustavom zbog svoje zatvorenosti, a to se najviše odnosi na područje Jadranskog mora (Kosty, 1993.). U Jadransko more se ulijeva sadržaj rijeke Po i rijeka koje se ulijevaju u Tršćanski zaljev (Bule i sur., 2020.). Na pojavu sve većih količina morskog otpada utječe i proces litoralizacije i urbanizacije obalnog pojasa, u kojem je smještena glavina gospodarskih i društvenih aktivnosti zemalja s izlazom na more. Jednako tako, morski otpad je ujedno i rezultat neadekvatnog odlaganja otpada na područjima uz unutarnje vodene površine, kao što su rijeke i kanali (Benac i sur., 2006.).

Osim toga, Jadransko more postaje sve važnija destinacija u kupališnom i nautičkom turizmu. Turizam je značajan generator morskog otpada što predstavlja značajan rizik po održivost morskih ekosustava (Krželj, 2010.). Ostale gospodarske djelatnosti poput poljoprivrede, ribarstva ili industrije također mogu biti uzročnici akumulacije otpada u moru. Svi navedeni razlozi ukazuju na potrebu sustavnog monitoringa i analize otpada na Jadranu i Sredozemlju u cilju razvoja održivog pristupa upravljanju okolišem i očuvanju bioraznolikosti morskih ekosustava. Morski otpad predstavlja prijetnju ekološkoj ravnoteži Jadranskog mora kao osjetljivog ekosustava (Bergmann i sur., 2015.). Negativno se odražava na morske organizme, njihovu brojnost i prisutnost te cjelokupnu hranidbenu mrežu. Pojedine kategorije otpada, s naglaskom na mikroplastiku, integriraju se u hranidbeni lanac morskih organizama i time ga sustavno degradiraju. Mikroplastika se integrira u probavni sustav morskih organizama, što su dokazali Campanale i sur. (2020.) na primjeru otpada iz rijeke Ofanto koja se ulijeva u Jadransko more.

Velike količine otpada završavaju u morskom okolišu na globalnoj razini. Otpad u oceanima i morima je prvenstveno rezultat nesavjesnog ponašanja ljudi te ga je moguće pronaći kao plutajući otpad, otpad u vodenom stupcu, talog na dnu mora ili kao naplavljeni otpad na morskim plažama (Tutman i sur., 2017.), što je predmet istraživanja ovog rada. Izvori koji generiraju morski otpad su brojni te su usko vezani uz aktivnosti na kopnu i obali. U

kontekstu izvora morskog otpada je posebno važno istaknuti neadekvatno gospodarenje otpadom, pomorski promet, industrijske djelatnosti, ali i turističko - rekreacijske aktivnosti.

Na disperziju otpada u Jadranskom moru, u velikoj mjeri utječu nepovoljne meteorološke prilike i hidrološke prilike, a poglavito morske struje i vjetar (Tutman i sur., 2017.). Pitanje adekvatnog zbrinjavanja otpada u Jadransko - jonskoj regiji, ali i na cijelom Sredozemlju stoga postaje ključno u cilju smanjenja količine svih vrsta morskog otpada, uključujući i otpad naplavljen na plažama. Značajne količine i nepovoljan sastav morskog otpada (plastični otpad) izravna su prijetnja brojnim morskim ekosustavima i organizmima te narušavaju bioraznolikost navedenih sustava.

Morski otpad sastoji se od trajnih, proizvedenih ili prerađenih krutih materijala. Ti materijali mogu dospjeti u more izravnim ili posrednim putem, odnosno rijekama, kanalizacijom, olujama ili vjetrovima. Negativni utjecaji akumulacije morskog otpada su višestruki sa stajališta očuvanja okoliša, gospodarstvenog, javnozdravstvenog, estetskog i kulturnog stajališta. Neposredan negativan utjecaj morskog otpada odnosi se na degradaciju morskih i obalnih staništa i ekosustava koji uzrokuju socioekonomske gubitke (Tutman i sur., 2017.).

## 2. PREGLED LITERATURE

Morski otpad je značajan ekološki problem na globalnoj razini. Akumulacija otpada u morima i oceanima rezultat je usvajanja dugoročno neodrživih i ekološki štetnih obrazaca proizvodnje i potrošnje u suvremenom društvu. Na problem otpada u morima i oceanima u velikoj mjeri utječu loše strategije upravljanja otpadom i nedostatak suvremene infrastrukture te tehnologije zbrinjavanja otpada u brojnim zemljama diljem svijeta. Kako bi se prepoznati problem riješio, nužno je donijeti adekvatne pravne i političke okvire za održivo gospodarenje otpadom i osigurati uspješnu implementaciju zakonskih okvira (Bergmann i sur., 2015.).

Iz tog je razloga ključno održivo upravljanje otpadom u svim segmentima proizvodnje i potrošnje kako bi se smanjila njegova daljnja akumulacija u more, izravnim ili posrednim putem. U pregled literature su uključeni rezultati monitoringa sastava i količine morskog otpada u zemljama Mediterana, s posebnim naglaskom na dostupne rezultate istraživanja u zemljama koje imaju izlaz na Jadransko more.

Prevenios i sur. (2018.) proveli su prvu opsežnu studiju o dinamici akumulacije otpada na ukupno četiri plaže na otoku Krfu u Sjevernom Jonskom moru. Ispitane su količine, sastav i stope neto akumulacije morskog otpada svakih ~ 15 dana na 4 mediteranske plaže, uzimajući u obzir prirodne i antropogene čimbenike. Rezultati istraživanja su pokazali da je prosječna neto akumulacija na analizirane četiri plaže na otoku Krfu je iznosila  $142 \pm 115$  N/100 m/15 d (Prevenios i sur., 2018). Na akumulaciju otpada je značajno utjecao geografski položaj (orijentacija) lokacije zajedno s vremenskim uvjetima, a poglavito utjecajem vjetra i valova. Kao najznačajniji izvor morskog otpada, u navedenom istraživanju, prepoznat je turizam u priobalnom pojasu i neadekvatno upravljanje i gospodarenje otpadom u turističkim središtima. Iz tog izvora dolazi gotovo polovina cjelokupnog morskog otpada. Ribarstvo i akvakultura generiraju 7,41% otpada, a kanalizacijski sustavi 5,49% otpada. U gospodarskom sektoru brodarstva se generira 1,45% morskog otpada. Medicinski otpad, aktivnosti ilegalnog odlaganja otpada i poljoprivreda pojedinačno generiraju manje od 1% ukupnog morskog otpada. Rezultati studije pokazuju da za čak 35,20% morskog otpada nije moguće identificirati jasan izvor.

Gundogdu i Cevik (2019.) su upozorili na problem sve veće akumulacije mezo i makroplastičnog otpada uz obalu Turske. Obalne zone morskog okoliša u Turskoj postale su ozbiljno ugrožene uslijed onečišćenja plastikom. U istraživanju je ispitana količina otpada na 13 obalnih područja u zaljevu Iskenderun na obali Turske. Otpad je uzorkovan u svibnju

2018. kako bi se utvrdio udio onečišćenja. Ukupno je prikupljeno 1424 predmeta izrađenih od mezo i makroplastike u pet kategorija (niti, film, pjena, fragmenti i peleti). Prevladavajući oblik plastike je bila tvrda plastika (slomljena, fragmentirana i deformirana) s udjelom od 59,8%.

Peraš i sur. (2017.) proveli su prvu studiju o sastavu i količini morskog otpada u Crnoj Gori tijekom jeseni i zime 2014. te proljeća i ljeta 2015. godine na plažama Igalo i Kamenovo. Ukupna količina otpada iznosila je 2992 komada otpada. Analiza strukture otpada pokazuje da je plastika dominantan tip otpada na obje analizirane lokacije. Znatno manji udio u strukturi otpada odnosio se na predmete od tkanine, metala i drveta.

Palatinus i sur. (2019.) su istraživali količinu, rasprostranjenost i sastav makro i mikro otpada u središnjem Jadranskom moru na području Republike Hrvatske u vodenom stupcu i na morskom dnu. Prosječna koncentracija plutajućih makro čestica iznosila je 175 predmeta/km<sup>2</sup>. U strukturi makro otpada u središnjem dijelu Jadrana u Hrvatskoj prevladavaju vrećice, plastični komadi te ambalaža. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da morski otpad nije prisutan samo na plažama, već i u vodenom stupcu te na morskom dnu odakle se akumulira na plaže kao naplavljeni otpad.

Vlachogianni i sur. (2018.) također su istraživali količinu, rasprostranjenost i izvore morskog otpada, ali na širem području koje je obuhvaćalo Jadransko i Jonsko more. U uzorak istraživanja bilo je uključeno ukupno sedam zemalja Jadransko - jonske makroregije; Albanija, Bosna i Hercegovina, Hrvatska, Grčka, Italija, Crna Gora i Slovenija. Ukupno je tijekom jedne godine klasificirano i zabilježeno 70 581 komada morskoga otpada s ukupno 31 lokacije. Prosječna gustoća otpada iznosila je 0,67 predmeta/m<sup>2</sup> što se smatra relativno visokom vrijednošću. Ispitivane plaže razlikovale su se u pogledu antropogenog utjecaja te se većina lokacija mogla svrstati u polu - urbane ili pretežno prirodne zone, dok se vrlo malo plaža moglo okarakterizirati u potpunosti urbanima ili u potpunosti prirodnima i lišenima čovjekova utjecaja. Većina predmeta u pronađenom otpadu bila je izrađena od umjetnih/antropogenih polimernih materijala koji su imali udio od 91,1% u ukupnoj strukturi materijala od kojih je izrađen pronađeni otpad. Otpad iz priobalnih izvora činio je 33,4% svog prikupljenog otpada. Količina otpada iz izvora na moru kretala se u različitim zemljama od 1,54% do 14,84%, s prosjekom od 6,30% na regionalnoj razini. Najveća količina morskog otpada pronađena je upravo na području Republike Hrvatske (2,9 komada/m<sup>2</sup>), dok je najmanja količina morskog otpada po metru četvornom pronađena u Bosni i Hercegovini (0,18 komada/m<sup>2</sup>).

Nastavno na rezultate Vlachogianni i sur. (2018.), potrebno je spomenuti da su Zeri i sur. (2018.) također potvrdili da je plastika prevladavajući izvor otpada u jadranskim državama.

Mokos i sur. (2020.) proveli su monitoring i analizu morskog otpada na otoku Ižu, u uvali Vodenjak kako bi se utvrdila količina, sastav i izvori otpada na odabranoj mikrolokaciji tijekom jednogodišnjeg razdoblja. Zabilježeno je prosječno 2,55 kom/m<sup>2</sup> otpada, a najviša koncentracija otpada od 4,55 kom/m<sup>2</sup> evidentirana je u zimskom razdoblju. Umjetni polimerni materijali bili su dominantni u ukupnoj količini otpada s udjelom od čak 98,44%. Za 34,38% otpada su utvrđeni izvori, a to su turizam i rekreacijske aktivnosti te loše gospodarenje otpadom.

Mokos i sur. (2019.) utvrđivali su zastupljenost plastičnog otpada na središnjoj obali Jadrana u Republici Hrvatskoj. Prosječna količina otpada je iznosila 3,35 kom/m<sup>2</sup>. Umjetni polimerni materijali činili su 93,86% otpada. Kao ključni izvori otpada su prepoznate rekreativne aktivnosti uz obalu (31,68%) te ribarstvo i poljoprivreda s udjelom od 12,66%.

U tablici 1. grafički je prikazan pregled literature prema kategoriji autor, predmet istraživanja, lokacija i rezultati istraživanja.

**Tablica 1. Pregled literature**

<b>Autor</b>	<b>Predmet istraživanja</b>	<b>Lokacija istraživanja</b>	<b>Rezultati istraživanja</b>
Prevenios i sur. (2018.)	Dinamika akumulacije morskog otpada	Četiri lokacije na otoku Krfu	1. Prosječna neto akumulacija na svim plažama je iznosila 142 ± 115 N/100 m/15 d. 2. Orijentacija lokacije i vremenski uvjeti utječu na akumulaciju otpada 3. Akumulacija otpada u Sredozemlju je nelinearna
Gündoğdu i Çevik (2019.)	Akumulacija mezo i makro otpada	13 obalnih područja u zaljevu Iskenderun na obali Turske	1. Prosječna količina onečišćenja mezo i makroplastikom iznosila 3,7 ± 0,16 cm; 2. Prevladavajući oblik plastike je bila tvrda plastika i folija za prekrivanje staklenika; 3. Rezultati pokazuju da bez obzira na udaljenost izvora, plastični otpad raznim kanalima dolazi do mora
Peraš i sur. (2017.)	Sastav i količina morskog otpada	Plaže Igalo i Kamenovo u Crnoj gori	1. Prikupljeno 2 992 komada otpada, ukupne mase 51,47 kg ; 2. Plastika dominantan tip otpada s udjelom od 75,3% na plaži Kamenovo i 77% na plaži Igalo

Palatinus i sur. (2019.)	Količina, rasprostranjenost i sastav mikro i makro otpada	Središnji Jadran- Republika Hrvatska	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. prosječna koncentracija plutajućih makro čestica iznosila je 175 predmeta/km<sup>2</sup>,</li> <li>2. U sastavu makroplastike prevladavaju plastične vrećice.</li> </ol>
Vlachogianni i sur. (2018.)	Količina i rasprostranjenost morskog otpada	Jadransko- jonska makroregija	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prosječna gustoća otpada iznosila je 0,67 predmeta / m<sup>2</sup></li> <li>2. Udio antropogenih polimernih materijala 91% u strukturi otpada</li> <li>3. Hrvatska ima najviše otpada u odnosu na ostalih šest zemalja Jadransko- jonske regije</li> </ol>
Mokos i sur. (2020.)	Količina, sastav i izvori morskog otpada na otoku Ižu	Uvala Vodenjak	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prosječno 2.25 kom/m<sup>2</sup></li> <li>2. Umjetni polimerni materijali - dominantni s udjelom od 98.44%</li> <li>3. Najviša koncentracija zimi</li> <li>4. Identificirani izvori - turizam i rekreacija, loše gospodarenje otpadom</li> </ol>
Mokos i sur. (2019.)	Količina, sastav i izvori morskog otpada na središnjoj obali Jadrana (RH)	Tri lokacije središnjeg Jadrana (RH)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prosječno 3.35 kom/m<sup>2</sup></li> <li>2. Umjetni polimerni materijali - dominantni s udjelom od 93.86%</li> <li>3. Prevladavajući izvori: obalna rekreacija, poljoprivreda i ribarstvo</li> </ol>

### **3. CILJ I SVRHA RADA**

Cilj istraživanja je odrediti količinu, sastav i izvore makro otpada na plaži Sakarun. Monitoring je proveden u dva vremenska termina, konkretno u jesen (studeni) 2019. i u zimu (veljača) 2020. godine.

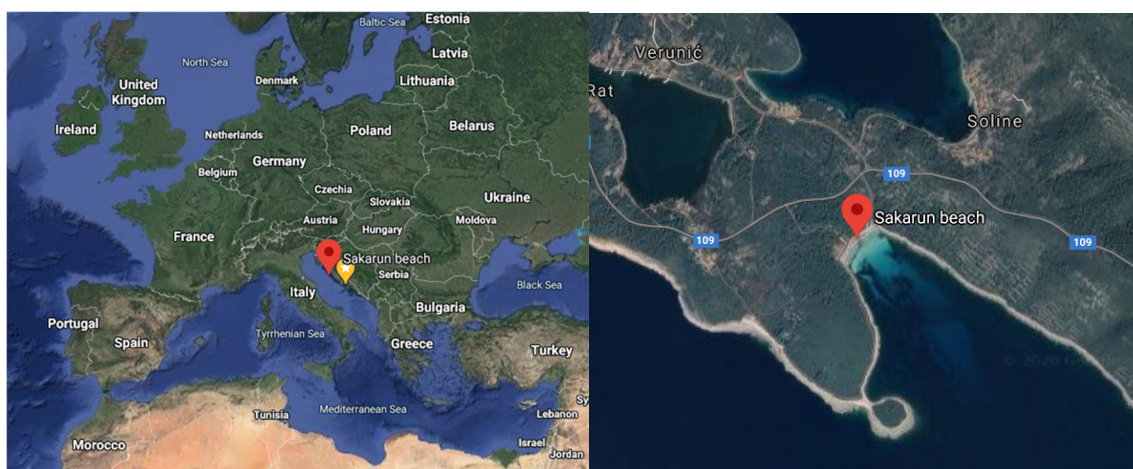
Svrha istraživanja je bolje poznavanje problema onečišćenja otpadom na području Zadarske županije i Jadranskog mora u cjelini.

Rezultati istraživanja doprinijet će lokalnoj samoupravi u unaprjeđenju postojeće strategije gospodarenja otpadom.

## 4. MATERIJALI I METODE

### 4.1. Područje istraživanja

Monitoring i analiza naplavljenog otpada provedeni su na plaži Sakarun, na Dugom otoku u Zadarskoj županiji (Slika 1.). Plaža Sakarun nalazi se na sjeverozapadnoj obali Dugog otoka. Plaža je smještena u blizini mjesta Soline, Božava, Veli rat i Verunić. Duljina plaže iznosi 300 m te je dubina na udaljenosti od 250 metara od obale tek 3,5 metra. Plaža se odlikuje velikim i plitkim prostorom za kupanje. U uvali Sakarun je omogućeno i sidrenje - i to na postavljenim bovama za vez. Plaža je okružena gustom borovom šumom.



Slika 1. Područje istraživanja - plaža Sakarun

Izvor:

<https://www.google.com/maps/place/Sakarun+beach/@44.1339456,14.8544601,3336m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x4761f1925896c093:0xfe22dc50412e662!8m2!3d44.1339418!4d14.8719749> (18.05.2020.)

### 4.2. Uzorkovanje i analiza otpada

Proces uzorkovanja otpada odvijao se na plaži Sakarun u studenom 2019. i veljači 2020. godine. Potrebno je napomenuti da je plaža očišćena zadnji put u svibnju 2019. godine, odnosno 6 i 9 mjeseci prije provedbe uzorkovanja otpada. Proces uzorkovanja otpada odvijao se u dužini od 100 metara, na 10 metara udaljenosti od obale, kako u studenom 2019., tako i u veljači 2020. godine. Proces uzorkovanja otpada je prilikom oba mjerenja izveden po sunčanom vremenu. Uzorkovanje i analiza rađeni su prema protokolu „Metodologija za praćenje morskog otpada na plažama - makro otpad (>2.5cm)“ (Methodology for Monitoring Marine Litter on Beaches – Macro - Debris (>2.5cm)). Uzorkovanje otpada je provedeno na temelju EU MSFD TG10 „Smjernice za praćenje morskog otpada u europskim morima



(2013.)“ kojom su se koristili Zeri i sur. (2018.) pri istraživanju plutajuće plastike u Mediteranu te je usklađeno s OSPAR - ovim Smjernicama za praćenje morskog otpada na plažama u pomorskom području OSPAR (2010.) i preporukama NOAA „Marine Debris Monitoring and Assessment: Recommendations for Monitoring Debris Trends in the Marine Environment (2013.).“

U procesu prikupljanja i uzorkovanja otpada, osigurana je minimalna duljina od 100 m te nizak do umjereni nagib jer se radi o vrlo plitkoj plaži s pristupom moru koji nije blokiran. Na plaži se provodi čišćenje prije turističke sezone, ali je istraživanje provedeno sa značajnim vremenskim odmakom od zadnjeg čišćenja plaže (6 i 9 mjeseci odmaka).

Metodologija za monitoring morskog otpada na plažama za Jadransko - jonsku regiju (URL 1) propisuje da se proces uzorkovanja i analize otpada provodi tijekom različitih godišnjih doba: u jesen, zimu, proljeće i ljeto. Navedeni kriteriji ispunjeni su djelomično zbog ograničenja u kretanju stanovništva uslijed pandemije Covid-19 virusa. Iz tog razloga je proces uzorkovanja i analize obavljen u jesen i zimu, ali ne i u proljetnoj i ljetnoj sezoni. Opisani uvjeti predstavljaju ograničenje u provedbi istraživanja.

Prikupljeni otpad je identificiran sukladno kategorijama navedenim u Vlachogianni i sur. 2017. pri čemu je svaki identificirani komad otpada svrstan u odgovarajuću kategoriju, dok je neidentificirani otpad svrstan prema veličini u kategorije od G75 do G83. Otpad je potom izvagan i odstranjen s plaže Sakarun, ukoliko je obujam i masa otpada to dozvoljavala. Ukoliko to nije bio slučaj, otpad je označen kako se ne bi ubrajao u daljnja istraživanja o akumulaciji otpada.

Gustoća otpada izračunata je kao omjer između broja komada otpada na određenoj površini (širini i duljini). Formula za gustoću otpada glasi (Lippiatt i sur., 2013):  $C_M = N/w * l$ .

Indeks čistoće obale (CCI indeks) izračunava se kao gustoća otpada  $C_M$  pomnožena s koeficijentom  $K$  koji iznosi 20 (Alkalay i sur., 2007.). Ukoliko je rezultat 0 - 2, plaža je vrlo čista, ukoliko se rezultat kreće 2 - 5 radi se o čistoj plaži, dok su srednje čiste plaže s vrijednošću 5 - 10. Prljavim se smatraju plaže s CCI indeksom 10 - 20 i vrlo prljavim, plaže s rezultatom CCI indeksa iznad 20.

## 5. REZULTATI

Rezultati istraživanja uključuju prikaz količine, sastava i izvora otpada na plaži Sakarun u studenom 2019. i veljači 2020. U istraživanjima je prikazan broj komada po pojedinoj vrsti materijala te skupno po svim vrstama materijala. Jednako tako, iskazana je masa otpada po pojedinoj vrsti materijala i skupno po svim vrstama materijala.

### 5.1. Količina sakupljenog materijala i čistoća obale

Umjetni polimerni materijali imali su najznačajniji udio u sastavu morskog otpada na plaži Sakarun. Količina i masa prikupljenog otpada te gustoća otpada i indeks čistoće obale u različitim razdobljima uzorkovanja prikazani su u tablici 2.

**Tablica 2. Količina i masa prikupljenog otpada, gustoća otpada i indeks čistoće obale**

Stavka	Studeni 2019.	Veljača 2020.	Ukupno	Srednja vrijednost
<b>Broj komada (N)</b>	2479	1649	4128	2064
<b>Masa (kg)</b>	27.5	19.7	47.3	23.6
<b>Gustoća (N/m<sup>2</sup>)</b>	0.275	0.19	0.47	0.24
<b>Indeks čistoće obale</b>	5.5	3.8	9.4	4.7

Broj komada otpada i masa otpada su se smanjili u veljači 2020. u odnosu na studeni 2019. godine. Ukupno je pronađeno 41.128 komada otpada s prosječnom vrijednošću od 2.064 komada. Ukupna masa otpada iznosila je 47.3 kg, a prosječna 23.6 kg. Na temelju parametra gustoće obale pomnoženog sa koeficijentom 20, izračunat je indeks čistoće obale. U studenom je indeks čistoće obale iznosio 5.5, a u veljači 3.8 što svrstava Sakarun u čiste plaže. Srednja vrijednost CCI indeksa od 4.7 također ukazuje na čistu plažu. (Alkalay i sur., 2007.).

### 5.2. Sastav sakupljenog otpada na obali

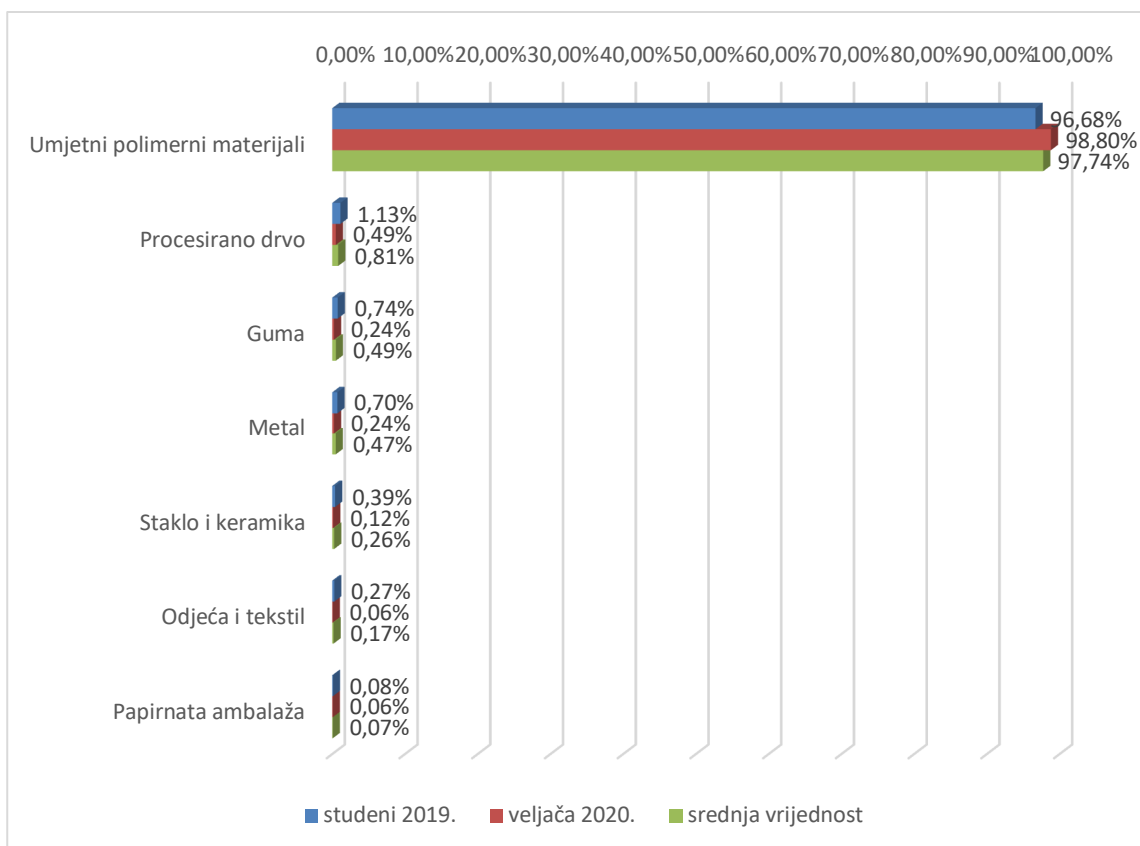
Otpad je s obzirom na sastav razvrstan na umjetne polimerne materijale, procesirano drvo, gumu, metal, staklo i keramiku, odjeću i tekstil te na papirnatu ambalažu (Slika 2.). Slika 3. prikazuje strukturu sakupljenog otpada po sastavu u studenom 2019. i veljači 2020. te je

potom izražena kumulativna vrijednost udjela pojedinog materijala u ukupnom sastavu otpada.



Slika 2. Raznovrsni otpad

Izvor: privatna arhiva autora

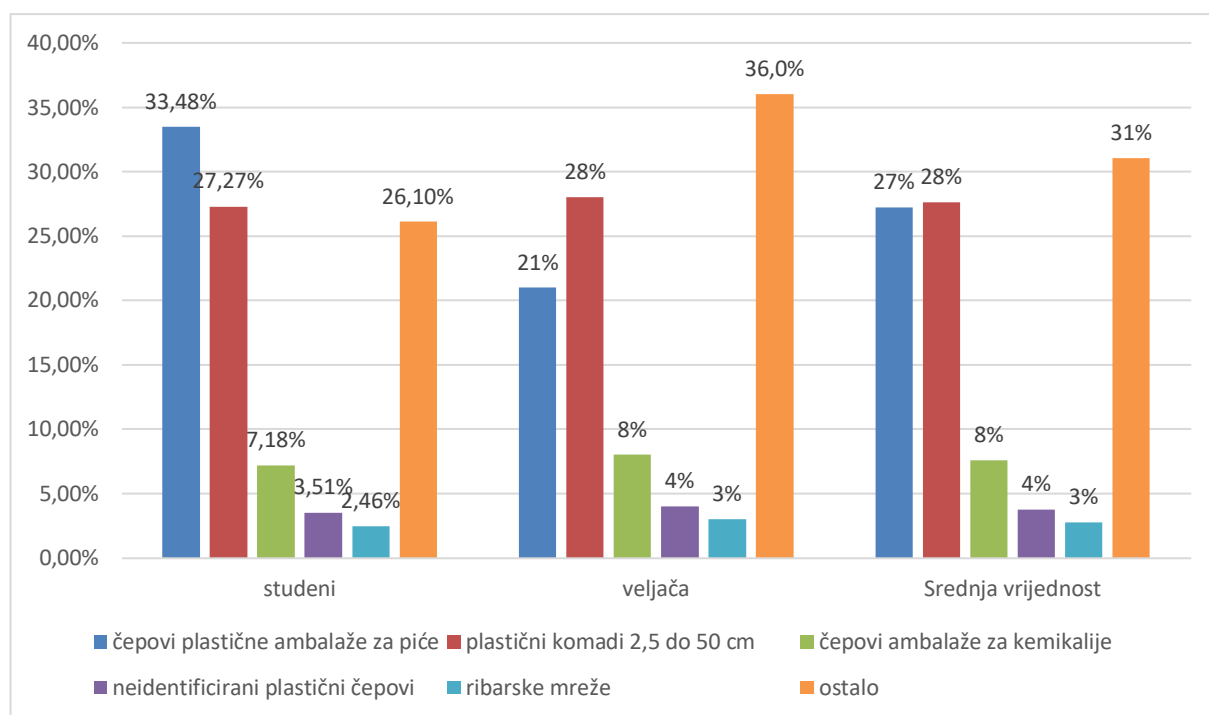


Slika 3. Sastav otpada po godišnjim dobima i kumulativno

Izvor: rezultati istraživanja

U sastavu otpada po godišnjim dobima, kao i u kumulativnom sastavu otpada, na plaži Sakarun je prevladavao otpad od *umjetnih polimernih materijala* s visokim udjelom koji je kumulativno iznosio 97.74%. Sve ostale kategorije otpada s obzirom na sastav, zanemarive su u odnosu na udio umjetnih polimernih materijala. Tako je kumulativni udio *procesiranog drva* iznosio tek 0.81%. *Metalni otpad* je u ukupnoj strukturi otpada prema sastavu bio zastupljen s 0.47%, a *staklo i keramika* s 0.26%. Otpad od *odjeće i tekstila* činio je tek 0.17% u ukupnom udjelu otpada, a najmanje zastupljena je bila *papirnata ambalaža* s tek 0.07% udjela u ukupnom sastavu morskog otpada na plaži Sakarun.

S obzirom na činjenicu da su *umjetni polimerni materijali* bili dominantni u ukupnom sastavu otpada na plaži Sakarun, izdvojene su najzastupljenije vrste umjetnog polimernog materijala u studenom 2019., veljači 2020. i kumulativno (Slika 4.).



**Slika 4. Sastav otpada od umjetnih polimera po godišnjim dobima i kumulativno**

Izvor: rezultati istraživanja

Najdominantniji udio u otpadu od umjetnih polimernih materijala su plastični komadi veličine od 2.5 cm do 5 cm s udjelom od 28%, a slijede čepovi plastične ambalaže za piće koji su bili zastupljeni s kumulativnim udjelom od 27%. Druge kategorije otpada od umjetnih polimernih materijala su bile znatno manje zastupljene. Udio čepova ambalaže za kemikalije je

kumulativno iznosio 8%, udio neidentificiranih plastičnih čepova 4%, a ribarskih mreža 3%. Dominantne vrste otpada od umjetnih polimernih materijala bile su prisutne u sličnim količinama tijekom prikupljanja otpada u studenom 2019. i veljači 2020 (Slika 5.).

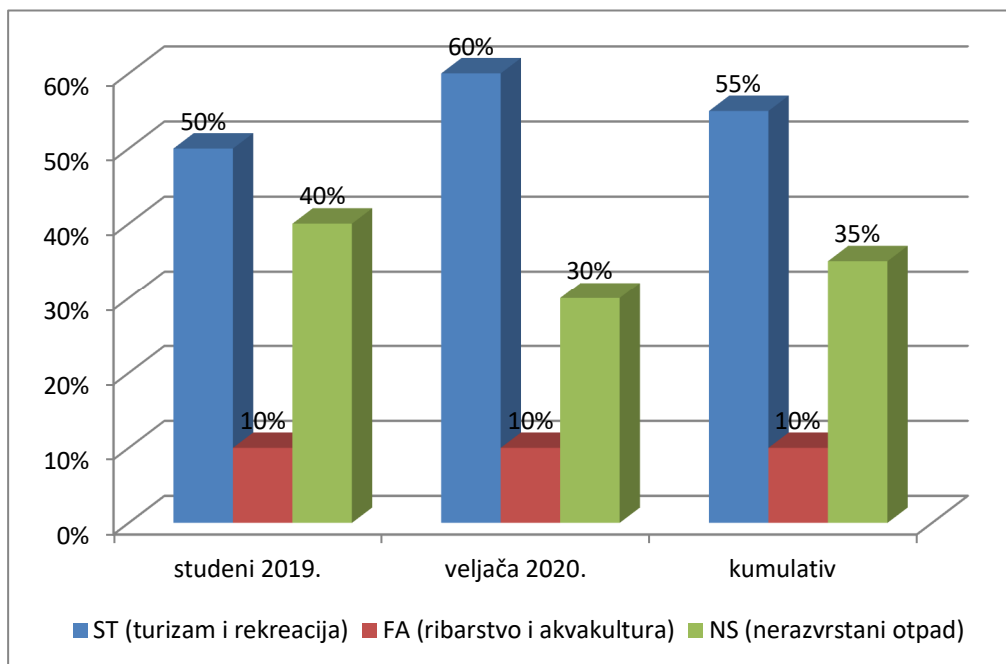


Slika 5. Polimerni materijali

Izvor: privatna arhiva autora

### 5.3. Izvori morskog otpada

Slika 6. predstavlja strukturu prikupljenog otpada od dominantnih umjetnih polimernih materijala na plaži Sakarun prema pojedinim izvorima otpada, a to su neadekvatno upravljanje otpadom, turizam i rekreacija (ST), ribarstvo i akvakultura (FA), sanitarni i kanalizacijski otpad (SS), otpad iz prometnih djelatnosti (SH), odbačeni otpad (FT), medicinski otpad (ME), poljoprivredni otpad (AG) i nesortirani ili nerazvrstani otpad (NS) (URL 1). Struktura je izražena u komadima otpada.



**Slika 6. Izvori otpada po godišnjim dobima i kumulativno**

Izvor: rezultati istraživanja

Ključni izvori otpada na plaži Sakarun su turizam i rekreacija, ribarstvo i akvakultura te nerazvrstani otpad. Glavnina makroplastike je u oba promatrana razdoblja proizlazila iz aktivnosti u obalnom pojasu (ST); u studenom 2019. 50%, a u veljači 2020. 60%. Udio otpada iz sektora ribarstva iz akvakulture je bio konstantan i iznosio je 10% u studenom i veljači. Udio nerazvrstanog otpada od makroplastike se smanjio sa 40% u studenom 2019. na 30% u veljači 2020. godine.

## 6. RASPRAVA

Osnovni materijali koji onečišćuju plažu Sakarun kao jednu od najprepoznatljivijih uvala na istočnoj obali Jadranskog mora su umjetni polimerni materijali. Udio navedenog otpada je najveći s obzirom na količinu mjerenu brojem komada i na ukupnu masu otpada. Dobiveni rezultati sukladni su s rezultatima ostalih usporednih istraživanja monitoringa i analize otpada u Jadransko - jonskoj regiji (Prevenios i sur. 2018., Peraš i sur. 2017., Palatinus i sur., 2016. i Vlachogianni i sur. 2018.). Udio otpada od makroplastike u ukupnoj količini otpada na plaži Sakarun iznosio je 97.74%.

Iako je iz dostupne literature vidljivo da su umjetni polimerni materijali prevladavajući izvor morskog otpada, na plaži Sakarun su pronađeni viši udjeli umjetnih polimera u odnosu na usporedna istraživanja Vlachogianni i sur. 2018. te Peraša i sur. 2017. U istraživanju Vlachogianni i sur. 2018. udio polimernih materijala u strukturi otpada iznosio je 91% a u istraživanju Peraša i sur. 2017. 75,3% na plaži Kamenovo i 77% na plaži Igalo. Istraživanje Mocos i sur. 2020. vezano uz količinu, sastav i izvore morskog otpada na otoku Ižu rezultiralo je najslabijim udjelom umjetnih polimernih materijala (98,44%) kao i istraživanje na plaži Sakarun (96,68% u studenom 2019. i 98,80% u veljači 2020). Opisane podudarnosti impliciraju na utjecaj mikrolokacijskih značajki u pogledu količine i sastava morskog otpada. Količinu morskog otpada na plaži Sakarun moguće je s obzirom na broj komada usporediti s rezultatima istraživanja Peraša i sur. 2017. U tom je istraživanju prikupljeno 2992 komada, a na plaži Sakarun je u studenom 2019. godine prikupljeno 2479 komada od umjetnih polimera. Komparativna analiza dvaju istraživanja pokazuje odstupanja prema kriteriju mase. Naime masa otpada od polimernih materijala je u studiji na plaži Sakarun bila upola manja u odnosu na masu otpada u istraživanju Peraša i sur. 2017.

Plastika predstavlja značajan izvor onečišćenja u Jadranskom moru što ukazuje na nužnost implementiranja mjera održivog upravljanja plastičnim otpadom kako bi se u budućnosti smanjila količina makro i mikroplastike u morskim staništima, na što osobito upozorava istraživanje Anastasopoulou i sur. (2018.).

Monitoring i analiza otpada na plaži Sakarun ukazuje na akumulaciju otpada koja je ponajviše uzrokovana aktivnostima uz obalu, kao što je neadekvatno gospodarenje otpadom i djelatnosti vezane uz turizam i rekreaciju. Analizom izvora otpada bavili su se Mocos i sur. 2019. te Mocos i sur. 2020. Studija provedena na tri lokacije u središnjem Jadranu kao i studija u uvali Vodenjak na otoku Ižu pokazala je da su turizam i rekreacija te loše gospodarenje otpadom

ključni izvori onečišćenja morskog okoliša što je sukladno rezultatima studije provedene na plaži Sakarun na Dugom otoku.

Udio otpada iz turističkog sektora se postupno smanjivao od studenog 2019. do veljače 2020. godine, što je očekivano sukladno činjenici da je turizam sezonska djelatnost, no nije iščeznuo te je i u veljači bio značajan izvor akumulacije otpada. Uz mjere održivog gospodarenja otpada s naglaskom na racionalnu i višekratnu uporabu plastike, razvrstavanje, recikliranje i povećanje učestalosti odvoza otpada, nužno je kontinuirano razvijati svijest lokalnog stanovništva i turista o potrebi održivog upravljanja otpadom s ciljem postizanja ravnoteže između ekonomskih i ekoloških ciljeva. Ostali izvori onečišćenja plaže Sakarun su ribarski i sektor akvakulture, u znatno manjem obujmu u odnosu na priobalne aktivnosti.

Da su priobalne aktivnosti (ST) vezane uz turizam i rekreaciju značajan izvor onečišćenja na plaži Sakarun dokazuje i činjenica da se akumulacija otpada na odabranoj lokaciji smanjila za ukupno 10 614 g u tromjesečnom razdoblju od studenog do veljače. Neovisno o tome, dugoročni utjecaj na prisutnost makroplastike na plaži Sakarun može se ocijeniti dugoročno neodrživim s ekološkog stajališta zbog značajnih sezonskih pritisaka.



## 7. ZAKLJUČAK

Jadransko - jonska makroregija te cjelokupno Sredozemlje predstavljaju jedinstven, ali vrlo osjetljiv ekosustav jer se radi o zatvorenim morskim ekosustavima. To se osobito odnosi na Jadransko more. Pritisci koji nastaju uslijed gospodarskog rasta, zasnovanog poglavito na turizmu, značajno povećavaju potrebu za monitoringom i analizom naplavljenog otpada kao i za održivijim pristupom upravljanju gospodarskim djelatnostima na Sredozemlju. Rezultati provedenih istraživanja o monitoringu i analizi naplavljenog otpada u Jadransko - jonskoj regiji ukazuju na plastični otpad kao najzastupljeniju i najopasniju kategoriju otpada u morskim sustavima s obzirom da se veće čestice plastike postupno razgrađuju u mikro plastiku i ulaze u hranidbenu mrežu u morskim ekosustavima.

Rezultati dobiveni provedenim primarnim istraživanjem također ukazuju na opasnosti i značajne udjele otpada od umjetnih polimernih materijala na odabranoj mikrolokaciji, a to je plaža Sakarun na Dugom otoku. Turistički sektor, kao temeljni generator gospodarskog rasta u Dalmaciji, prepoznat je kao najznačajniji izvor ukupne količine i mase otpada na Sakarunu, a njegov se utjecaj može ocijeniti dugoročnim, neovisno o činjenici da se količina otpada koja je nastala u turističkom sektoru smanjila od studenog 2019. do veljače 2020. godine.

Na temelju dobivenih rezultata se mogu izvesti smjernice o učinkovitijem upravljanju otpadom s posebnim naglaskom na češći odvoz otpada iz otočnih zajednica, potrebu za organizacijom akcija čišćenja plaža i podmorja, kao i potrebu za razvrstavanjem i recikliranjem otpada koji se eliminira iz morskog ekosustava. Sustavan razvoj svijesti lokalnog stanovništva i turista o potrebi za održivim upravljanjem okolišem nameće se kao dugoročni prioritet u očuvanju okoliša i bioraznolikosti morskih staništa Jadrana i Jadransko - jonske makroregije.

## 8. LITERATURA

1. Anastasopoulou, A., Viršek, M. K., Varezić, D. B., Digka, N., Fortibuoni, T., Koren, Š., Šiljić, J. (2018). Assessment on marine litter ingested by fish in the Adriatic and NE Ionian Sea macro-region (Mediterranean). *Marine pollution bulletin*, 133, 841-851.
2. Benac, Č., Ružić, I., Žic, E. (2006). Ranjivost obala u području Kvarnera. *Pomorski zbornik*, 44(1), 201-214.
3. Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (2015). *Marine anthropogenic litter* (p. 447). Springer Nature.
4. Bule, K., Zadro, K., Tolić, A., Radin, E., Miloloža, M., Očelić Bulatović, V., Kučić Grgić, D. (2020). Mikroplastika u morskom okolišu Jadrana. *Kemija u industriji: Časopis kemičara i kemijskih inženjera Hrvatske*, 69(5-6), 303-310.
5. Campanale, C., Stock, F., Massarelli, C., Kochleus, C., Bagnuolo, G., Reifferscheid, G., Uricchio, V. F. (2020). Microplastics and their possible sources: The example of Ofanto river in Southeast Italy. *Environmental Pollution*, 258, 113284.
6. Gündoğdu, S., Çevik, C. (2019). Mediterranean dirty edge: High level of meso and macroplastics pollution on the Turkish coast. *Environmental Pollution*, 255, 113351.
7. Kosty, T. (1993). UTJECAJ AKTIVNOSTI I INSTALACIJA U MORSKOM OKOLIŠU SREDOZEMLJA I ZAJEDNIČKI PROGRAMI NJEGOVE ZAŠTITE. *Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline*, 2(1), 43-52.
8. Krželj, M. (2010). Impact of climate change on marine environment. *Paediatrica Croatica. Supplement*, 54, 18-23.
9. Mocos, M., Martinez, I. Z., Zubak, I. (2019). Is central Croatian Adriatic Sea under plastic attack? Preliminary results of composition, abundance and sources of marine litter on three beaches. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 30(4), 797-806.
10. Mocos, M., Rokov, T., Zubak Čižmek, I. (2020). Monitoring and analysis of marine litter in Vodenjak cove on Iž Island, central Croatian Adriatic Sea. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 1-8.
11. Palatinus, A., Viršek, M. K., Robič, U., Grego, M., Bajt, O., Šiljić, J., Peterlin, M. (2019). Marine litter in the Croatian part of the middle Adriatic Sea: Simultaneous

- assessment of floating and seabed macro and micro litter abundance and composition. *Marine pollution bulletin*, 139, 427-439.
12. Peraš, I., Divanović, M., Pešić, A., Joksimović, A., Marković, O., Đurović, M., Mandić, M. (2017). Composition and abundance of beach litter in Montenegro (South Adriatic Sea). *Studia Marina*, 30(1), 17-27.
  13. Prevenios, M., Zeri, C., Tsangaris, C., Liubartseva, S., Fakiris, E., Papatheodorou, G. (2018). Beach litter dynamics on Mediterranean coasts: distinguishing sources and pathways. *Marine pollution bulletin*, 129(2), 448-457.
  14. Tutman, P., Bojanić Varezić, D., Prvan, M., Nazlić, M., Božanić, J., Šiljić, J., Pavičić, M. (2017). Integrirano planiranje u cilju smanjivanja utjecaja morskog otpada–Projekt DeFishGear. In *Konferencija o zaštiti okoliša-Vizije gospodarenja otpadom: knjiga sažetaka* (p. 26).
  15. Vlachogianni, T., Fortibuoni, T., Ronchi, F., Zeri, C., Mazziotti, C., Tutman, P., Mandić, M. (2018). Marine litter on the beaches of the Adriatic and Ionian Seas: An assessment of their abundance, composition and sources. *Marine pollution bulletin*, 131, 745-756.

### **Internetski izvori**

1. URL 1. Methodology for monitoring Marine Litter on Beaches. [https://mio-ecsde.org/wp-content/uploads/2017/11/Beach-litter\\_monitoring-methodology.pdf](https://mio-ecsde.org/wp-content/uploads/2017/11/Beach-litter_monitoring-methodology.pdf) (18.05.2020.)