

# Količina, sastav i izvori naplavljenog morskog otpada na plaži Sakarun (Dugi otok) tijekom 2022. godine

---

Lovrić, Dora

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:162:986359>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-23**



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

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu  
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

**Dora Lovrić**

**Količina, sastav i izvori naplavljenog morskog  
otpada na plaži Sakarun (Dugi otok) tijekom 2022.  
godine**

**Diplomski rad**

Zadar, 2023.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu  
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Količina, sastav i izvori naplavljenog morskog otpada na plaži Sakarun (Dugi otok) tijekom 2022. godine

Diplomski rad

Student/ica:

Dora Lovrić

Mentor/ica:

Doc. Dr. Sc. Melita Mokos

Zadar, 2023.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Dora Lovrić**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Količina, sastav i izvori naplavljenog morskog otpada na plaži Sakarun (Dugi otok) tijekom 2022. 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, 28. siječnja 2023.

## ***Zahvala***

*Prvenstveno želim zahvaliti mentorici doc.dr.sc. Meliti Mokos koja mi je svojim savjetima pomogla pri izradi diplomskog rada. Također, zahvaljujem i djelatnicima JU Natura Jadera koji su mi omogućili odlaske na područje istraživanja.*

*Od srca želim zahvaliti obitelji i prijateljima koji su mi pružali podršku tijekom studiranja.*

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1.
2. PREGLED LITERATURE .....	4.
3. CILJ I SVRHA RADA.....	10.
4. MATERIJALI I METODE .....	11.
4.1. Područje istraživanja .....	11.
4.2. Uzorkovanje i analiza otpada.....	12.
5. REZULTATI .....	15.
5.1. Količina, gustoća otpada i indeks čistoće obale.....	15.
5.2. Sastav otpada.....	16.
5.3. Izvori otpada.....	19.
6. RASPRAVA.....	22.
7. ZAKLJUČAK .....	26.
8. LITERATURA.....	28.

## SAŽETAK

### **Količina, sastav i izvori naplavljenog morskog otpada na plaži Sakarun (Dugi otok) tijekom 2022. godine**

Otpad predstavlja veliki ekološki problem današnjice koji negativno utječe na živi svijet, ekosustave i njihove funkcije te u konačnici na zdravlje i život čovjeka. Cilj ovog istraživanja je utvrditi količinu, sastav i izvore naplavljenog morskog otpada na plaži Sakarun, koja se nalazi na Dugom otoku u Zadarskoj županiji. Istraživanje je provedeno tijekom 2022. godine, a uzorkovanje otpada se odvijalo u četiri navrata - po jednom u svakom godišnjem dobu. Za prikupljanje i obradu uzoraka korišten je Protokol za monitoring otpada na plažama projekta DeFishGear. Ukupno je bilo prikupljeno 3096 komada otpada. Srednja vrijednost gustoće morskog otpada iznosila je 0,78 komada/m<sup>2</sup>, a vrijednost indeksa čistoće obale (CCI) 15,05 te je prema tome plaža svrstana u kategoriju "Prljava". Najzastupljeniji su bili predmeti od umjetnih polimernih materijala, odnosno plastike zauzimajući udio od 97,19% u ukupnom otpadu. Glavni izvori onečišćenja na ovoj plaži bile su aktivnosti poput turizma, rekreacije te loše prakse gospodarenja otpadom (26,58%), ribarstvo i akvakultura (10,14%). Izvori onečišćenja vezani uz kopno činili su udio od 26,91%, a izvori vezani uz more 12,40%. Rezultatima ovog istraživanja dobio se bolji uvid u razmjere problematike morskog naplavljenog otpada na plažama istočnog Jadrana.

**Ključne riječi:** morski otpad, onečišćenje plastikom, Jadransko more, naplavljeni otpad

## **SUMMARY**

### **Abundance, composition and sources of stranded marine litter on Sakarun beach (Dugi otok) during 2022.**

Marine litter is recognized as one of the major ecological problems. It has a negative impact on ecosystems and their functions, organisms and also on human health. The aim of this study was to determine quantity, composition and sources of stranded marine litter on Sakarun beach located on Dugi otok in Zadar county. Study was carried out in the period of year 2022. and beach surveys were conducted once in each season. For collection and analysis of samples Methodology for Monitoring Marine Litter on Beaches – Macro Debris (>2,5cm) developed by DeFishGear project was used. During the surveys there was collected a total of 3096 marine litter items. The average density was 0,75 items/m<sup>2</sup> and Clean Coast Index value was 15,05 which categorizes beach Sakarun as „Dirty“. Artificial polymer materials were the most abundant of all materials (97,19%). Main sources of litter on this beach were related to as tourism, recreation, poor waste management practices (26,58%) and aquaculture and fisheries (10,14%). Land-based sources accounted for 26,91% while sea-based sources accounted for 12,40%. The results of this research gave a better insight into problem of marine litter on beaches of eastern Adriatic Sea.

**Key words:** marine litter, plastic pollution, Adriatic Sea, stranded litter



## 1. UVOD

Oceani i mora zauzimaju 71% Zemljine površine te predstavljaju ključan resurs zajednicama obalnih regija svijeta. Oduvijek bili od velike važnosti za razne aktivnosti poput ribolova i transporta (Mæland i sur., 2019.). Međutim, količina morskog otpada u oceanima i obalnim područjima u stalnom je porastu što predstavlja veliki ekološki problem današnjice (Rayon-Viña i sur., 2019.). Morski otpad opisan je kao bilo koji postojani, proizvedeni ili prerađeni čvrsti materijal kojeg proizvodi i koristi čovjek, a koji naposljetku završi odbačen u moru ili se nakuplja na obalama (UNEP, 2009.). Prema UNEP-u (Programu Ujedinjenih naroda za okoliš) 80% morskog otpada potječe iz kopnenih izvora koji uključuju loše gospodarenje odlagalištima otpada, turizam i rekreaciju, nesavjesno ponašanje pojedinca te otpad koji u more dospije putem rijeka, kanalizacije i odvoda, ispiranjem kiša i puhanjem vjetra. Ostalih 20% morskog otpada nastaje na moru kao posljedica aktivnosti u akvakulturi i ribarstvu, turističkih aktivnosti i namjernog ili nenamjernog odbacivanja otpada s brodova svih namjena (UNEP, 2009.).

Morski otpad smatra se jednom od glavnih prijetnji morskim ekosustavima i njihovim funkcijama, staništima, vrstama i ljudskom zdravlju (Hardesty i sur., 2016.). Morske struje odnose velike količine morskog otpada od gusto naseljenih industrijaliziranih obalnih područja do udaljenih područja oceana i nenaseljenih obala (Laglbauer i sur., 2014.). Nerijetko su dokumentirani slučajevi zaplitanja i gutanja morskog otpada kod morskih sisavaca, kornjača, ptica, riba i raznih drugih životinja. Zapetljane jedinke teško se oslobađaju što često dovodi do utapanja, izgladnjivanja ili do ozljeda koje u konačnici mogu završiti smrtnim ishodom. Jedna od glavnih prijetnji od zaplitanja su odbačeni i izgubljeni ribolovni alati koji nakon što su odbačeni ili izgubljeni u moru, ne gube svoju funkciju, već nastavljaju „loviti“ morske organizme. Osim toga, napušteni i izgubljeni ribolovni alati mogu prekriti morsko dno, zagušiti ga i uništiti sesilne organizme (Matsouka i sur., 2005.). Osim zaplitanja, široko zabilježen problem je također gutanje otpada. Mnogi organizmi zamijene morski otpad za svoju hranu te ga progutaju. Kada dospije u probavni trakt otpad uzrokuje oštećenja, iritacije probavnog trakta i blokiranje želuca što u konačnici može rezultirati smrću jedinke. Osim toga, akumulacijom otpada u želucima, organizmi dobivaju privid sitosti te smanjuju unos hrane i gladuju (Fossi i sur., 2017.).

Poseban problem predstavljaju umjetni polimerni materijali, odnosno plastika, koja čini većinu morskog otpada (Hardesty i sur., 2016.). Od 50-ih godina prošlog stoljeća, s masovnom proizvodnjom za komercijalnu upotrebu, ukupna količina plastike drastično se povećala (Löhr i sur., 2017.). Naime, plastika je zbog svakodnevne uporabe, visoke izdržljivosti i spore razgradnje najčešća vrsta otpada pronađena u morskom okolišu (Oliveira i sur., 2015.). Sve je više znanstvenih dokaza o prisutnosti plastike i mikroplastike na području gusto naseljenih obala, ali i udaljenih područja polarnih mora i velikih dubina poput abisalne zone (Zeri i sur., 2018.). Osim negativnog utjecaja na ekosustave i bioraznolikost, plastični otpad također ima negativan utjecaj na društva, gospodarstva i ekonomije raznih djelatnosti koje su pod izravnim utjecajem onečišćenja plastikom (Löhr i sur., 2017.). Uz to, raste zabrinutost zbog rizika i mogućih štetnih utjecaja mikroplastike na organizme i ljudsko zdravlje. Čestice mikroplastike apsorbiraju razna organska zagađivala iz okolnog medija. Organizmi mogu mikroplastiku zamijeniti za svoju hranu te ju zabunom unijeti u organizam čime može doći do opterećivanja organizma štetnim spojevima koji se akumuliraju u organizmu. Nadalje, trofičkim prijenosom toksini se prenose do krajnjih potrošača među koje spada i čovjek (Hantoro i sur., 2013.).

Problem disperzije i akumulacije morskog otpada je kompleksan i multidimenzionalan problem koji je prepoznat kako na globalnoj razini, tako i na Mediteranu zbog svojih ekoloških, ekonomskih, sigurnosnih, zdravstvenih i kulturnih utjecaja (UNEP/MAP, 2015.). Sredozemno more posebno je pogođeno problemom onečišćenja otpadom te se smatra jednim od značajnijih područja akumulacije otpada. Riječ je o polu-zatvorenom moru, a izmjena vode s Atlantskim oceanom je spora, što dodatno čini ovo područje osjetljivim. Obala Sredozemnog mora gusto je naseljena, a procijenjeno je da 10% (oko 100 milijuna) ljudske populacije koja živi u obalnim područjima, nastanjuje obale Sredozemlja. Uz to, dobro razvijen turizam, pomorski promet, ribarstvo i akvakultura te dotoci velikih rijeka poput Po, Nila i Ebro dodatno pridonose problemu onečišćenja otpadom (Cózar i sur., 2015.).

Jadransko more također je pogođeno ovim problemom. U ovo plitko, polu-zatvoreno more uz neke manje rijeke ulijeva se i sadržaj rijeke Po, najveće rijeke u Italiji. Dolina rijeke Po glavno je područje talijanske industrijske i poljoprivredne zone te je pod velikim pritiskom različitih vrsta onečišćenja koja, ulijevanjem rijeke u more, završavaju i u Jadranu (Funduk i sur., 2021.). Cijela obala Jadranskog mora pod utjecajem je intenzivnih ljudskih aktivnosti, pomorskog prometa, akvakulture i sezonskog turizma. Ove aktivnosti predstavljaju glavne

izvore ekonomskih prihoda zemljama koje okružuju Jadransko more. Međutim, iste predstavljaju generatore morskog otpada te doprinose disperziji i akumulaciji otpada na području Jadranskog mora i obale. Osim toga, akumulacija i disperzija otpada na području Jadrana velikim je dijelom posljedica režima morskih struja i utjecaja vjetra (Schmid, 2021.). Površinske morske struje u Jadranskom moru karakterizira ciklonalna cirkulacija u kojoj ulazna struja struji prema sjeveru duž istočne obale te otječe prema jugu uz zapadnu obalu uz pojavu nekoliko ciklonalnih vrtloga u južnom i srednjem Jadranu. Zimi je više izražena ulazna struja uz istočnu obalu, dok je ljeti izraženija izlazna uz zapadnu obalu Jadrana (Orlić i sur., 1992.). Osim toga na disperziju morskog otpada važan utjecaj imaju i vjetrovi, poglavito bura koja puše sa sjeveroistoka i jugo koje puše s jugoistoka (Orlić i sur., 1994.). Spomenuti uvjeti pogoduju akumulaciji otpada koji se u morskome okolišu pojavljuje kao plutajući otpad, otpad na morskome dnu, u vodenom stupcu i otpad naplavljen na obalama (Zeri i sur., 2018.).

Hrvatska je također pogođena ovim problemom posebice za vrijeme iznimno nepovoljnih meteoroloških i hidroloških prilika kada otpad iz susjednih jadranskih zemalja biva donesen morskim strujama i vjetrom. Ovo se naročito odnosi na otoke otvorene prema jugu i jugozapadu gdje se pod djelovanjem glavnih morskih struja i njihovih odvojaka te južnih vjetrova, otoci i obala zagađuju naplavljenim plutajućim otpadom (Tutman i sur., 2017.). Jedno od takvih područja je i uvala Sakarun na Dugom otoku, koja je područje istraživanja ovog rada.

## 2. PREGLED LITERATURE

Morski otpad prepoznat je kao jedan od glavnih problema globalnih razmjera. Kako bi procijenili količinu, sastav i izvore morskog otpada te njegovu prostornu i vremensku raspodjelu na globalnoj i regionalnoj razini, potrebno je standardizirati metodologiju za kvantifikaciju i karakterizaciju morskog otpada (Galgani i sur., 2015.). Europska unija ulaže velike napore s ciljem očuvanja morskog okoliša i smanjivanja štetnih ljudskih utjecaja, istovremeno dopuštajući održivo korištenje morskog okoliša. Okvirna direktiva o morskoj strategiji („Marine Strategy Framework Directive - MSFD“) pruža alate za prevenciju onečišćenja morskim otpadom na području mora Europske unije sa svrhom postizanja dobrog stanja okoliša u europskim vodama do 2020. godine (Mokos i sur. 2020.). Direktiva se sastoji od jedanaest deskriptora koji obuhvaćaju kriterije i metodološke standarde čija je svrha provedba MSFD-a i određivanje dobrog stanja okoliša (URL 1). Deskriptor 10 (D10) odnosi se na morski otpad, a dobro stanje okoliša opisuje definicijom – „Svojstva i količine morskog otpada ne štete obalnom i morskom okolišu“ (URL 2). Stoga, kako bi se utvrdilo i pratilo stanje te napredak u postizanju dobrog stanja okoliša potrebno je provoditi monitoringe koji služe kao alat za utvrđivanje količine, sastava i izvora otpada. Rezultati dobiveni monitorinzima također mogu služiti kao pokazatelji učinkovitosti upravljačke prakse koja se provodi, tipova aktivnosti i izvora koji predstavljaju glavne generatore morskog otpada i učinkovitosti provedbe mjera smanjenja otpada. Suklado rezultatima sustavnih monitoringa mogu se uvesti nove mjere za smanjenje količine otpada ili korigirati već postojeće, s ciljem postizanja dobrog stanja (Munari i sur., 2016.). Stoga će u ovom pregledu literature biti uključeni rezultati istraživanja i monitoringa naplavljenog makro-otpada koji su provedeni u zemljama Mediterana, s naglaskom na područja obale Jadranskog mora.

Asensio-Montesinos i sur. (2019.) procijenili su količinu i sastav otpada na području zapadnog Sredozemlja, točnije na obali provincije Alicante u Španjolskoj tijekom proljeća 2018. godine. Otpad se prikupljao u razdoblju od mjesec dana na 56 područja koja su se razlikovala po geomorfološkim obilježjima i razini urbanizacije, a opisane su kao – „prirodne plaže“, „ruralne plaže“, „urbane plaže“. Ukupno je bilo sakupljeno 10 101 komada otpada, od čega je plastika zauzela znatan udio od 82,6%, slijede papir i karton 5,6%, keramika 3,4%, metal 3,2%, odjeća 2,3%, staklo 1,5%, guma 0,6% i ostali materijali 0,3%. Opušci cigareta su činili 45,6% u ukupnom udjelu otpada te 55,2% u udjelu plastičnog otpada. S obzirom na količinu plastičnog otpada, osim opušaka, najzastupljenije vrste otpada činili su plastični

fragmenti (8,8%), štapići za uši (6,9%), omoti za hranu (5,4%) te čepovi i poklopci (3,2%). S obzirom na gustoću otpada, ona se razlikovala s obzirom na tip plaže pa su tako ruralne plaže brojile najmanju količinu otpada (0,046 komada/m<sup>2</sup>), nešto više je bilo na urbanim plažama (0,054 komada/m<sup>2</sup>), dok je na prirodnim plažama bila zastupljena najveća gustoća otpada (0,085 komada/m<sup>2</sup>). Lokacija na kojoj je količina otpada bila najbrojnija iznosila je vrijednost gustoće otpada od 0,66 komada/m<sup>2</sup>. Prema izvoru, najveći udio otpada (86%) kopnenog je porijetla, manji udio se povezuje s morskim izvorima (3%), a ostalom udjelu od 11% izvor je nepoznat. Ovo ukazuje na činjenicu da su glavni uzročnici onečišćenja otpadom na ovom području najviše povezani s nesavjesnim ponašanjem korisnika plaže i lošom praksom gospodarenja otpadom.

Özden i sur. (2021.) proveli su istraživanje na području sjeverne obale Cipra (istočno Sredozemlje) u razdoblju od veljače 2017. do siječnja 2019. godine. Glavni predmet ovog istraživanja bio je utvrditi količinu naplavljenog otpada na obali. Odabrano je osam plaža s različitom prostornom orijentacijom (zapad, sjever, istok) kako bi se ispitala akumulacija otpada na obali s različitim geografskim položajem. Otpad se uzorkovao jednom mjesečno tijekom perioda od dvije godine. Ukupno je bilo sakupljeno 59 536 komada otpada, a srednja mjesečna vrijednost gustoće naplavljenog otpada iznosila je 1,2 komada/m<sup>2</sup>. U ukupnoj količini otpada, s obzirom na sastav, 82% su činili plastični i polistirenski otpad. Najbrojniji udio (30%) u plastičnom otpadu činili su plastični i polistirenski komadi veličine 2,5 > < 50 cm, slijede plastične vrećice, ambalaža od pića, čepovi i poklopci. Rezultati ukazuju da su nepropisno odlaganje i loša praksa zbrinjavanja otpada glavni uzročnici onečišćenja otpadom na ovom području.

Vlachogianni i sur. (2018.) proveli su opsežnu studiju kako bi utvrdili količinu, sastav i izvore naplavljenog morskog otpada na području jadransko-jonske makroregije. Istraživanje je uključivalo sedam zemalja: Albaniju, Bosnu i Hercegovinu, Crnu Goru, Grčku, Hrvatsku, Sloveniju, a otpad se uzorkovao od listopada 2014. do travnja 2016. godine. Uzorkovanja su se provodila na 31 lokaciji koje su se razlikovale po stupnju urbanizacije, a uključivale su urbane, polu-urbane, polu-ruralne i prirodne plaže. Tijekom 180 uzorkovanja na odabranim plažama bilo je sakupljeno ukupno 70 581 komada otpada. Prema sastavu, dominirali su umjetni polimerni materijali (plastika) s 91,9%. Ostali udio u otpadu činili su staklo i keramika (3,2%), metal (1,5%), papir (1,4%), odjeća i tekstil (1,1%), guma (0,6%) te

neidentificirani otpad i kemikalije (0,1%). Srednja vrijednost gustoće otpada na regionalnoj razini iznosila je 0,67 komada/m<sup>2</sup>. Ukupna količina prikupljenog otpada na nacionalnoj razlikovala se od države do države. Najveća gustoća otpada zastupljena je na plažama u Hrvatskoj sa srednjom vrijednosti od 2,9 komada/m<sup>2</sup>. Manja gustoća zastupljena je na plažama u Sloveniji (0,50 komada/m<sup>2</sup>), Crnoj Gori (0,37 komada/m<sup>2</sup>), Italiji (0,28 komada/m<sup>2</sup>), Grčkoj (0,24 komada/m<sup>2</sup>), Albaniji (0,19 komada/m<sup>2</sup>) te najmanje u Bosni i Hercegovini (0,17 komada/m<sup>2</sup>). Gledajući sastav otpada na regionalnoj razini, najbrojniju potkategoriju otpada činili su plastični fragmenti veličine 2,5 > < 50 cm (19,07%), polistirenski komadi 2,5 > < 50 cm (11,93%), štapići za uši (9,17%), plastični čepovi od pića (6,67%) te opušci od cigareta s 6,60%. CCI (indeks čistoće obale) znatno je varirao zavisno od lokacije. Tako je na plaži Zaglav na otoku Visu (Hrvatska) CCI iznosio 211 te je plaža okarakterizirana kao „Iznimno prljava“. Slijede Ipsos u Grčkoj (CCI = 18), Strunjan u Sloveniji (CCI = 17). Foce Bevano u Italiji (CCI = 11) te Kamenovo u Crnoj Gori (CCI = 11) koje su svrstane u „Prljave“ plaže, dok su ostale karakterizirane kao „Umjereno čiste“ i „Čiste“. Gledajući izvore otpada, otpad koji je proizašao s kopna zauzeo je udio od 33,4%, dok je otpad kojem je izvor na moru iznosio udio od 6,30%. Osim toga, postotak od 18,95% u ukupnom otpadu je povezan s plastikom za jednokratnu uporabu poput plastičnih čepova, omota i ambalaže za hranu, slamki, čaša, plastičnih vrećica i slično.

Munari i sur. (2015.) svojim su istraživanjem htjeli utvrditi količinu, sastav i izvore naplavljenog morskog otpada na sjeverozapadnom dijelu Jadranskog mora, točnije u Italiji. Otpad se uzorkovao na pet plaža tijekom perioda od mjesec dana (svibanj – lipanj). Ukupno je sakupljeno 2 502 komada otpada, a gustoća otpada je varirala s obzirom na lokaciju. Srednja vrijednost gustoće otpada iznosila je 0,2 komada/m<sup>2</sup>, međutim na jednoj lokaciji je dosegla do 0,57 komada/m<sup>2</sup>. S obzirom na sastav plastika je činila najveći udio (81,1%) sakupljenog otpada, slijede papir i karton (7%), staklo i keramika (3,9%), spužve i slični plastični materijali (3,3%), guma (1,4% te drvo (1,2%). Opušci cigareta bili su najčešća vrsta opada s 22,9%, slijede plastični fragmenti koji se nisu mogli identificirati (13,5%), čepovi (9,2%), mrežaste vrećice (7,2%) te plastične boce (6,5%) i plastični pribor za jelo (6,4%). Izračunat je i CCI (indeks čistoće obale) za pojedinu plažu te je jedna plaža kategorizirana kao „Prljava“ (CCI = 11,4), dok su ostale četiri kategorizirane kao „Čiste“ (CCI = 2,5, CCI= 2,6, CCI = 2,8, CCI = 3,2). Izvor prikupljenog otpada većinom je kopnenog porijekla, a glavni izvori otpada se povezuju s obalnim i rekreacijskim aktivnostima (37,5%), dok su morski izvori činili 16,8%. Rezultati ukazuju da na količinu i rasprostranjenost otpada uvelike utječu korisnici

plaže što može biti odraz nedovoljno dobre infrastrukture za odlaganje otpada.

Gjyli i sur. (2020.) istraživali su količinu, sastav i izvore naplavljenog otpada na obali Albanije. Odabrali su četiri lokacije na području zaljeva Durres i jednu lokaciju koja spada pod zaštićeno područje, a nalazi se zaljevu Lalzi. Lokacije su se razlikovale s obzirom na urbanizaciju i razinu opterećenja ljudskim aktivnostima. Tijekom perioda od mjesec dana sakupili su, identificirali i popisali ukupno 3 321 komada naplavljenog otpada. Prema rezultatima, srednja vrijednost gustoće otpada na svim lokacijama iznosila je 0,14 komada/m<sup>2</sup>. S obzirom na sastav, najbrojnija vrsta prikupljenog otpada bila je plastika, s udjelom od 65%. Ostali udio od 35% zauzeli su staklo i keramika (23%) te papir i karton (7%). Najčešće potkategorije otpada su uključivale staklo i keramičke komade veće od 2,5 cm (19,7%), opuške od cigareta (17,9%), boce za pića veće od 0,5 l (9,5%), boce za piće manje od 0,5 l (6,3%). Plastika za jednokratnu uporabu činila je gotovo polovicu otpada u ukupnom udjelu otpada s udjelom od 48%. Prikupljeni otpad čiji se izvor vezuje uz obalne aktivnosti poput turizma, rekreacije i loše prakse gospodarenja otpadom, što spada u kopnene izvore, zauzeo je udio od 58,5%, dok je udio izvora s mora poput pomorskog prometa, ribarstva i akvakulture iznosio 2,4%. Dobiveni rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da su neodrživ turizam i rekreacijske aktivnosti, manjak odgovorajuće infrastrukture za zbrinjavanje otpada te nedovoljno dobra praksa gospodarenja otpadom glavni uzročnici akumulacije otpada na istraživanom području.

Laglbauer i sur. (2014.) proveli su komparativno istraživanje na području Slovenije kako bi utvrdili količinu naplavljenog makro-otpada na plažama koje se koriste u turističke svrhe u usporedbi s plažama koje nemaju turističku namjenu. Otpad se uzorkovao na šest plaža, od kojih su tri imale turističku namjenu, dok je na ostale tri ljudska prisutnost bila minimalna. Uzorkovanja su se odvila 2012. godine za vrijeme trajanje turističke sezone (ljetno) kako bi se utvrdio utjecaj turističkih aktivnosti na količinu otpada na plažama. Ukupno je bilo prikupljeno 5 870 komada otpada od kojih je 64% činila plastika. Slijede papir (19%), staklo i keramika (11%), metal (2%) te guma (1%). Od ukupnog broja plastičnih komada, opušci cigareta su zauzeli udio od 42%. Srednja vrijednost gustoće prikupljenog otpada iznosila je 1,25 komada otpada na m<sup>2</sup>. CCI ukazuje da plaže koje su geografski bliže jedna drugoj imaju sličnu vrijednost indeksa čistoće obale. Dvije plaže (CCI = 49,29, 21,92) kategorizirane su

kao „Iznimno prljave“, tri ( CCI = 15,61, 13,58, 10,28) kao „Prljave“ te jedna (CCI = 5,67) kao „Umjereno čista“. U ovom istraživanju odnos između turističkih aktivnosti i rasprostranjenosti morskog otpada duž obale Slovenije nije mogao biti uspostavljen. Naime, na rasprostranjenost i količinu morskog otpada mogu utjecati drugi čimbenici poput izloženosti plaže vjetru, valovima, geografski položaj (blizina od naselja, luka, rijeka) te ostale aktivnosti poput ribarstva.

Mokos i sur. (2019.) proveli su istraživanje na području srednjeg Jadrana kako bi utvrdili količinu, sastav i izvore naplavljenog makro-otpada. Istraživanje se odvijalo od ožujka do svibnja 2018. godine, na tri plaže koje su se razlikovale po prostornoj orijentaciji, izloženosti prema otvorenom moru i učestalosti korištenja u turističke i rekreacijske svrhe. Jedna od uzorkovanih plaža je i plaža Sakarun na Dugom otoku. Gustoća otpada se razlikovala po lokaciji pa je tako na plaži Puntamika gustoća otpada iznosila 1,11 komada/m<sup>2</sup>, na plaži Lojišće 1,44 komada/m<sup>2</sup> dok je na plaži Sakarun izmjerena najveća vrijednost gustoće sa čak 7,50 komada/m<sup>2</sup>. Srednja vrijednost gustoće otpada za sve tri plaže iznosila je 3,35 komada/m<sup>2</sup>, a CCI se razlikovao po lokaciji. Najveća CCI vrijednost je izračunata za plažu Sakarun te je iznosio 150 što ju svrstava u „Iznimno prljavu“ plažu. CCI za ostale dvije plaže je iznosio CCI = 29 i CCI = 22 što ih također svrstava u „Iznimno prljave“ plaže, međutim vrijednost je znatno manja nego za plažu Sakarun. U ukupnoj količini otpada najveći udio je činila plastika (93,86%), zatim metal (1,20%), staklo i keramika (1,15%), obrađeno drvo (1,05%), odjeća/tekstil (0,95%), papir i karton (0,9%), guma (0,80%) te neidentificirani otpad i kemikalije (0,7%). Važno je naglasiti kako je na području plaže Sakarun zabilježena najveća količina plastičnog otpada sa čak 97,68%. S obzirom na sastav u ukupnom otpadu najveći udio su činili plastični komadi veličine 2,5 cm > < 50 cm (36,5%), slijede opušci od cigareta (18,1%), plastični čepovi od pića (15,8%), štapići za uši (15,6%), konopi i užad (promjera <1 cm) (12,2%). S obzirom na izvor, najveći udio otpada proizlazi iz obalnih aktivnosti (31,68%), dok 12,66% proizlazi iz aktivnosti vezanih uz ribarstvo i akvakulturu. Izvori otpada koji se vezuju uz kopno zauzeli su udio od 32,76%, a izvori vezani uz aktivnosti na moru 15,16%.

Mokos i sur. (2020.) također su proveli istraživanje na području otoka Iža (srednji Jadran). Monitoringom i analizom otpada koji se prikupljao u periodu od jedne godine htjeli su utvrditi količinu, sastav i izvore otpada naplavljenog na plaži Vodenjak. Tijekom četiri uzorkovanja (jednom po godišnjem dobu) bilo je prikupljeno 11 024 komada otpada, od kojih je plastika



zauzela većinski udio (94,88%), dok su ostatak činili obrađeno drvo (2,54%), metal (0,71%), guma (0,62%), odjeća i tekstil (0,43%), papir i karton (0,43%), staklo i keramika (0,39%) te neidentificirani i kemikalije (0,01%). U najzastupljenije potkategorije otpada spadaju plastični komadi 2,5 cm > < 50 cm (17,51%), plastični čepovi od pića (14,89%), polistirenski komadi 2.5 > <50 cm (9,91%), štapići za uši (6,47%), plastični čepovi i poklopci od kemikalija (6,0%). Prema rezultatima, CCI vrijednost iznosila je 48,4 što ovu plažu svrstava u „Iznimno prljavu“. Gustoća otpada na ovom području iznosila je 2,55 komada/m<sup>2</sup>. Udjelu od 56,23% određen je izvor, dok je ostatku otpada (43,77%) izvor neodređen. U udjelu kojem se izvor mogao odrediti određen, najveći udio čine kopneni izvori (35,28%), dok izvori s mora zauzimaju manji udio (13,43%). Rezultati su pokazali da turizam, rekreacija te loša praksa gospodarenja otpadom predstavljaju jednog od glavnih generatora morskog otpada (34,38%). Slijede i aktivnosti vezane uz ribarstvo i akvakulturu (12,14%), osobna higijena i kanalizacija s (6,28%) pomorski promet (1,34%) te bacanje otpada na područja koja nisu predviđena za to (1,18%). Prema rezultatima, čak 31,34% prikupljenog otpada je činila plastika za jednokratnu upotrebu.

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

Ciljevi istraživanja provedenog na plaži Sakarun (Dugi otok) tijekom 2022. godine:

- (1) Odrediti količinu i sastav naplavljenog makro – otpada (>2.5 cm),
- (2) Odrediti izvore uzorkovanog otpada,
- (3) Izračunati gustoću otpada (broj komada/m<sup>2</sup>) i indeks čistoće obale (CCI) te svrstati plažu u jednu od kategorija čistoće.

Svrha ovog istraživanja je doprinijeti boljem poznavanju stanja onečišćenja obale naplavljenim otpadom. Osim toga, dobiveni rezultati, zajedno s rezultatima drugih sličnih istraživanja predstavljaju dobru podlogu za kreiranje mjera smanjenja količine otpada. Isti mogu pripomoći kreiranju učinkovitog plana gospodarenja otpadom ističući koje kategorije otpada i koji izvori predstavljaju glavne generatore morskog otpada.

## 4. MATERIJALI I METODE

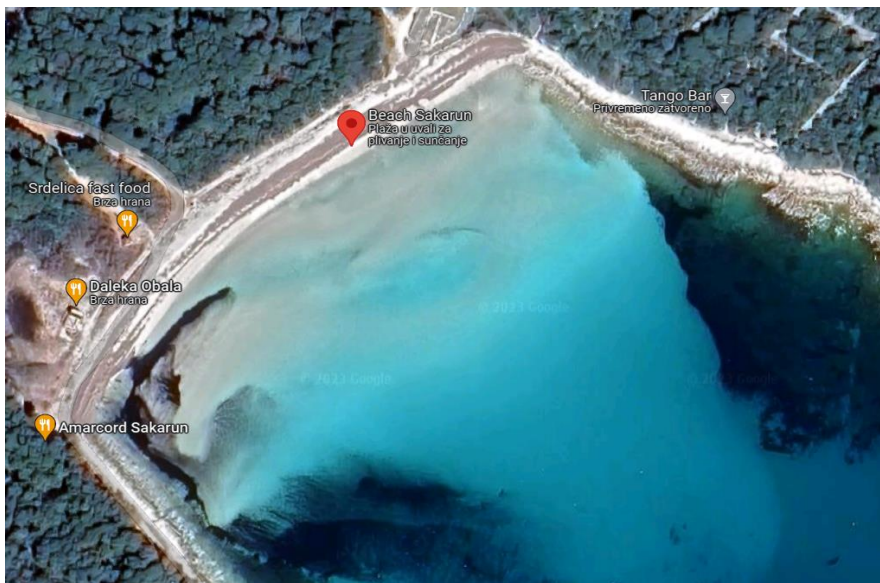
### 4.1. Područje istraživanja

Istraživanje je provedeno na plaži Sakarun na Dugom otoku u Zadarskoj županiji. Plaža Sakarun dio je zaštićenog područja značajnog krajobraza Sjeverozapni dio Dugog otoka. Dužina plaže je oko 300 metara, a more je vrlo plitko, do 100 m od obale. Plaža je okružena borovom šumom, a prekrivena je pijeskom (oko 70%) i šljunkom (oko 30%) (Mokos i sur., 2019.). S obzirom na prostornu orijentaciju, plaža je otvorena prema južnoj strani Jadranskog mora. Izložena je utjecajima vjetrova i morskih struja čije je kretanje od juga prema sjeveru na istočnoj obali Jadrana što pogoduje akumulaciji morskog otpada. Na plaži se nalaze strukture od naplavina morske cvjetnice *Posidonia oceanica* pod nazivom „banquettes“ koje se prije početka turističke sezone (ljetno) djelomično uklanjaju kako bi se omogućilo nesmetano korištenje plaže u turističke svrhe. Tijekom ljetnih mjeseci, za vrijeme trajanja turističke sezone pod velikim je turističkim pristikom kada se broj posjetitelja višestruko poveća. Na plaži se nalaze ukupno četiri objekta koji obavljaju ugostiteljsku djelatnost samo u vremenu trajanja turističke sezone. Plaža Sakarun smještena je u blizini seoskih mjesta Veli rat, Božava i Soline s kojima je povezana asfaltiranom cestom. Do plaže se može doći pješke, autom ili brodom. Ukoliko se dolazi brodom, u uvali su osigurane bove za vez. Na plaži i oko nje nema stambenih jedinica ni bogatog sadržaja za posjetitelje. Stoga, prema Semeoshenkova i sur. (2017.) i predloženoj klasifikaciji tipa plaže, plažu Sakarun svrstavamo u polu-ruralnu plažu.



Slika 1. Položaj plaže u Sredozemnom i Jadranskom moru

(Izvor: <https://www.google.com/maps/place/Beach+Sakarun/@44.1334387,14.871444,369m/data=!3m1!1e3!4m8!3m7!1s0x47620e54580945b1:0x1f03c0707830f25c!5m2!4m1!1i2!8m2!3d44.1341072!4d14.8724705>)



Slika 2. Područje istraživanja – plaža Sakarun

(Izvor: <https://www.google.com/maps/place/Beach+Sakarun/@44.1334387,14.871444,369m/data=!3m1!1e3!4m8!3m7!1s0x47620e54580945b1:0x1f03c0707830f25c!5m2!4m1!1i2!8m2!3d44.1341072!4d14.8724705>)

#### 4.2. Uzorkovanje i analiza otpada

Otpad je na plaži Sakarun uzorkovan ukupno četiri puta, po jednom (ožujak, svibanj, kolovoz, studeni) u svakom godišnjem dobu tijekom 2022. godine. Potrebno je napomenuti da su lokalni stanovnici otoka čistili plažu i uklonili velike komade otpada početkom ožujka, netom prije prvog uzorkovanja za zimski period. Osim toga, za vrijeme trajanja turističke sezone odnosno ljeti, plaža se čistila svaki dan.

Za uzorkovanje i obradu uzoraka korišten je protokol DeFishGear projekta „Metodologija za monitoring morskog otpada na plažama – marko otpad (>2.5cm)“ („Methodology for Monitoring Marine Litter on Beaches – Macro Debris (>2.5cm)“) za jadransku i jonsku regiju (Vlachogianni i sur., 2018.). Pri odabiru lokacije bilo je potrebno pratiti smjernice opisane u istraživanju Vlachogianni i sur. (2018.). Gotovo sve propisane smjernice su zadovoljene uključujući minimalnu dužinu plaže koja mora iznositi 100 metara, blag do umjeren nagib s pristupom moru koji nije blokiran te dostupnost lokacije za provođenje uzorkovanja kroz cijelu godinu. Osim toga, prema protokolu bilo bi idealno kada se na lokaciji ne bi provodile akcije čišćenja (Vlachogianni i sur., 2018.). Međutim, na svakodnevno čišćenje plaže za vrijeme ljetnih mjeseci nije se moglo utjecati, budući da se tada plaža koristi u turističke svrhe kada je od posebne važnosti njena estetska vrijednost.

Ručnim metrom izmjerena je duljina od 100 m i širina od 10 m te se unutar izmjerene zone prikupljao naplavljeni morski otpad veći od 2,5 cm (makro-otpad). Prilikom prikupljanja nosile su se zaštitne rukavice. Otpad se spremao u plastične vreće za smeće te je kasnije sortirao, analiziran i prebrojavan. Prilikom analize prikupljenog otpada, svaki predmet je identificiran prema tipu (G) i upisan u odgovarajuću kategoriju propisanu protokolom. Otpad koji je bio prevelik ili pretežak te se nije mogao ukloniti s plaže, fotografiran je i upisan u protokol. S obzirom na vrstu materijala, ukupno je osam kategorija prema kojima se prikupljeni otpad klasificirao: umjetni polimerni materijali – plastika, guma, odjeća/tekstil, papir/karton, obrađeno drvo, metal, staklo/keramika, neidentificirani i/ili kemikalije. Svaka spomenuta kategorija materijala ima svoje potkategorije prema kojima se otpad identificira i upisuje. Ukoliko su se određeni komadi otpada mogli identificirati, a ne nalaze se u niti jednoj od ponuđenih kategorija, upisivali su se pod potkategoriju G124 „Ostali plastični/polistirenski komadi koje je moguće identificirati“ („Other plastic/polystyrene items (identifiable)“) te su isti prebrojeni i popisani. Također, potrebno je napomenuti da se u ovom istraživanju nije mjerila masa otpada.

Pomoću dobivenih podataka o količini prikupljenog otpada izračunata je njegova gustoća za istraživano područje. Gustoća otpada odnosno broj komada po m<sup>2</sup> izračunata je pomoću formule:

$$C_M = N / (w * l)$$

gdje  $C_M$  označava gustoću otpada,  $N$  ukupan broj prikupljenih komada,  $w$  dužinu i  $l$  širinu područja na kojem se prikupljanje provelo (Lippiatt i sur., 2013).

Osim gustoće izračunat je i indeks čistoće obale CCI („Clean Coast Index“) čija formula glasi:

$$CCI = C_M * K$$

gdje  $C_M$  označava gutoću otpada na m<sup>2</sup>, a  $K$  konstantu koja iznosi 20. (Alkalay i sur., 2007.). Sukladno dobivenom rezultatu plaža će se svrstati u jednu od kategorija prikazanih u Tablici 1.

Tablica 1. Indeks čistoće obale : vrijednost i definicija za svaki stupanj čistoće (Alkalay i sur., 2007.).

Stupanj čistoće	Vrijednost	Definicija
Jako čista	0-2	Nema otpada
Čista	2-5	Nema velike količine otpada na plaži
Umjereno čista	5-10	Mala količina otpada je zastupljena na plaži
Prljava	10-20	Dosta je otpada na plaži
Iznimno prljava	20 +	Većina plaže je prekrivena otpadom

Izvor: Alkalay i sur., (2007.)

Nadalje, analizom sastava otpada određeni su njegovi izvori. Svakoj potkategoriji otpada dodijeljen je jedan od mogućih izvora. Ova metoda je temeljena na pretpostavci da se pojedine potkategorije otpada povezuju s određenim djelatnostima (primjerice turizmom, akvakulturom) ili da je put dospjeća otpada u okoliš jasno određen (primjerice otpadnim vodama i kanalizacijom). Naime, određivanje izvora otpada od ključne je važnosti kako bi se utvrdili nedostaci u proizvodnji, potrošnji i praksi gospodarenja otpadom te kako bi se u skladu s tim odredili ciljevi i provele adekvatne mjere smanjenja i učinkovitog gospodarenja otpadom. (Veiga i sur., 2016.).

## 5. REZULTATI

Rezultati provedenog istraživanja uključuju pregled količine, sastava i izvora uzorkovanog otpada na plaži Sakarun za mjesec ožujak, svibanj, kolovoz i studeni 2022. godine te sveukupno.

### 5.1. Količina, gustoća uzorkovanog otpada i indeks čistoće obale

Količina otpada se razlikovala ovisno o mjesecu, odnosno godišnjem dobu u kojem se uzorkovanje odvijalo, a dobiveni rezultati prikazani su po mjesecima i sveukupno za sva uzorkovanja (Tablica 2.). Osim toga, u Tablici 2. prikazana je gustoća morskog otpada (broj komada/m<sup>2</sup>), indeks čistoće obale te čistoća obale.

Tablica 2. Broj komada, gustoća otpada, Indeks čistoće obale i čistoća obale

	Ožujak	Svibanj	Kolovoz	Studen	Ukupno / srednja vrijednost
<b>Broj komada (N)</b>	1405	652	458	581	3096
<b>Gustoća otpada (N/m<sup>2</sup>)</b>	1,405	0,652	0,458	0,581	0,78
<b>Indeks čistoće obale (CCI)</b>	27,54	12,78	8,72	11,14	15,05
<b>Čistoća obale</b>	„Iznimno prljava“	„Prljava“	„Umjereno čista“	„Prljava“	„Prljava“

Najveća količina otpada bila je zastupljena u zimskom periodu, u mjesecu ožujku kada je bilo prikupljeno 1405 komada otpada. Shodno tome, gustoća, odnosno broj komada po m<sup>2</sup> također je imala najveću vrijednost – 1,405 komada/m<sup>2</sup>. Izračunat CCI iznosi 27,54 što ukazuje da se za ovaj period plaža svrstava u „Iznimno prljavu“. Rezultati prikupljanja za proljetno razdoblje pokazuju slabiju akumulaciju otpada na obali te je tad bilo prikupljeno 652 komada, s gustoćom od 0,652 komada/m<sup>2</sup>. CCI za proljetno razdoblje iznosi 12,78 te je u skladu s tim plaža okarakterizirana kao „Prljava“. U ljetnom periodu bila je prikupljena najmanja količina otpada, 458 komada. Gustoća je iznosila 0,458 komada/m<sup>2</sup>, a CCI = 8,72, što plažu svrstava u „Umjereno čistu“. U jesenskom periodu, odnosno u mjesecu studenom, prikupljen je 581 komad otpada. Gustoća za taj period iznosi 0,581, a CCI = 11,14 što svrstava ovu plažu u kategoriju „Prljave“.

U ovom istraživanju bilo je prikupljeno ukupno 3 096 komada otpada te je izračunata srednja vrijednost gustoće koja iznosi 0,78 komada/m<sup>2</sup>, a CCI = 15,05 što plažu Sakarun svrstava u „Prljavu“ plažu.

## 5.2. Sastav otpada

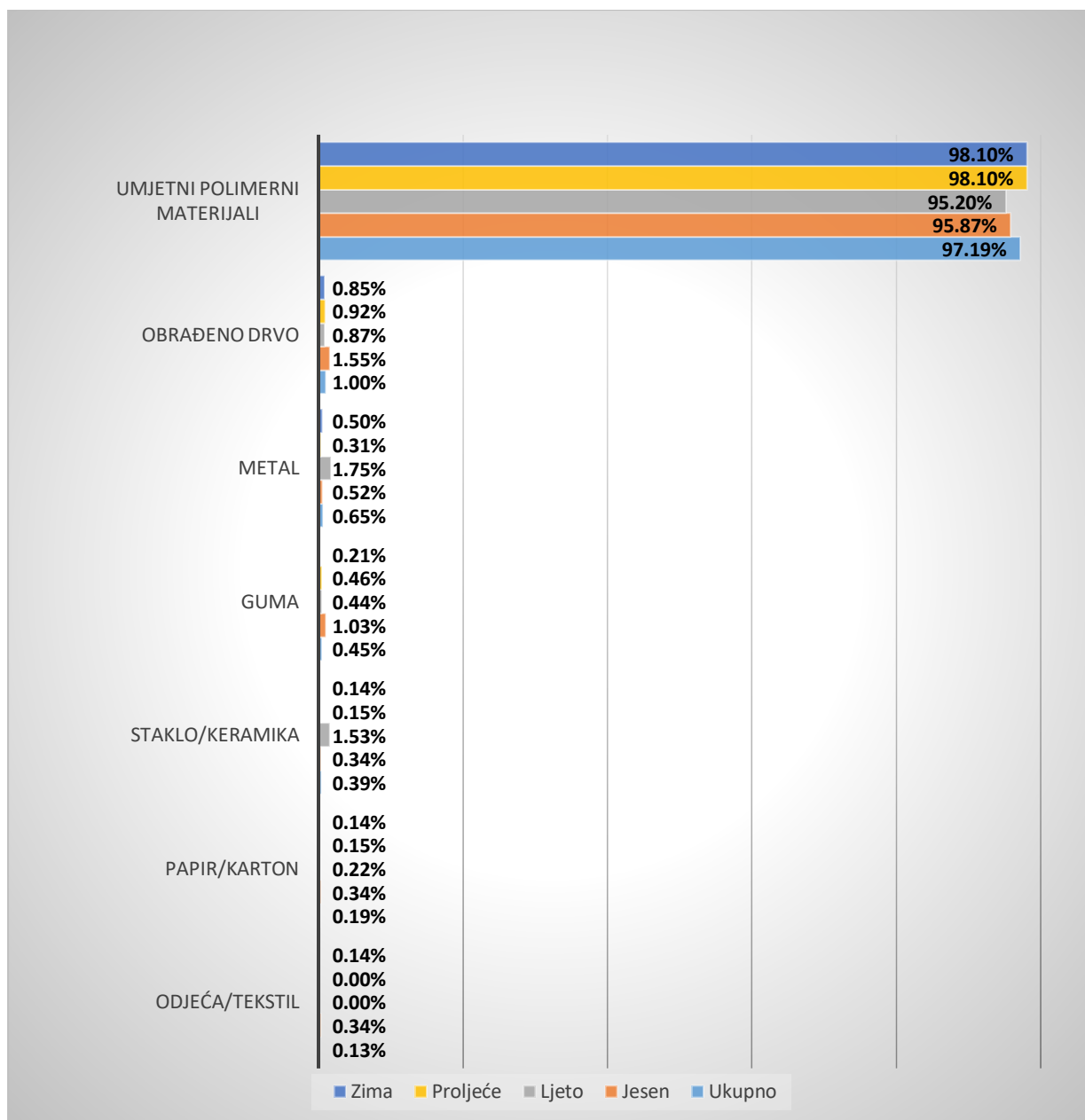
Prema sastavu, otpad je razvrstan u osam različitih kategorija: umjetni polimerni materijali – plastika, guma, odjeća/tekstil, papir/karton, obrađeno drvo, metal, staklo/keramika te neidentificirani otpad/kemikalije (Vlachogianni, 2018.).



Slika 1. Otpad razvrstan prema sastavu (Izvor: arhiva autora D. Lovrić, 2022.)

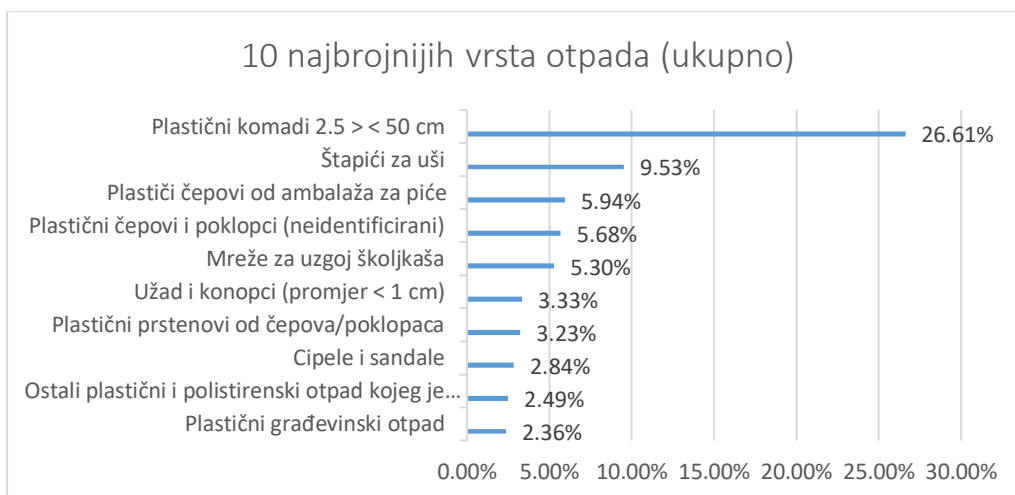
Rezultati pokazuju da su u svim godišnjim dobima umjetni polimerni materijali (plastika) bili daleko najbrojnija vrsta otpada, dok se količina ostalih vrsta materijala razlikovala, međutim ne značajno kako je prikazano na Slici 2. gdje su dobivene vrijednosti izražene u postocima. Gledajući pojedinačno rezultate po godišnjem dobu, u zimu i proljeće udio plastike je bio jednak te je iznosio 98,10%. Od svih godišnjih doba, najmanja količina plastike bila je zastupljena u ljetnom razdoblju s udjelom od 95,20%, dok je u jesenskom razdoblju količina plastike iznosila nešto više – 95,87%. U ukupnom udjelu otpada (sva godišnja doba) plastični materijali su bili najzastupljeniji s udjelom 97,19%, dok su preostali udio od 2,18% činili ostali materijali, preciznije: obrađeno drvo (1%), metal (0,65%), guma (0,45%), staklo i keramika (0,39%), papir i karton (0,19%) te odjeća i tekstil (0,13%). U kategoriji neidentificiranog otpada i kemikalija nije bilo zabilježenog otpada.





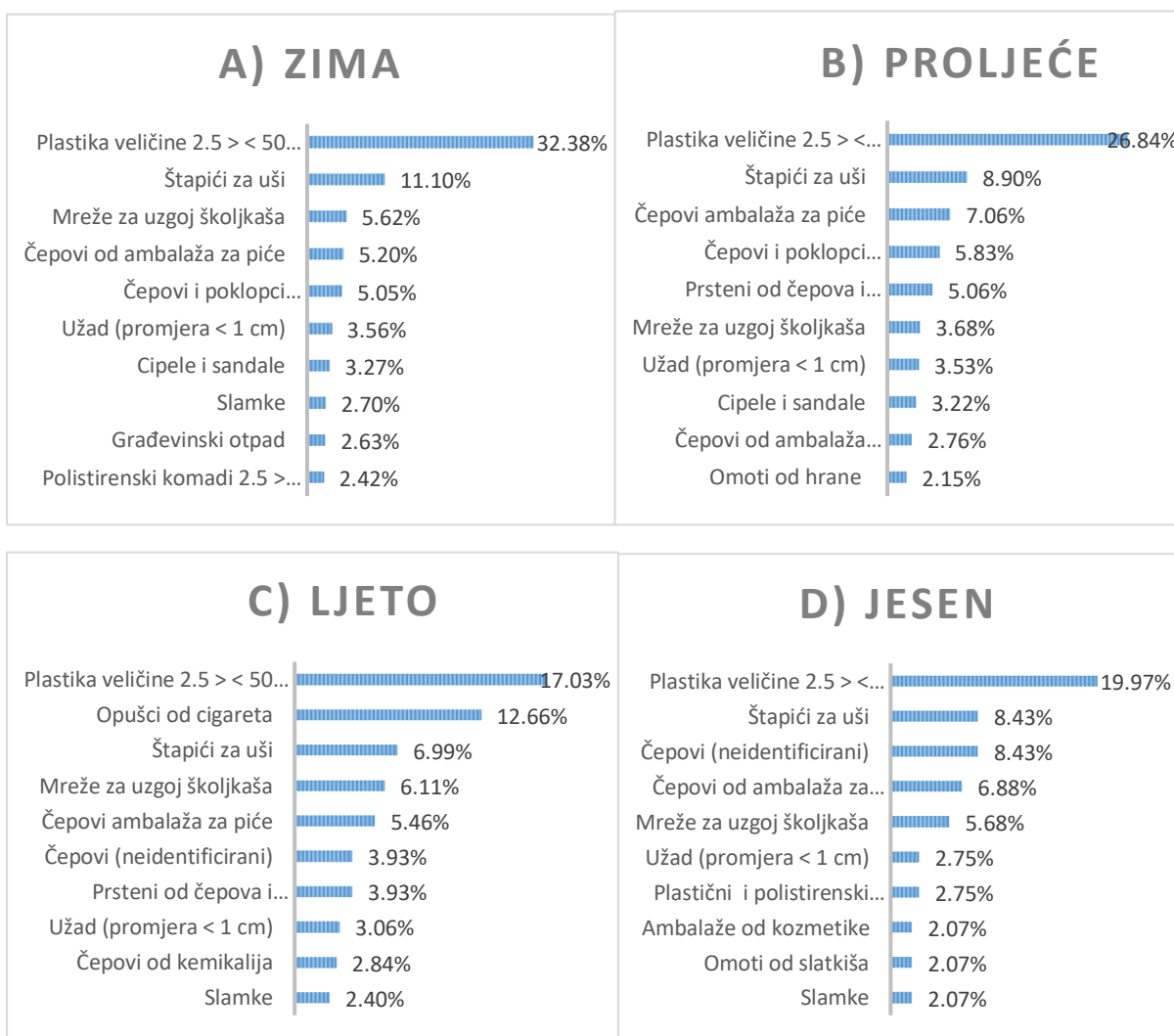
Slika 2. Usporedba sastava otpada po materijalima za svako godišnje doba i ukupno

Na Slici 3. prikazano je deset najbrojnijih vrsta uzorkovanog otpada u ukupnom udijelu. Svih 10 potkategorija pripadaju umjetnim polimernim materijalima te zauzimaju udio od 67,34% u ukupnoj količini uzorkovanog otpada. Najveći udio zauzeli su plastični komadi 2,5 > < 50 cm (G79) s 26,61%, slijede štapići za uši (G95) (9,53%), plastični čepovi od ambalaža za piće (G21) (5,94%), plastični poklopci koji se ne mogu identificirati (G23) (5,68%), mreže za uzgoj školjkaša (G45) (5,30%), užad i konopci promjera < 1 cm (G50) (3,33%), plastični prsteni od čepova i poklopaca (G24) (3,23%), cipele i sandale (G88) (2,84%), ostali plastični i polistirenski otpad kojeg je moguće identificirati (G124) (2,49%) te plastični građevinski otpad (G89) (2,36%).



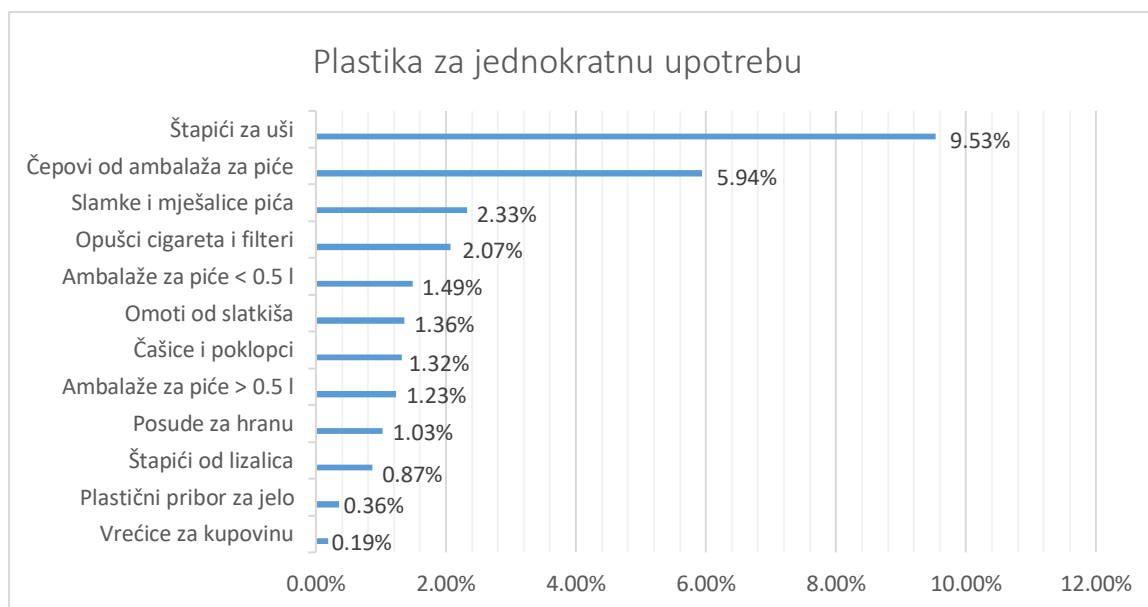
Slika 3. Deset najbrojnijih predmeta u ukupnom udjelu otpada

Uspoređujući rezultate količine najbrojnijih predmeta po pojedinom uzorkovanju, očito je da se najbrojnije kategorije uglavnom ponavljaju kako je prikazano na Slici 4. a, b, c, d., gdje su podatci za pojedini predmet prikazani u postocima.



Slika 4. Najbrojniji predmeti u svakom pojedinačnom uzorkovanju

Prilikom analize količine plastike za jednokratnu upotrebu razmatrane su potkategorije: vrećice za kupovinu, uključujući komade (G3), ambalaža za piće < 0,5 l (G7), ambalaža za piće > 0.5 l (G8), posude za hranu uključujući posude za fast food (G10), plastični čepovi i poklopci od ambalaže za piće (G21), opušci od cigareta i filteri (G27), omoti od slatkiša (G30), štapići od lizalica (G31), čašice i poklopci od čašica (G33), plastični pribor za jelo (G34), slamke i mješalice pića (G35) te štapići za uši (G95) (Gjyli, 2019.). U ukupnom udjelu otpada, plastika za jednokratnu upotrebu zauzela je udio od 27,71 % te je udio svake potkategorije otpada prikazan na Slici 8. Postotak jednokratne plastike među deset najzastupljenijih potkategorija iznosila je udio od 15,47%, konkretnije: čepovi od ambalaža za piće (G21) 5,94% i štapići za uši (G95) 9,53%.



Slika 4. Udio pojedine potkategorije plastike za jednokratnu upotrebu u ukupnom udjelu otpada

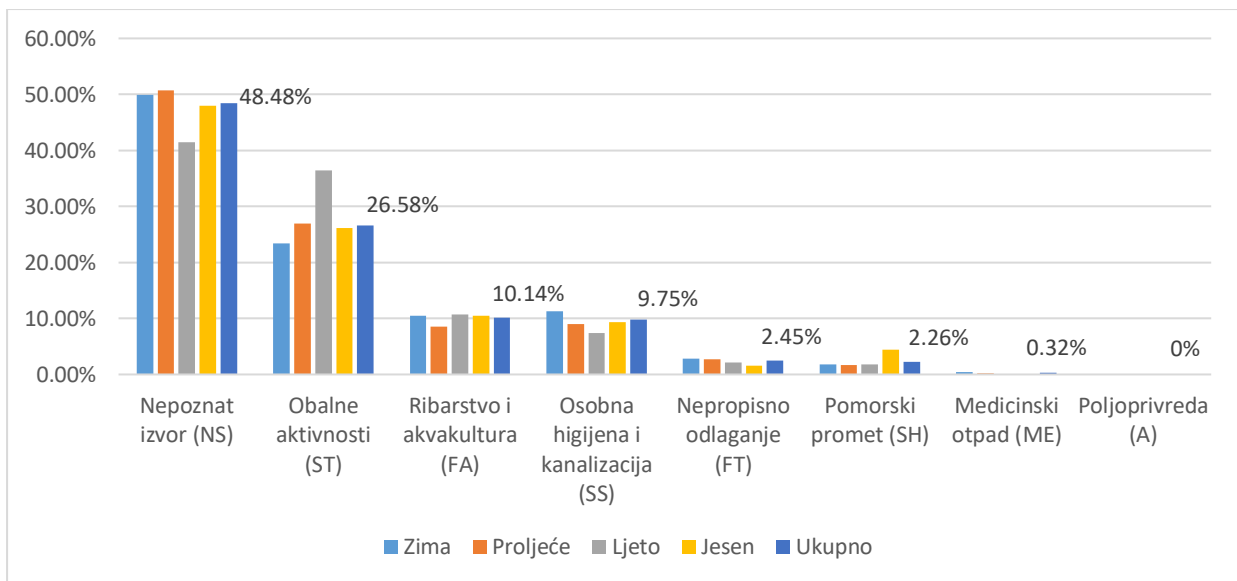
### 5.3. Izvori otpada

Analizom uzorkovanog otpada utvrđeni su njegovi izvori. Izvori otpada podijeljeni su u osam različitih kategorija: obalne aktivnosti koje uključuju lošu praksu gospodarenja otpadom, turizam i rekreaciju (ST), ribarstvo i akvakulturu (FA), pomorski promet (SH), nepropisno odlaganje otpada (FT), osobnu higijenu i kanalizaciju (SS), medicinski otpad (ME), poljoprivredu (A) te otpad kojemu se izvor nije mogao odrediti (NS). (Vlachogianni, 2018.)

U ukupnom otpadu (sva uzorkovanja), 51,52% otpada izvor se mogao odrediti, dok je ostatku od 48,48% izvor neodređen (NS). Najveći udio otpada kojem se izvor ne može utvrditi zauzima otpad potkategorije (G79) plastični komadi 2,5 > < 50 cm, čiji je izvor vrlo teško utvrditi zbog razine degradacije što ukazuje na to da su predmeti bili u moru neko vrijeme te su se trošili uslijed hidrodinamičkih utjecaja mora i UV zračenja. (Funduk i sur., 2021.)

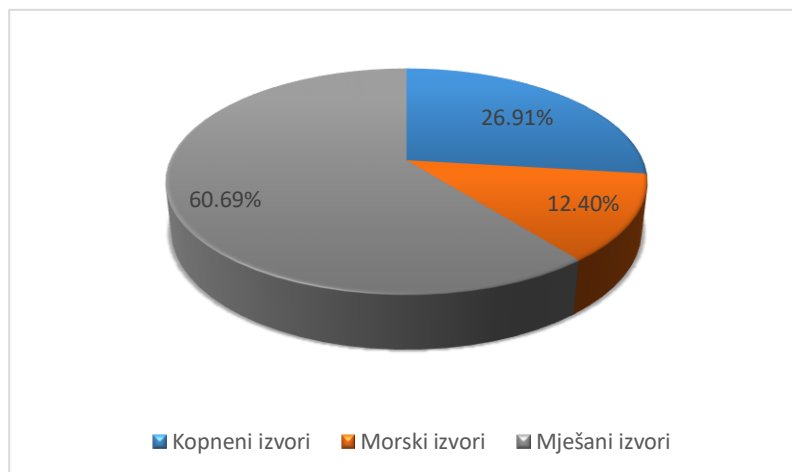
Slika 5. prikazuje izvore otpada po godišnjim dobima te ukupno. Od 1501 predmeta kojima se izvor mogao odrediti, najvećem udjelu od 26,58% izvor su aktivnosti na obali, točnije turizam i rekreacija te loša praksa gospodarenja otpadom (ST). Nadalje, ribarstvo i akvakultura (FA) identificirani su kao izvor postotku od 10,14% otpada u njegovom ukupnom udjelu. Slijede osobna higijena i kanalizacija (SS) (9,75%), nepropisno odlaganje otpada (FT) (2,45%), pomorski promet (SH) (2,26%) i medicinski otpad (ME) (0,32%). Niti jednom uzorkovanom predmetu nije dodijeljena poljoprivreda (A) kao izvor (0%).

Gledajući pojedinačno izvore, otpad vezan uz aktivnosti na obali je bio najbrojniji u ljetnom periodu s 36,46%, što sugerira na to da povećan broj posjetitelja i korisnika plaže te loša infrastruktura za zbrinjavanje otpada pridonose problemu onečišćenja obale. Otpad koji se vezuje uz djelatnosti ribarstva i akvakulture na trećem je mjestu po zastupljenosti, međutim njegova količina kroz godišnja doba nije značajno varirala, a najmanja količina je zabilježena u proljetnom uzorkovanju (8,59%). Otpad kojem je porijetlo kanalizacija i osobna higijena u zimskom periodu je imao najveći udio od 11,25%, a najmanje u ljetnom (7,42%). Količina otpada vezanih uz nepropisno odlaganje se postupno smanjivala kroz godišnja doba pa je tako u zimskom uzorkovanju iznosila udio od 2,78%, dok je u posljednjem, odnosno jesenskom iznosila udio od 1,55%. Vrijednosti vezane uz količinu otpada kojemu je izvor pomorski promet, kroz prva tri uzorkovanja su bile gotove jednake (1,69% – 1,78%), međutim u jesenskom uzorkovanju je zabilježeno povećanje količine otpada ovog izvora s udjelom od 4,48%. Medicinski otpad je bio zastupljen samo u prva dva uzorkovanja, točnije u zimu s 0,43% i proljeće s 0,15%, dok u ostala dva uzorkovanja nije pronađen niti jedan predmet kojeg je moguće povezati s ovim izvorom.



Slika 5. Izvori otpada po godišnjim dobima i ukupno

Izvori otpada se mogu podijeliti u tri glavne skupine: *kopneni izvori* (obalne aktivnosti, turizam, rekreacija, poljoprivreda, medicinski otpad), *morski izvori* (ribarstvo, akvakultura, pomorski promet) i *mješani izvori* (osobna higijena i kanalizacija, npropisno odlaganje i otpad kojem se izvor nije mogao odrediti). Mješani izvori zauzeli su većinski udio od 60,69%, slijede kopneni s 26,91% te morski s 12,40% u ukupnom udijelu otpada što prikazuje Slika 6.



Slika 6. Izvori otpada u odnosu na aktivnosti na kopnu i moru.

## 6. RASPRAVA

Na plaži Sakarun tijekom perioda od godine dana, u četiri navrata bilo je prikupljeno ukupno 3906 komada naplavljenog morskog makro-otpada. Rezultati pokazuju da srednja vrijednost gustoće morskog otpada u ukupnom uzorku iznosi 0,78 komada/m<sup>2</sup> što je manje nego srednja vrijednost gustoće u istraživanju Özden i sur. (2021.) koje je provedeno na sjevernoj obali Cipra gdje je srednja mjesečna vrijednost gustoće za to područje iznosila 1,2 komada/m<sup>2</sup>. Također, srednje vrijednosti gustoće su bile veće na području obale Slovenije s 1,25 komada/m<sup>2</sup> (Laglbauer i sur., 2014.), srednjeg Jadrana s 3,35 komada/m<sup>2</sup> (Mokos i sur., 2019.) te s 2,25 komada/m<sup>2</sup> na području otoka Iža (srednji Jadran) (Mokos i sur., 2020.). Lokacija istraživanja Mokos i sur. (2019.) je uključivala i plažu Sakarun te je vrijednost gustoće u tom istraživanju iznosila čak 7,50 komada/m<sup>2</sup> što je znatno veća vrijednost od dobivene vrijednosti u ovom istraživanju. Nadalje, vidljivo je da je na plaži Sakarun zabilježena veća gustoća otpada nego na području sjeverozapadne obale Jadrana (Italija) gdje je iznosila 0,2 komada/m<sup>2</sup> (Munari i sur., 2016.) te obale Albanije gdje je iznosila 0,14 komada/m<sup>2</sup> (Gjyli i sur., 2020.). Najsličnije vrijednosti dobivene su u istraživanju Vlachogianni i sur. (2018.) koje je provedeno u jadransko-jonskoj makroregiji gdje je srednja vrijednost gustoće za čitavu regiju iznosila 0,67 komada/m<sup>2</sup> te u istraživanju Asensio-Montesinos i sur. (2020.) na području provincije Alicante u Španjolskoj s dobivenom vrijednosti od 0,66 komada/m<sup>2</sup>. U ovom istraživanju, najviše je bilo prikupljenog otpada u zimskom periodu kada je gustoća otpada iznosila 1,405 komada/m<sup>2</sup>. Vjetar i morske struje mogli su pridonijeti količini otpada prikupljenim za ovaj period. Naime, morske struje su za vrijeme zimskih mjeseci izraženije na istočnoj obali Jadrana struajući prema sjeveru donoseći otpad koji se ponajviše akumulira na plažama otvorenim prema jugu i jugozapadu, poput plaže Sakarun. Osim morskih struja, vjetar je također mogao pridonijeti akumulaciji otpada, pogotovo ukoliko se uzme obzir da u jesen i zimu na istočnoj obali Jadrana dolazi do izraženijeg puhanja jugoistočnog vjetrova (juga) koji doprinosi disperziji otpada. Nadalje, potrebno je napomenuti da su lokalni stanovnici otoka proveli čišćenje plaže neposredno prije uzorkovanja što je moglo utjecati na rezultate za uzorkovanje u zimskom periodu.

CCI, odnosno indeks čistoće obale za plažu Sakarun iznosio je 15,05 te je plaža svrstana u kategoriju „Prljava“. U kategoriju prljavih također su svrstane plaže iz istraživanja Vlachogianni i sur. (2018.) poput plaže Ipsos u Grčkoj (CCI = 18), Strunjan u Sloveniji

(CCI = 17), Foce Bevano u Italiji (CCI = 11) Kamenovo u Crnoj Gori (CCI = 11), plaža Debeli Rtič (CCI = 13,58) i Portorož (CCI = 10,28) u Sloveniji (Laglbauer i sur. 2014.) te plažu Volano u Italiji (CCI = 11,4) (Munari i sur., 2015.). Nasličiniji rezultati dobiveni su u istraživanju Laglbauer i sur. (2014.) i plažu Jadranska kojoj je CCI iznosio 15,61. U ljetnom periodu zabilježena je najniža vrijednost indeksa čistoće (CCI = 8,72) te je za taj period plaža Sakarun okarakterizirana kao „Umjereno čista“. Međutim, tijekom ljetnih mjeseci, kada su povećani antropogeni pritisci u vidu turističkih aktivnosti, nautičkog turizma i sl., plaža se čistila svaki dan što je moglo utjecati na rezultate za ljetni period. Nadalje, neposredno prije uzorkovanja za jesenski period područje srednjeg Jadrana je bilo pod utjecajem nepovoljnih meteoroloških prilika, točnije puhanja orkanskoj juga. S obzirom na prostornu orijentaciju plaže i izloženost prema otvorenom moru bila je očekivana velika količina nanesenog otpada na obali. Dolaskom na lokaciju, zatečena je veća količina otpada izvan zone predviđene za uzorkovanje, što može biti objašnjeno nanosima velikih valova koji su se podigli uslijed puhanja jakog juga, koji su otpad nanosili dalje od obale. Također, prilikom uzorkovanja u jesenkom periodu bio je zastupljen otpad velikog volumena i mase (palete, cijevi) kojeg nije bilo moguće prikupiti, već je identificiran, fotografiran i popisao. Premda u ovom istraživanju nije mjerena masa otpada, može se pretpostaviti da bi otpad uzorkovan u ovom periodu imao najveću masu.

Materijal koji je bio najbrojniji u ukupnoj količini otpada je plastika zauzimajući većinski udio od 97,19%. Rezultati ovog i drugih istraživanja (Asensio-Montesinos i sur., 2019., Gjyli i sur. 2020., Laglbauer i sur. 2014., Mokos i sur. 2019., Mokos i sur. 2020., Munari i sur. 2015., Özden i sur. 2021., Vlachogianni i sur. 2018., Zeri i sur., 2018.) vezani za količinu plastičnog materijala u uzorkovanom otpadu potvrđuju problem onečišćenja plastičnim otpadom, na lokalnoj, regionalnoj i svjetskoj razini. U svim spomenutim istraživanjima količina plastičnih materijala je dominirala nad ostalim materijalima. Osim toga, očigledno je da se radi o prekograničnom problemu te se rješavanje istog mora provoditi na regionalnoj razini pošto problem premašuje nacionalne granice. (Tutman i sur., 2017.). Prema rezultatima ovog istraživanja, na plaži Sakarun zastupljena je najveća količina plastičnih materijala u uzorkovanom otpadu u odnosu na rezultate usporednih istraživanja. Slični rezultati dobiveni su u istraživanjima na području otoka Iža u srednjem Jadranu (94,88%) (Mokos i sur., 2020.), srednjeg Jadrana (93,86%) (Mokos i sur., 2019.) i jadransko – jonske regije (91,1%) (Vlachogianni i sur., 2017.), dok je manji udio plastičnog otpada pronađen na obali Španjolske (82,6%) (Asensio-Montesinos i sur. 2019.), Cipra

(82%) (Özden i sur. 2021.), Italije (81,1%) (Munari i sur., 2015.), Albanije (65%) (Gjyli i sur., 2020.) i Slovenije (64%) (Laglbauer i sur., 2014.). Nadalje, gledajući deset najzastupljenijih vrsta otpada u ovom i drugim sličnim istraživanjima, očigledno je da su iste potkategorije otpada poput plastičnih fragmenata 2,5 > < 50 cm, štapića za uši, čepova od ambalaža za piće i sl. među najzastupljenijima i na drugim lokacijama. Međutim, u predloženim istraživanjima opušci cigareta su činili znatan udio u sastavu otpada na plažama u Španjolskoj (45,6%) (Asensio-Montesinos i sur. 2019.), Italiji (22,9%), Albaniji (17,9%) (Gjyli i sur., 2020.), Sloveniji (42%) (Laglbauer i sur., 2014.), srednjem Jadranu (18,1%) (Mokos i sur., 2019.), te na području jadransko – jonske regije (6,60%) (Vlachogianni i sur., 2017.), dok na plaži Sakarun opušci cigareta nisu ni među deset najzastupljenijih uzorkovanih predmeta u ukupnom otpadu za sva uzorkovanja. Međutim, u ljetnom periodu količina opušaka od cigareta zauzela je udio od 12,66 % te su opušci bili druga najbrojnija potkategorija otpada na plaži, što može biti objašnjeno povećanim brojem posjetitelja koji predstavljaju glavni izvor ove potkategorije otpada, čiji se broj na plaži višestruko povećao za vrijeme trajanja turističke sezone (ljetno). Gledajući najzastupljenije uzorkovane predmete može se zaključiti da korisnici plaže te loše gospodarenje otpadom uvelike pridonose problemu onečišćenja.

Količina jednokratne plastike u ovom istraživanju iznosila je 27,71% u ukupnom udjelu otpada. Ovi rezultati se najviše podudaraju s rezultatima Mokos i sur. (2020.) gdje je na otoku Ižu jednokratna plastika zauzela udio od 31,34%. U istraživanju Vlachogianni i sur. (2017.) na području jadransko – jonske regije bilo je zastupljeno manje plastike za jednokratnu upotrebu – 18,95%, dok je na području Albanije jednokratna plastika činila gotovo polovicu (48%) ukupne količine otpada (Gjyli, i sur. 2020.).

Analizom izvora uzorkovanog otpada u ovom istraživanju utvrđeno je da većina otpada kojeg se moglo identificirati je povezan s izvorima na kopnu (26,91%), ponajviše s turizmom, rekreacijom i lošom praksom gospodarenja otpadom. Morski izvori onečišćenja otpadom (12,40%) vezuju se uz ribarstvo, akvakulturu i pomorski promet. Gledajući odnos kopneni – morski izvori, slični rezultati su dobiveni i u drugim studijama, implicirajući na problem onečišćenja otpadom koji dolazi s kopna. Najbliži rezultati su dobiveni za područje otoka Iža (Mokos i sur., 2020.), gdje je udio kopnenih izvora iznosio 32,28% i morskih 13,34%. Slični rezultati su dobiveni analizom izvora otpada s plaža srednjeg Jadrana, (Mokos i sur., 2019.), gdje su prevladavajući kopneni izvori iznosili 32,76%, dok



je otpada koji se povezuje s morskim izvorima bilo 15,16% te također analizom otpada s talijanskih plaža (Munari i sur., 2015.) gdje su kopneni izvori dominirali (37,5%) naprema morskim (16,8%). U istraživanjima koja uključuju područja jadransko – jonske regije, Albanije i Španjolske kopneni izvori su zauzeli još veći udio naprema morskim nego na plaži Sakarun pa je tako odnos kopneni - morski izvor na području jadransko - jonske regije iznosio 33,40% - 6,30 % (Vlachogianni i sur., 2017.), Albanije 58,5% - 2,4 % (Gjyli, 2020.) te Španjolske 86 % - 30%. (Asensio – Montesinus i sur., 2019.). U ovom istraživanju, glavni izvor morskog otpada bile su obalne aktivnosti poput turizma, rekreacije i loše prakse gospodarenja otpadom (26,58%). Druge studije također ukazuju na ovaj izvor kao jedan od glavnih generatora morskog otpada (Asensio – Montesinus i sur., 2019., Munari i sur. 2015., Mocos i sur., 2019., Mocos i sur. 2020., Vlachogianni i sur., 2017., Gjyli i sur., 2020.), međutim ne treba zanemariti ni izvore onečišćenja s mora, ponajviše ribarstvo i akvakulturu koji također doprinose onečišćenju otpadom.

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom istraživanju, na plaži Sakarun tijekom 2022. godine bilo je zabilježeno, klasificirano i uklonjeno ukupno 3096 komada različitog krutog otpada. Prema dobivenim rezultatima možemo zaključiti:

1. Umjetni polimerni materijali su činili većinu prikupljenog otpada što potvrđuje problem onečišćenja plastičnim otpadom.
2. Gotovo trećinu otpada (27,71%) činila je plastika za jednokratnu upotrebu što ukazuje na to da su potrebne mjere smanjenja u korištenju i proizvodnji jednokratne plastike.
3. Otpad koji se povezuje s obalnim aktivnostima (turizmom, rekreacijom, lošim sustavom gospodarenja otpadom) ukazuje na to da se javlja potreba za boljim sustavom gospodarenja otpadom i naprednijom infrastrukturom za zbrinjavanje otpada.
4. Otpad koji je uzorkovan, a koji potječe iz ribarstva i akvakulture ukazuje da su ove djelatnosti prepoznate kao izvori onečišćenja otpadom te je stoga potrebno kreirati i provesti mjere kojima bi se smanjila količina otpada iz ovih djelatnosti.
5. Otpad koji se vezuje uz izvor kanalizacije i osobne higijene ukazuje na to da je potreba bolja obrada otpadnih voda.
6. Potrebna je efikasnija implementacija već postojećih pravnih okvira poput MSFD – a s ciljem postizanja dobrog stanja okoliša, ali i ostalih europskih regulativa i nacionalnih propisa.
7. Poželjno je djelovati preventivno na stvaranje otpada kroz edukaciju i organizirane akcije čišćenja kojima bi se podigla svijest javnosti oko problematike onečišćenja otpadom.

## 8. LITERATURA

1. Asensio-Montesinos, F., Anfuso, G., Williams, A. T. (2019). Beach litter distribution along the western Mediterranean coast of Spain. *Marine Pollution Bulletin*, 141, 119–126.
2. Alkalay, R., Pasternak, G., Zask, A., (2007). Clean-coast index - a new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean Coast Manage* 50(5):352–362.
3. Cózar, A., Sanz-Martín, M., Marti, E., González-Gordillo, J.I., Ubeda, B., Gálvez, J., Irigoien X., Duarte, C. (2015.) Plastic Accumulation in the Mediterranean Sea, *PLoS*.
4. Fossi, M.K., Peda, C., Compa, M., Tsangaris, C., Alomar, C., Claro, F., Ioakeimidis, C., Galgani, F., Hema, T., Deudero, S., Romero, T., Battaglia, P., Andaloro, F., Caliani, I., Casini, S., Panti, C., Bains, M. (2017.). Bioindicators for monitoring marine litter ingestion and its impacts on Mediterranean biodiversity, *Environmental Pollution* 1-18.
5. Funduk, M., Tutman, P., Farkaš, A., Tišma, S., Boromisa, A. (2021.) Marine Litter in Croatian Adriatic: Sources, Quantities and Stakeholders' Perspectives, *Sustainability* 2021, 13(9), 4691.
6. Galgani, F., Hanke, G., Maes, T. (2015.) Global Distribution, Composition and Abundance of Marine Litter, *Marine Anthropogenic Litter*, pp 29-56 .
7. Gjyli, L., Vlachogianni, T., Kolutari, J., Matta, G., Metalla, O., Gjyli, S. (2019.). Marine litter on the Albanian coastline: Baseline information for improved management, *Ocean and Coastal Management*.
8. Hantoro, I., Löhr, A., Van Belleghem, F., Widianarko, B., Rages M., (2019.): Microplastics in coastal areas and seafood: implications for food safety, *Food Additives and Contaminants*, Vol. 36, No. 5, 674–711.
9. Hardesty, B.D., Lawson, T.J., Van der Velde, T., Landsell, M., Wilcox, C. (2016.). Estimating quantities and sources of marine debris at a continental scale, *Front Ecol*.
10. Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771.

11. Laglbauer, B. J. L., Franco-Santos, R. M., Andreu-Cazenave, M., Brunelli, L., Papadatou, M., Palatinus, A., Grego, M., Deprez, T. (2014). Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. *Marine pollution bulletin*, 89(1-2), 356–366.
12. Lippiatt, S., Opfer, S., Arthur, C. (2013) Marine Debris Monitoring and Assessment: Recommendations for Monitoring Debris Trends in the Marine Environment. *NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-46*.
13. Löhr, A., Savelli, H., Beunen, R., Kalz, M., Rages, A., Belleghem, F. (2017.) Solution for global marine litter pollution. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 28:90-99.
14. Matsouka, T., Nakashima, T., & Nagasawa, N. (2005). A review of ghost fishing: scientific approaches to evaluation and solutions. *Fisheries Science*, 71(4), 691–702.
15. Mokos, 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.
16. Mokos, 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*.
17. Munari, C., Corbau, C., Simeoni, U., Mistri, M. (2015.) Marine litter on Mediterranean shores: Analysis of composition, spatial, distribution and sources in north-western Adriatic beaches, *Waste Management*, 49, 483–490.
18. Mæland, C., Reidar, S., (2019.). Can the Global Problem of Marine Litter Be Considered a Crisis?, *Risks, Hazards and Crisis in Public Policy*, Vol. 00, No. 00, 2019.
19. Oliveira, F., Monteiro, P., Bentes, L., Henriques, N. S., Aguilar, R., Gonçalves, J. M. S. (2015). Marine litter in the upper São Vicente submarine canyon (SW Portugal): Abundance, distribution, composition and fauna interactions. *Marine Pollution Bulletin*, 97(1-2), 401–407.
20. Orlić, M., Gačić, M., La Violette, P.E. (1992.). The current and circulation of the Adriatic Sea. *Oceanol. Acta* 1992., 15, 109–124.
21. Orlić, M.; Kuzmić, M.; Pasarić, Z. (1994.). Response of the Adriatic Sea to the bora and sirocco forcing. *Cont. Shelf Res.* 1994, 14, 91–116.

22. Özden, Ö., Yıldırım, S., Fuller, W. J., Godley, B. J. (2021). Anthropogenic marine litter on the north coast of Cyprus: Insights into marine pollution in the eastern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 165, 112167.
23. Rayon-Viña, F., Miralles, L., Fernandez-Rodríguez, S., Dopico, E., Garcia-Vazquez, E., (2019.). Marine litter and public involvement in beach cleaning: Disentangling perception and awareness among adults and children, Bay of Biscay, Spain, *Marine Pollution Bulletin* 141 (2019.) 112-118.
24. Schmid, C., Cozzarini, L., Zambello, E. (2021). A critical review on marine litter in the Adriatic Sea: Focus on plastic pollution. *Environmental Pollution*, 273, 116430.
25. Semeoshenkova, V., Newton, A., Contin, A., Greggio, N. (2017). Development and application of an Integrated Beach Quality Index (BQI). *Ocean & Coastal Management*, 143, 74–86.
26. Tutman, P., Bojanić Varezić, D., Prvan, M., Nazlić, M., Božanić, J., Šiljić, J., Pavičić, M. (2017). Integrirano planiranje u cilju smanjivanja utjecaja morskog otpad - Projekt DeFishGear. In *Konferencija o zaštiti okoliša-Vizije gospodarenja otpadom: knjiga sažetaka*.
27. UNEP, (2009.) *Marine Litter: A Global Challenge*. Nairobi: UNEP. 232 pp.
28. UNEP/MAP, (2015.) *Marine Litter Assessment in the Mediterranean*. 978-92-807-3564-2.
29. Veiga, J.M., Fleet, D., Kinsey, S., Nilsson, P., Vlachogianni, T., Werner, S., Galgani, F., Thompson, R.C., Dagevos, J., Gago, J., Sobral, P. and Cronin, R.. (2016.) *Identifying Sources of Marine Litter. MSFD GES TG Marine Litter Thematic Report; JRC Technical Report; EUR 28309*.
30. Vlachogianni, T., Fortibuoni, T., Ronchi, F., Zeri C., Mazziotti, C., Tutman, P., Bojanić Varezić, B., Palatinus, A., Trdan, Š., Peterlin, M., Mandić, M., Marković, O., Prvan, M., Kaberi, H., Preveenios, M., Kolutari, J., Kroqi, G., Fusco, M., Kalampokis, E., Scoullou 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.
31. Zeri, C., Adamopoulou, A., Bojanić Varezić, D., Fortibuoni, T., Kovač Viršek, M., Kržan, A., Mandic, M., Mazziotti, C., Palatinus, A., Peterlin, M., Prvan, M., Ronchi,

F., Siljic, J., Tutman, P., & Vlachogianni, T. (2018). Floating plastics in Adriatic waters (Mediterranean Sea): From the macro- to the micro-scale. *Marine pollution bulletin*, 136, 341–350.

### **Internetski izvori**

URL 1. Europska komisija (2008.) Direktiva 2008/56/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 17. lipnja 2008. o uspostavljanju okvira za djelovanje Zajednice u području politike morskog okoliša. Okvirna direktiva o morskoj strategiji, str. 19.–40.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=LEGISSUM:l28164> (pristupljeno : 14.12.2022.)

URL 2. Europska komisija (2008.) Direktiva 2008/56/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 17. lipnja 2008. o uspostavljanju okvira za djelovanje zajednice u području politike morskog okoliša. Okvirna direktiva o morskoj strategiji, str. 136.-157.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0056> (pristupljeno: 14.12.2022.)