

Brojnost, sastav i izvori morskog otpada na plaži Sakarun na Dugom otoku

Šarunić, Sandro

Undergraduate thesis / Završni 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:162:342981>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-30**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Podvodne znanosti i tehnologije



Zadar, 2020.

Sveučilište u Zadru
Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Podvodne znanosti i tehnologije

Brojnost, sastav i izvori morskog otpada na plaži Sakarun na Dugom otoku

Završni rad

Student/ica:

Sandro Šarunić

Mentor/ica:

Dr.sc. Melita Mocos

Zadar, 2020.

Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Sandro Šarunić** ovime izjavljujem da je moj **završni** rad pod naslovom **Brojnost, sastav i izvori morskog otpada na plaži Sakarun na Dugom otoku** 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.

Brojnost, sastav i izvori morskog otpada na plaži Sakarun na Dugom otoku

Cilj provedenog istraživanja bio je analiza brojnosti, sastava i izvora morskog makro otpada na plaži Sakarun. Ova plaža nalazi se na Dugom otoku te je okarakterizirana kao polu – ruralna plaža te tijekom sezone kao turistička prirodna atrakcija. Istraživanje je provedeno u tijekom proljeća 2019.g. (ožujak i travanj), a korištena je metoda istraživanja razvijena projektom DeFishGear (Vlachogianni i sur. 2018). Na istraživanoj lokaciji provedeno je uzorkovanje makro otpada (> 2.5 cm). Zabilježena je gustoća od 0.6 komada/ m^2 , najveća količina otpada izrađena je od umjetnih polimernih materijala odnosno plastike, a najznačajniji identificirani izvori otpada bili obalni izvori.

Ključne riječi: otpad u moru, Sakarun, plaža, plastika

Abundance, composition and sources of marine litter on Sakarun beach on Dugi otok island

The aim of the conducted research was to analyze the abundance, composition and sources of marine macro-waste at Sakarun Beach. This beach is located on Dugi otok island and is characterized as semi - rural beach ,and also,during the season as a tourist natural attraction. The study was conducted in 2019 during spring (March and April), using the research method developed by the DeFishGear project (Vlachogianni et al. 2018). Macro-waste sampling (> 2.5 cm) was demonstrated at the investigated site. A density of 0.6 pieces/ m^2 , the largest amount of waste was made of artificial polymer materials, that is, plastic, and the most significant identified sources were coastal sources.

Keywords: marine litter, Sakarun, beach, plastic

Sadržaj

1.Uvod	7
2.PREGLED LITERATURE	9
3.CILJEVI ISTRAŽIVANJA	11
4.MATERIJALI I METODE	12
4.1 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	12
4.2 UZORKOVANJE I ANALIZA.....	13
4.3 METEOROLOŠKI PODACI.....	15
5.REZULTATI	15
5.1 KOLIČINA MORSKOG OTPADA I ČISTOĆA PLAŽE.....	15
5.2 SASTAV MORSKOG OTPADA	16
5.3 IZVORI UZORKOVANOG MORSKOG OTPADA	19
5.5 STOPA AKUMULACIJE.....	21
6. RASPRAVA	22
7. ZAKLJUČAK	25
8. ZAHVALE	25
9. POPIS LITERATURE	26

1.Uvod

Jedan od najvećih problema koji prijete morskom i obalnom okolišu su komadići čvrstog otpada koji se akumuliraju na površini ili na dnu mora te u zoni supralitorala, odnosno na plažama (Cózar i sur., 2014; Eriksen i sur., 2014). Morski otpad je okarakteriziran kao bilo koji otporan, ljudskom rukom proizveden ili obrađen materijal koji namjerno ili slučajno dospije u morski ili obalni okoliš (Galgani i sur. 2010). Velika većina tog čvrstog otpada je proizveden od plastičnih materijala. U današnje doba, gdje je masovna proizvodnja prisutna u gotovo svim granama različitih industrija, godišnja proizvodnja plastike prelazi 240 tona (Sarafraz i sur. 2016). U odnosu na druge materijale plastika je u procesu proizvodnje vrlo jeftini materijal koji se može koristiti u razne svrhe. Plastika može biti vrlo čvrst i otporan materijal, dok u isto vrijeme može biti vrlo lagan i savitljiv materijal ovisno o potrebi (Sarafraz i sur. 2016).

Jednom kada otpad dospije u morski okoliš postaje izravna prijetnja morskim organizmima i procesima koji se odvijaju u morskom okolišu. Također, plastični materijali vrlo dobro odolijevaju abrazivnim i fotokemijskim utjecajima okoline. Zbog toga se komadići plastike koji su se našli u morskom okolišu jako sporo razgrađuju, a razgradnjom komadića plastike na manje fragmente dolazi do stvaranja mikroplastike koja je gotovo nerješiv problem u morskim okolišima (Munari i sur. 2017).

Glavni izvori morskog otpada su ljudske aktivnosti na kopnu kao što su poljoprivreda, građevna industrija, loše organizirano zbrinjavanje i recikliranje otpada kao i generalni nemar pojedinca. Ostali važni izvori morskog otpada su i ljudske aktivnosti koje se događaju na moru ili u neposrednoj blizini mora, a to su akvakultura, ribarska industrija, brodski promet te turizam. Sav taj otpad koji završi u morskom okolišu naposljetku ovisi o prirodnim utjecajima (Munari i sur., 2011; Torresan i sur., 2012; Romano i Zullo, 2014).

Poznato je da se oko 700 vrsta morskih organizama susreće s komadima morskog otpada u okolišu, a negativni ekološki učinci uključuju povećanu štetu morskim organizmima gutanjem i zaplitanjem (Gall i Thompson, 2015; Gregory, 2009). Mnogo je primjera gušenja životinja, zaplitanja te također imobiliziranih organizama zbog plastike i drugog otpada koji pluta u moru (Gregory, 2009; Sarafraz i sur., 2016). Mnogi od njih ugibaju nakon što unesu plastiku u svoj probavni trakt (Gregory, 2009) pa čak i kada nije smrtonosna, plastika unutar organizma smanjuje sposobnost unosa hrane, što ugrožava razvoj životinja, a djelomična probava može biti toksična (Derraik, 2002; Gregory, 2009; Browne, 2015).

Ljudske aktivnosti odgovorne su za veliki pad globalne bioraznolikosti, a problem je toliko kritičan da bi, uzevši u obzir sve ljudske utjecaje na okoliš, mogli procijeniti trenutnu stopu izumiranja na više od 1000 do 10 000 puta u odnosu na prirodnu stopu (Lovejoy, 1997).

Ovisno o plovnosti materijala morski otpad može biti prenošen morem pomoću vjetra, morskih struja (onih pri površini, ali i isto tako onih u ostalim dijelovima vodenog stupca) te cirkulacijom vodenih masa. Vrlo važan čimbenik je i brzina degradacije materijala što naposljetku može promijeniti plovnost materijala odnosno način daljnje distribucije materijala kroz morski okoliš (Prevenious i sur. 2017).

Sredozemno more je vrlo zatvoren tip mora zato što je s ostatkom oceana (Atlantskog oceana) povezano samo Gibraltarskim vratima odnosno prolazom. Zatvoreni tip mora, vrlo dugačka obala (46 000 km) te mnoštvo otoka i uvala čini ovo more savršeno pogodnim za akumulaciju plastike (Robinson i sur., 2001). Iz tog razloga važno je shvatiti dinamiku kretanja plastike i ostalog plutajućeg otpada kako bi se mogao isplanirati odgovarajući plan uklanjanja i saniranja morskog otpada u Sredozemnom moru (Prevenious i sur. 2017). Sredozemno more je isto tako jako naseljeno područje na kojem živi 10 % svjetske obalne populacije što je otprilike 100 milijuna stanovnika po 10 km obale. Također Sredozemno more je jedno od najprometnijih područja za brodski prijevoz te je mjesto ulijevanja nekoliko rijeka koje doprinose zagađenju Sredozemnog mora (UNEP/MAP 2009).

Europska unija ulaže velike napore za zaštitu mora i morskih resursa, a time se nastoji i smanjiti problem otpada u moru. U lipnju 2008.g. usvojena je Okvirna direktiva o morskoj strategiji (Marine Strategy Framework Directive, MSFD), koja zahtijeva postizanje dobrog ekološkog stanja morskih okolišnih sustava u EU do 2020. U Direktivi se navodi jedanaest točaka koje ukazuju na postizanje statusa dobrog stanja okoliša. Deseta točka ove Direktive odnosi se na morski otpad prema kojoj stanje morskog otpada mora biti takvo da ne čini štetu obalnom i morskom okolišu (Europski parlament, 2008).

2.PREGLED LITERATURE

Morski otpad koji se nakuplja na rubovima obale jedan je od glavnih pokazatelja da je morski okoliš poprilično zagađen plutajućim otpadom (Cheshire i sur., 2009). Plutajući otpad nije jedini otpad u morskom okolišu. Morski otpad u današnje vrijeme možemo pronaći na obalama, morskom dnu i površini, ali isto tako i daleko u prostranstvima oceana u svim dijelovima vodenog stupca (Erik van Sebille i sur, 2015). Uzorkovanje akumuliranog otpada na plažama i unošenje podataka u posebno osmišljene ankete i tablice za razvrstavanje, jedan je od najlakših načina sakupljanja podataka jer ne zahtijeva veliku razinu edukacije, a oprema koja je potrebna za uzorkovanje je praktična i jednostavna za uporabu (Poeta i sur.,2016). Sredozemno more je iz više razloga vrlo sklono nakupljanju velike količine plastike. Jedan od glavnih razloga tome je oblik i zatvorenost Sredozemnog mora što je prethodno opisano. Neki od ostalih razloga nakupljanja velikog broja plastike su vrlo gusta naseljenost na obalama Sredozemnog mora, velika razvijenost broskog prometa te utjecaji nekih većih rijeka koje prolaze kroz industrijske predjele država u kojima se nalaze (Cozar i sur., 2015).

Dosadašnja istraživanja čistoće plaža na Jadranu pokazala su da je prema indeksu čistoće obale 16% plaža bilo ocijenjeno kao „Vrlo prljavo“ i „Prljavo“ , 32% kao „Umjereno“, 39% kao „Čisto“ i samo 13% kao „Vrlo čisto“ (Vlachogianni i sur. 2018). Podaci o morskom otpadu u Jadranskom i Jonskom moru još uvijek su ograničeni, nedosljedni i fragmentirani, kao i na ostatku Sredozemlja unatoč tome što je poznata činjenica da je ovo 6. zona akumulacije plastike na svijetu (Cózar i sur., 2015; UNEP/MAP, 2015).

U novije vrijeme morski otpad postao je značajna tema vezana za zaštitu okoliša kojom se bave vlade, znanstvenici, nevladine organizacije i javnost širom svijeta (Seltenrich, 2015).

Plaže su važna turistička atrakcija i doprinose poboljšanju kvalitete života, kako za ljude koji ih koriste kao odmorišta tako i za stanovnike zemlje koji pružaju odmor na takvim destinacijama. Čista plaža glavni je pokazatelj kvalitete obalnog okoliša. Prisutnost morskog otpada može negativno utjecati na estetsku privlačnost plaža i smanjiti njihovu rekreacijsku vrijednost te samim time smanjiti profit ostvaren turizmom (Liu i sur.,2013).

Akcije čišćenja na plažama glavno su sredstvo za osiguranje plaže bez otpada, a često obvezne (ponajviše zbog turizma) i skupe. Na primjer, 1993.g., 1,4 milijuna dolara potrošeno je za čišćenje švedske obale Bohuslan (Olin i sur., 1994); U čišćenju 1988. i 1989. godine potrošeno je 1 milijun dolara uz obale Santa Monice i Long Beach u Kaliforniji (Kauffman i Brown, 1991).

Morski otpad može se prema izvoru kategorizirati u kopneni (kopneni izvori) i morski (izvori sa mora) otpad: prva kategorija uglavnom potječe iz domaćinstava te poljoprivrednih i industrijskih aktivnosti, dok druga potječe od ribarstva, rekreativnih i turističkih brodova te ostalog broskog prometa (UNEP, 2009).

Prema plovnosti odnosno gustoći morski otpad može se podijeliti u dvije kategorije: plutajući otpad i otpad koji tone. Pješčane obale važna su mjesta akumulacije za plutajući otpad koji nakon nasukavanja biva zarobljen u/ispod pijeska ili bi mogao biti prenošen pomoću vjetra dalje u unutrašnjost (Kusui i Noda, 2003; Jayasiri i sur., 2013).

Posljedice za javno zdravlje mogu nastati uslijed nakupljanja obalnog otpada, kao što su ozljede uzrokovane morskim krhotinama, uključujući uplitanje ronilaca u „ghost“ mreže, posjekotine uzrokovane razbijenim staklom i odbačenim limenkama, slomljenih i/ili zahrđalih limenki i drugih oštrih predmeta koji mogu uzrokovati posjekotine (Whiting, 1998.).

3.CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Ciljevi ovoga istraživanja su:

- odrediti sastav i količinu uzorkovanog morskog otpada
- pronaći povezanost meteoroloških podataka s količinom morskog otpada
- odrediti glavne izvore morskog otpada

Svrha ovog istraživanja je doprinijeti znanju o problematici obalnog otpada u Zadarskoj županiji te ukazati na glavne izvore morskog otpada kako bi se mogle poduzeti adekvatne mjere za smanjenje otpada koji već dolazi u more. Na temelju sakupljenih podataka ovog istraživanja i drugih sličnih istraživanja također je potrebno napraviti funkcionalni plan uklanjanja otpada koji se već našao u moru kao i prepoznati vrijednost jedinstvenih krajobraza kako bismo ih mogli zaštititi i sačuvati za buduće naraštaje.

4.MATERIJALI I METODE

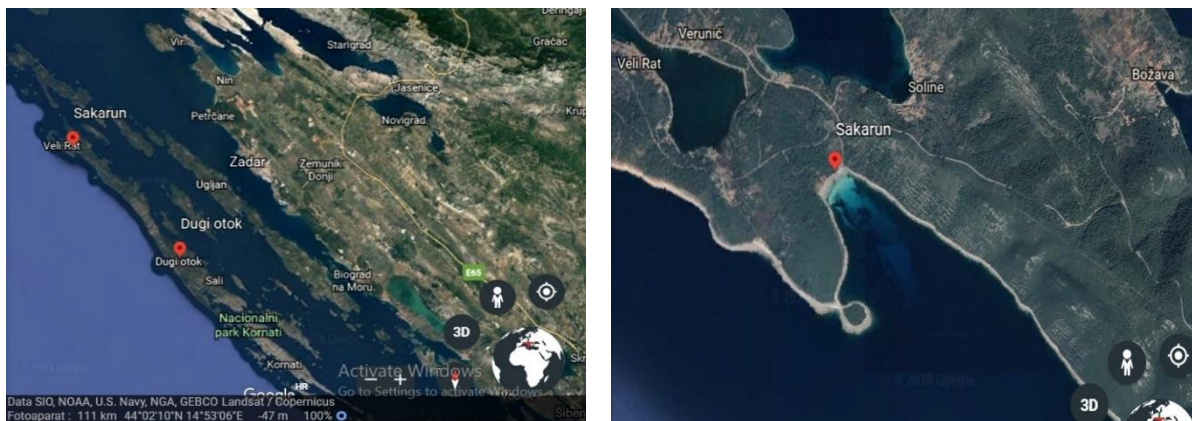
4.1 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno na plaži Sakarun na Dugom otoku (Slika 1). Plaža se nalazi na sjevernom dijelu Dugog otoka dok je njen vanjski dio orijentiran prema južnoj strani Jadranskog mora zbog čega je plaža podložna utjecajima morskih struja i vjetrova koji se kreću od juga prema sjeveru.

Plaža se nalazi nekoliko kilometara od obližnjih seoskih naselja zbog čega plažu Sakarun svrstavamo u polu-ruralnu plažu. Sakarun je s obližnjim naseljima velikim dijelom povezan s asfaltiranom cestom dok je ostatak ceste u neposrednoj blizini plaže improvizirana cesta prekrivena šljunkom (sitni kamenčići).

Vizualno i strukturno istraživanu plažu možemo podijeliti na dio prekriven šljunkom, oblucima i kamenjem i manji dio neposredno uz more prekriven pijeskom. Morsko dno na istraživanom području je prekriveno pijeskom i morskom cvjetnicom *Posidonia oceanica* (L) Delile. Ova vrsta cvjetnice je od iznimne važnosti za okoliš Sakaruna iz više razloga. Naime, *P. oceanica* je utočište brojnim morskim organizmima, obogaćuje vodu s velikom količinom kisika te je također vrlo dobra zaštita od erozivne sile valova i jakih struja i to na dva načina. *P. oceanica* štiti od erozije dok je u morskom okolišu, ali isto tako otpali listovi ove cvjetnice koji se nasukavaju na obali štite sitni pijesak od erozije valova (Short, 1996). Listovi cvjetnice *P. oceanica* su poprilično brojni na vanjskom dijelu Sakaruna gdje tvore dosta visoke nakupine, na nekim dijelovima i do 50 cm visine (od pješčanog sloja do vrha nakupine listova).

Na plaži se također nalazi nekoliko ugostiteljskih objekata koji su u funkciji samo tijekom turističke sezone (ljetu), dok se improvizirani parking (šljunak) i nekoliko kanti za odlaganje smeća nalaze u neposrednoj blizini plaže. Također fizički izgled je znatno promijenjen uklanjanjem naplavina listova cvjetnice *P. oceanica* tzv. „banquette“ (negativni utjecaj na prirodni izgled plaže) tijekom turističke sezone zbog estetskih razloga.



Slika 1. Područje istraživanja (plaža Sakarun, Dugi otok) (Google Earth)

4.2 UZORKOVANJE I ANALIZA

Prikupljanje uzoraka makro otpada i klasifikacija prikupljenog otpada (fragmenti otpada veći od 2.5 cm) provedeno je prema protokolu “Methodology for monitoring Marine Litter on Beaches –macro debris (>2.5 cm)” koji je izrađen u sklopu projekta DeFishGear. Uzorkovanje je obavljeno u dva navrata, tijekom ožujka i travnja 2019. godine. Izabrana lokacija odnosno plaža, prema protokolu, treba imati minimalno 100 metara duljine te nagib u prosjeku od 1.5° do 4.5° što je blag do umjeren nagib te pristup moru. Također, neki od ostalih važnih parametara za uzorkovanje prema DeFishGear protokolu su pristup odabranoj lokaciji tijekom cijele godine i neprovođenje čišćenja plaže kako bi se dobili što točniji podaci o brojnosti i sastavu otpada. Također, važno je ne uznemiravati organizme koji obitavaju na tom području (Vlachogianni et al., 2017).

Sav otpad prikupljen je ručno. Za prikupljanje uzoraka nosile su se zaštitne rukavice i vreće u koje su pospremani uzorci. Površina za sakupljanje izmjerena je ručnim metrom. Prema pravilniku za monitoring makro otpada sakupljani su samo komadi veći od 2.5 cm. Prikupljeni otpad razvrstan je u 8 kategorija. Glavne kategorije su: plastika (umjetni polimerni materijali), guma, tekstil, papir, obrađeno drvo, metal, staklo te neodređeni materijali/kemikalije. Svaka kategorija podijeljena je u niz različitih potkategorija kojih sveukupno ima 213. Otpad je i prema izvoru podijeljen u kategorije prateći DeFishGear protokol.

Uzimajući u obzir sve prikupljene podatke određen je indeks čistoće obale, CCI („Clean Coast Index“) i gustoća makro morskog otpada (C_M). Gustoća makro otpada je količina morskog otpada po m^2 na uzorkovanom dijelu plaže. Formula glasi:

$$C_M = n/l * w$$

Oznaka n označava broj komada otpada, dok je l oznaka za duljinu i w za širinu odabranog transeкта (Alkalay et al., 2007).

Čistoća plaže je izračunata koristeći „Clean Coast Index“ koji se izračunava na sljedeći način:

$$CCI = C_M * K$$

C_M označava za gustoću makro otpada, a K je konstanta koja iznosi 20. Čistoća plaže određuje se prema iznosu CCI: 0-2 je iznimno čista plaža, 2-5 čista plaža, 5-10 umjereno čista plaža, 10-20 prljava plaža i sve više od 20 iznimno prljava plaža (Alkalay et al., 2007) (Tablica 2).

Tablica 1. Indeks čistoće obale s gradijentom i objašnjenjem za svaki stupanj (Alkalay et al., 2007).

Quality	Value	Definition
Very clean	0-2	No litter is seen
Clean	2-5	No litter is seen over a large area
Moderate	5-10	A few pieces of litter can be detected
Dirty	10-20	A lot of litter on shore
Very dirty	>20	Most of the beach is covered with litter

Pomoću sakupljenih podataka na jednostavan način se također izračunala stopa akumulacije (A) otpada između uzorkovanja. Broj sakupljenih komada otpada (O) podijeljen je sa brojem dana (D) između dva uzorkovanja:

$$A = O/D$$

Stopa akumulacije nije izračunata za razdoblje između 2018. i 2019. zbog toga što su na mjestu uzorkovanja postojale moguće akcije čišćenja i ostali načini saniranja otpada zbog čega stopa akumulacije ne bi predstavljala stvarni broj komada otpada akumuliranih tijekom godinu dana.

4.3 METEOROLOŠKI PODACI

Podaci o vjetru tijekom ožujka i travnja 2018. i 2019. godine za uvalu Sakarun dobiveni su iz projekta klimatske reanalize jadranske regije, „Meteadriatic Climate Research Database” (CRD). Riječ je javno dostupnom privatnom projektu kojem je cilj izrada klimatološke baze podataka od najmanje 30 godina temeljene na reanalizi klime pomoću WRF-ARW modela nad regijom jugoistočne Europe. Iako su podaci javno dostupni, mogu se dobiti jedino na zahtjev. Kako autori projekta navode, za klimatološku reanalizu korišten je atmosferski model WRF-ARW (Skamarock, 2008). Riječ je o numeričkom modelu kojim se računalnim putem simulira ponašanje atmosfere tokom vremena i kojim je osim za potrebe operativne vremenske prognoze moguće raditi i reanalizu meteoroloških prilika u prošlosti. U sustavu CRD pojedine meteorološke parametre moguće je dobiti za velik broj lokacija u Hrvatskoj i okolici s vremenskim korakom od jedan sat pomoću javno dostupnog sučelja na Internetu (CRD, 2019).

Za lokaciju odabran je Veli Rat, koji je najbliža točka uvali Sakarun u CRD bazi (udaljenost je 2 km). Izdvojeni su podaci o srednjoj dnevnoj brzini vjetra te srednjem dnevnom smjeru vjetra, koji su dobiveni usrednjavanjem 24 satna podatka za svaki dan tijekom traženog razdoblja.

5.REZULTATI

5.1 KOLIČINA MORSKOG OTPADA I ČISTOĆA PLAŽE

Za vrijeme istraživanja prikupljeno je ukupno 998 komada otpada. U prvom uzorkovanju (15.3.2019) prikupljeno je 632 komada, a u drugom uzorkovanju prikupljeno je 366 komada. (Tablica 2.) U oba uzorkovanja najviše je bilo komada otpada od plastike. Od ukupnog broja komada otpada, u prvom uzorkovanju sakupljeno je 63.327% komada otpada.

Tablica 1. Broj komada otpada, gustoća otpada i indeks čistoće obale za istraživano razdoblje

	15/03/2019	15/04/2019	Total/srednja vrijednost 2019
N	632	366	998
C _m (komada/m ²)	0.632	0.366	0.499
CCI	12.64	7.32	9.98

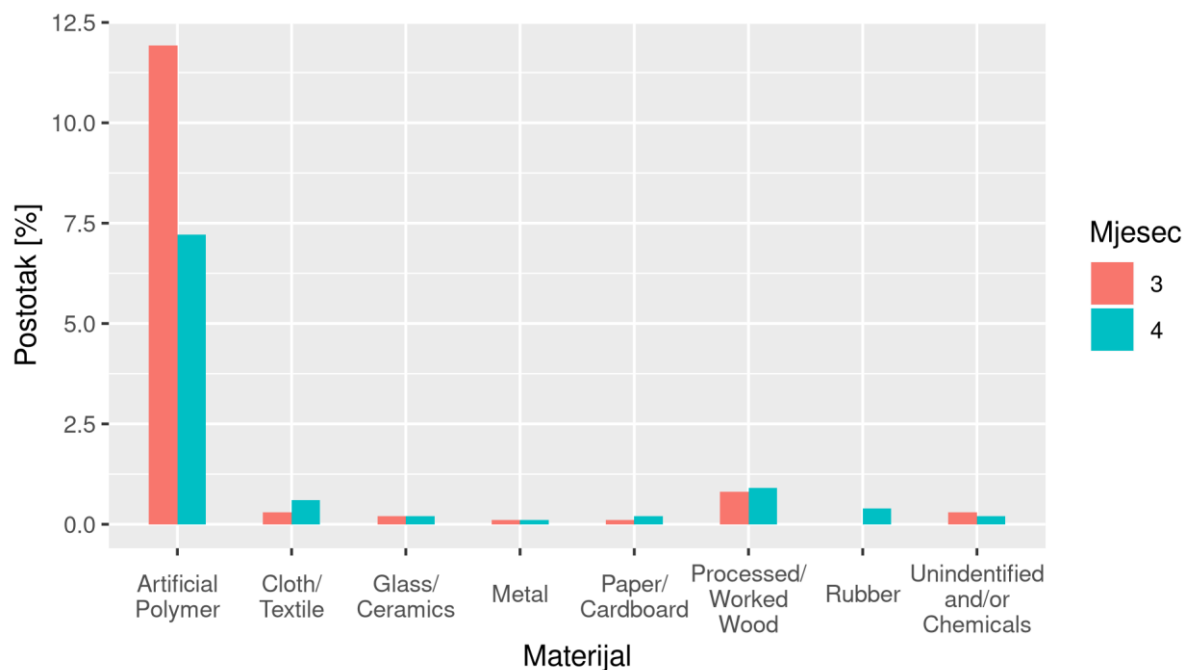
Pomoću formula za gustoću otpada i čistoću obale izračunato je da je prosječna gustoća po m² iznosila 0.632 komada/m² za prvo uzorkovanje dok je za drugo uzorkovanje prosječna gustoća iznosila 0.366 komada/m². Također, izračunavanjem indeksa za čistoću obale (CCI) dobiveni su podaci da je prilikom prvog uzorkovanja plaža Sakarun postigla status „Dirty“ odnosno prljava plaža s rezultatom koji iznosi 12,64 na tablici za čistoću obale. Za drugo uzorkovanje dobiven je rezultat 7,32 za čistoću obale što obalu svrstava u „Moderate“ odnosno umjereno prljavu plažu (Tablica 1, Tablica 2).

5.2 SASTAV MORSKOG OTPADA

Prikupljeni morski otpad svrstan je u 8 glavnih kategorija, a to su: umjetni polimeri (plastika), tekstil/odjeća, guma, papir, drvo, metal, staklo i neidentificirani/kemikalije. Očekivano najzastupljeniji materijal (ukupno u oba uzorkovanja 2019.) je bila plastika odnosno umjetni polimeri sa 94.7% zastupljenosti. Nakon plastike po zastupljenosti slijedi obrađeno drvo (1.8%), tekstil/odjeća (1.4%), staklo/keramika (0.6%) i naposljetku guma, papir i neidentificirani/kemikalije (svaki po 0.4%). Usporedbom uzoraka zasebno za svako uzorkovanje (2019.) nije primijećena velika razlika u sastavu morskog otpada. Primijećena je manja razlika u kategorijama drvo, papir i tekstil gdje je za prvo uzorkovanje (15.3.2019.) utvrđeno da potonje kategorije se razlikuju od nadolazećeg drugog uzorkovanja (15.4.2019.) za

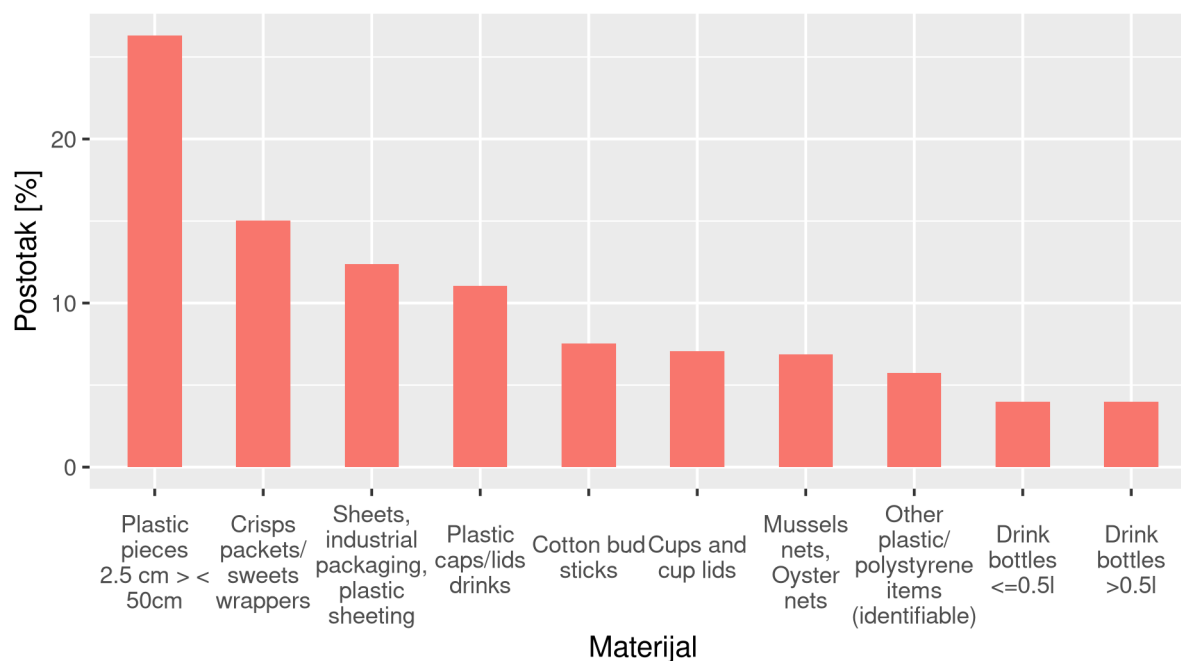
svoga 0.2 %. Također, na prvom uzorkovanju nije pronađen ni jedan gumeni komad otpada. (Slika 2.)

Slika 2. Raspodjela morskog otpada po kategorijama za 3. i 4. mjesec 2019 godine. (postoci raspodijeljeni za oba mjeseca) (Kategorije: Umjetni polimeri, tekstil, staklo/keramika, metal, papir, procesirano drvo,guma, neidentificirano/kemikalije)



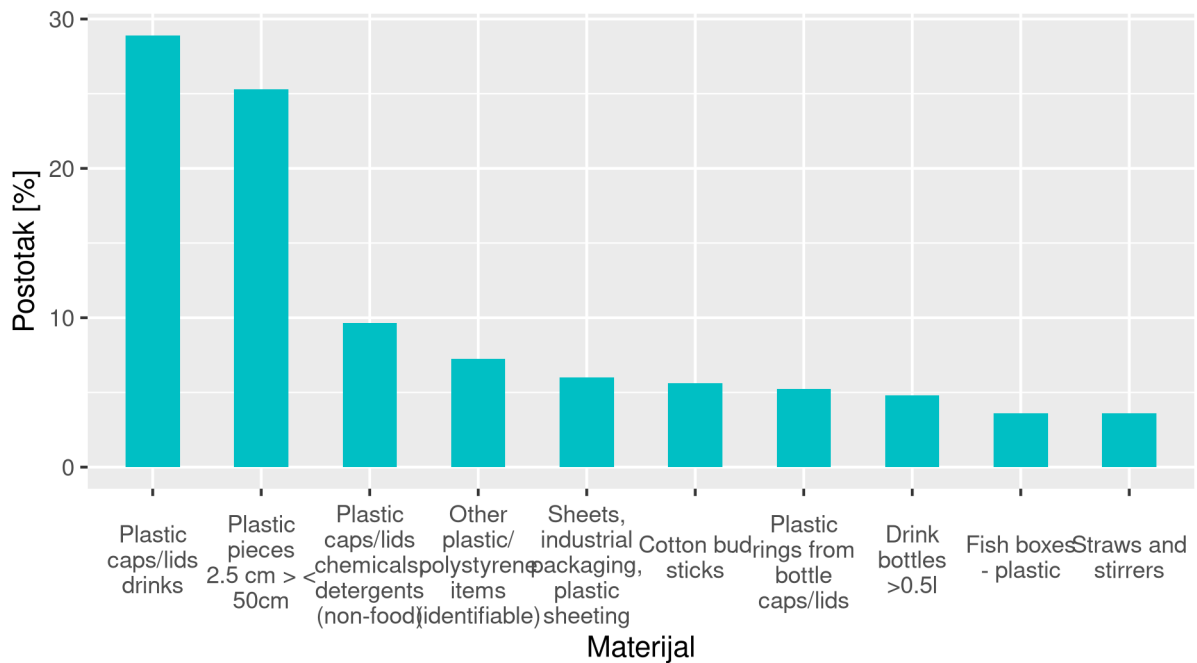
Za svako uzorkovanje utvrđeno je koji su najčešći komadi otpada zastupljeni od ukupnog morskog otpada po svakom uzorkovanju. Izdvojeno je 10 komada otpada za svako uzorkovanje. Za oba uzorkovanja zajedničko je 6 istih komada otpada u različitim količinama za svako zasebno uzorkovanje. Komadi otpada izdvojeni u prvom uzorkovanju su redom po zastupljenosti: plastični fragmenti od 2.5 do 50 cm („plastic pieces“), omoti za slatkiše (crisp wrappers), industrijski plastični omoti (industrial sheets), plastični zatvarači (plastic caps/lids drinks), štapići za higijenu uha (cotton bud sticks), plastične čaše (plastic cups), mreže za uzgajanje školjkaša (mussels nets), plastični objekti koji se mogu identificirati (identifiable), boce <0.5 (bottles <0.5) i boce >0.5 (bottles >0.5) (Slika 3.).

Slika 3. 10 najzastupljenijih komada otpada za prvo uzorkovanje (15.3.2019.)



Najzastupljeniji komadi otpada za drugo uzorkovanje odnosno za 4. mjesec razlikuju se po redoslijedu zastupljenosti za iste komade otpada te imaju neke druge komade otpada umjesto prijašnjih. Na prvom mjestu za 4. mjesec plastični zatvarači (plastic caps/lids drinks), zatim slijede plastični fragmenti od 2.5 do 50 cm (plastic pieces), plastični zatvarači-ne prehrambeni (plastic caps/lids drinks non food), plastični predmeti koji se mogu identificirati (identifiable), industrijski plastični omoti (industrial sheets), štapići za higijenu uha (cotton bud sticks), plastični prstenovi (plastic rings from bottle caps), boce >0.5 (drink bottles >0.5), kutije za ribu (fish boxes) i slamke i plastične žličice (straws and stirrers) (Slika 4).

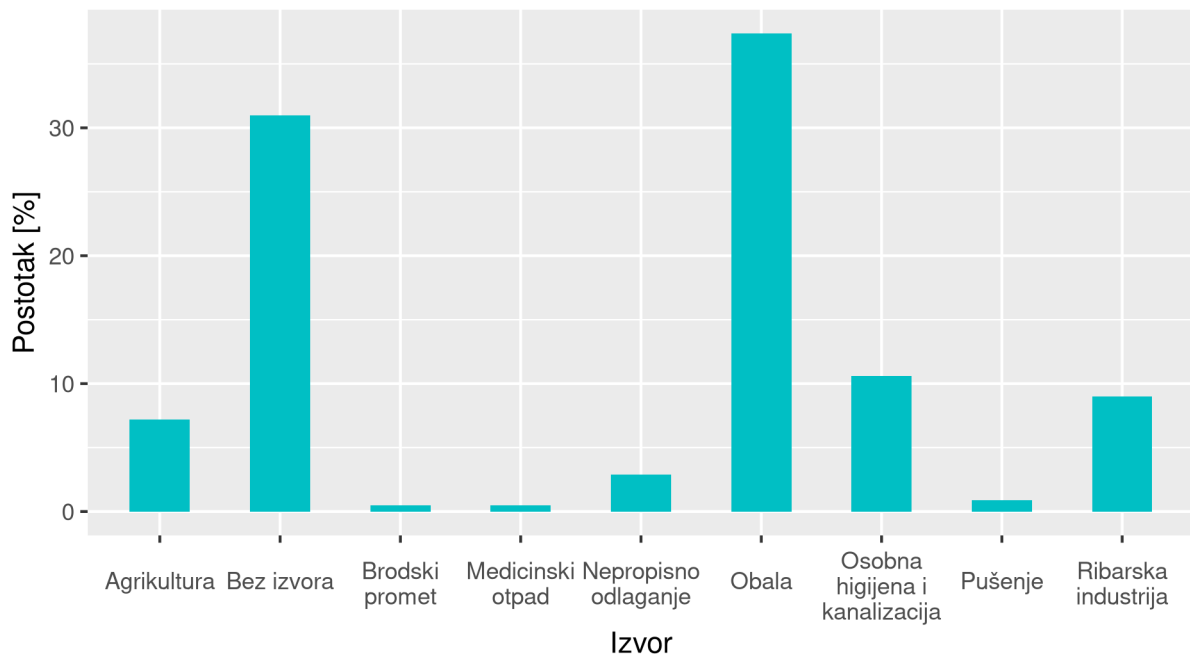
Slika 4. 10 najzastupljenijih komada otpada za drugo uzorkovanje (15.4.2019.)



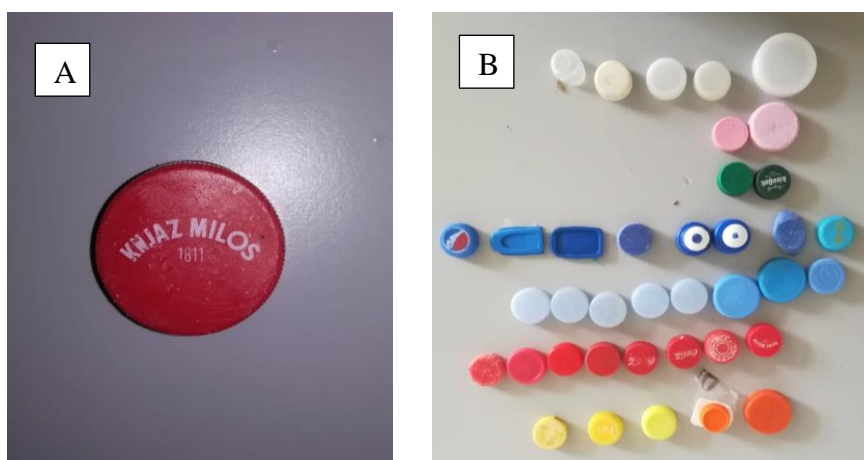
5.3 IZVORI UZORKOVANOG MORSKOG OTPADA

Prilikom proučavanja sakupljeni predmeti svrstani su u jednu od devet različitih kategorija. Odabrane kategorije su: obalni izvori (turizam i rekreacija), poljoprivreda, ribarska industrija, brodski promet, osobna higijena/kanalizacijski sustav, nepropisno odlaganje, medicinski otpad, oprema za pušenje te morski otpad kojima izvor nije mogao biti određen. Najdominantniji izvori bili su obalni izvori (37%) i morski otpad bez izvora odnosno otpad neodređenog izvora (non sourced) (31%). Nakon toga slijedi otpad povezan s osobnom higijenom/kanalizacijom (10%), ribarska industrija (9%), poljoprivreda (7%) i nepropisno odlaganje (3%) te zadnjih 3 % odlazi na opremu za pušenje, brodski promet i medicinski otpad. Važno je napomenuti da su neki komadi otpada mogli puno detaljnije povezati sa izvorom zbog natpisa na samim predmetima. (Slika 5.)

Slika 5. Izvori otpada po kategorijama i postocima



Prilikom identifikacije otpada i traženja odgovarajućeg izvora neki od uzoraka imali su vrlo čitljive natpise i brendove zbog kojih se mogao odrediti specifičniji izvor. Tako su na primjer pronađeni razni plastični zatvarači boca za piće za koje se daljnjim istraživanjem zaključilo da dolaze iz Albanije, Crne gore i Srbije. Neke od kompanija iz navedenih država su albanska kompanija za mliječne proizvode pod nazivom „Lufra“ i srpska kompanija „Knjaz Miloš“ koja se bavi proizvodnjom gaziranih pića (Slika 6.). Za navedene proizvode se pretpostavlja da se ne distribuiraju u Republiku Hrvatsku. Također, na nekim od plastičnih omotača pronađeni su natpisi na grčkom pismu.



Slika 6. Zatvarači za boce (neki od zatvarača ukazuju na izvor kao npr. slika a) Knjaz Miloš)

5.4 METEOROLOŠKI REZULTATI

Statističkom analizom podataka za smjer vjetera za ožujak 2018. i 2019.g. (Slika 7., Slika 8.) za mjesec relevantne za period uzorkovanja ustvrdilo se da postoji značajna razlika koja nam ukazuje na veći broj južnih i jugoistočnih vjetrova u ožujku 2018. na području plaže Sakarun koja je svojim geografskim položajem pozicionirana prema otvorenijem dijelu Jadranskog mora prema jugoistočnom dijelu mora.

Slika 7. T-test na zavisnom uzorku smjera vjetera za ožujak 2018. i 2019. godine (srednja vrijednost, standardna devijacija, broj, stupanj slobode, t-vrijednost, vjerojatnost, interval pouzdanosti)

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet1_(Recovered))										
Marked differences are significant at p < ,05000										
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p	Confidence -95,000%	Confidence +95,000%
318	142,3226	95,5076								
319	204,5806	108,7418	31	-62,2581	110,8573	-3,12689	30	0,003907	-102,921	-21,5953

Slika 8. T-test na zavisnom uzorku smjera vjetera za travanj 2018. i 2019. godine (srednja vrijednost, standardna devijacija, broj, stupanj slobode, t-vrijednost, vjerojatnost, interval pouzdanosti)

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet1_(Recovered))										
Marked differences are significant at p < ,05000										
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p	Confidence -95,000%	Confidence +95,000%
418	180,8667	94,4296								
419	172,3667	112,3954	30	8,500000	159,9271	0,291110	29	0,773039	-51,2178	68,21775

5.5 STOPA AKUMULACIJE

Prilikom istraživanja određenja je stopa akumulacije morskog otpada na obali za razdoblje između prvog i drugog uzorkovanja. Stopa akumulacije za istraživani period (15.03.2019. – 15.04.2019.) iznosila je 12.2 komada plastike po danu.

6. RASPRAVA

Jedinica za gustoću morskog otpada koja se koristila u ovom istraživanju je komad/m² zato što se za potrebe ovog istraživanja pratila procedura DeFishGear projekta (Lippiatt et al., 2013). U prvom uzorkovanju broj komada otpada iznosio je 632 komada, a u drugom uzorkovanju 366 komada otpada. Izračunavanjem gustoće makro otpada za plažu Sakarun utvrđeno je da je plaža u prvom uzorkovanju imala 0.6 komada/m² što je velika razlika u odnosu na prošlogodišnje uzorkovanje (7.8 komada/m²) (Zamora, 2018).

Dobivene rezultate možemo usporediti sa sličnim istraživanjem na istoj lokaciji koje je održano također u dva navrata prijašnje godine (2018). Za 2018. godinu u oba uzorkovanja indeks čistoće obale je prelazio 20 što plažu za to razdoblje svrstava u ekstremno prljavu plažu. Isto tako broj komada otpada po m² je bio za prvo uzorkovanje 7.82, a za drugo uzorkovanje 2.27. te je ukupni broj komada otpada za prvo uzorkovanje bio 3908, a za drugo 1134. (Tablica 1 u Zamora, 2018)

Indeks čistoće obale (CCI) ukazuje na to kako je plaža Sakarun 2018. godine imala status vrlo prljave plaže (extremely dirty) s indeksom čistoće obale koji daleko prelazi najvišu mjernu jedinicu od 20 CCI dok je već sljedeće godine (2019.) za prvo uzorkovanje (15.3. 2019.) imala CCI od 12.64 i za drugo uzorkovanje 7.32 uzorkovanje te postigla status prljava plaža (dirty) i umjereno prljava plaža (moderate).

Podaci sakupljeni za Sakarun 2018. godine su također pokazali da je najveći dio pronađenog morskog otpada umjetni polimerni materijali odnosno plastika. Morski otpad koji je tada po zastupljenosti sakupljen nakon plastike bio je redom drvo, tekstil, guma, staklo, papir, metal i neidentificirani otpad/kemikalije (Zamora, 2018.). Sastav prikupljenog otpada može pružiti korisne informacije u određivanju njegovog podrijetla (Prevenios i sur. 2018.) i može pomoći u smanjenju prisutnosti i negativnog utjecaja morskog otpada na morski okoliš (Munari i sur. 2016).

Ostala istraživanja na Jadranskom moru pokazala su kako Republika Hrvatska od svih država koje su u doticaju s Jadranskim morem ima najveću prosječnu gustoću makro morskog otpada s rezultatom od 2.9 komada/m² (Vlachogiani i sur., 2018.). Osim vjetra i valova koji, utječu na velike količine morskog otpada prikupljenog na plažama, položaj i geomorfologija plaže smatraju se jednako važnima faktorom za akumuliranje otpada na plaži (Critchell i sur., 2015).

Velika gustoća morskog otpada na plažama izloženim otvorenom moru može se objasniti cirkulacijom površinskih struja u Jadranskom moru. Naime, cirkulacija u Jadranskom moru odvija se prema sjeveru duž istočne obale Jadrana, a na jugu duž obale zapadne obale, s nekoliko vrtloga na središnjem i južnom Jadranu. Uz to, geomorfologija istočne obale značajno povećava nakupljanje morskog otpada (Vlachiogianni i sur. 2018).

U gotovo svim provedenim istraživanjima na Sredozemnom moru plastični otpad bio je najzastupljeniji (Prevenious, 2017). U jadransko-jonskoj regiji umjetni polimeri su uglavnom zastupljeni sa 74-91%. (Vlachogiani i sur.,2018) Ovim istraživanjem, za Sakarun za 2019. godinu, dobiveni su vrlo slični rezultati gdje plastika sa svojih gotovo 95% i dalje dominira u odnosu na druge kategorije morskog otpada. Također, istraživanje na Sakarunu provedeno 2018. godine, pokazalo je sličnu distribuciju otpada po kategorijama.

Podaci iz ovoga istraživanja se uvelike poklapaju s najzastupljenijim predmetima pronađenim na istraživanju koji su Mokos i suradnici proveli 2019. godine. Najčešći predmeti pronađeni u istraživanju plaže Sakarun bili su komadi plastike duljine 2,5–50 cm koji predstavljaju 26,3% svih prikupljenih predmeta. Ostali učestali morski otpad u središnjem Jadranu bili su plastični poklopci / poklopci od pića, kutije za ribu stiropor , štapići za uši, cigarete i oprema za pušenje, plastični zatvarači / poklopci od kemikalija i deterdženata, komadići omota za slatkiše, vrpce i uže (promjer manji više od 1 cm) i čaše i poklopci za čaše. (Mokos i sur. , 2019.).

Jedna od glavnih potkategorija pronađenih u ovom istraživanju bili su higijenski štapići za uši što je skladu sa podacima u jadransko-jonskoj regiji (Vlachogiani i sur.,2017). Ovaj komad otpada pronalazi put do mora najčešće kroz kućanstva na način što ih se neadekvatno sanira nakon uporabe putem kanalizacijskih odvoda u kojima se nalaze preveliki filteri koji ne mogu spriječiti daljnju distribuciju tih objekata u more. (OSPAR, 2009; Veiga i sur.,2016; Poeta i sur., 2016) Također, u ovom istraživanju higijenski štapići za uši su bili pri vrhu liste najzastupljenijih objekata po broju.

Zbog razlike u načinu istraživanja koje se koriste za određivanje gustoće morskog otpada na plažama važno je napomenuti da rezultate diljem svijeta nije lako uspoređivati.

Istraživanje provedeno 2019. pokazalo je sličnu zastupljenost kategorija otpada kao iz 2018.g., ali i različiti broj sakupljenih komada otpada što direktno utječe na gustoću otpada te indeks čistoće obale.

Zbog smanjene količine otpada 2019. godine pretpostavljeno je da je u vremenskom periodu prije uzorkovanja (sječanj, veljača) u 2018. godini, puhao veći broj jugoistočnih i južnih vjetrova zato što je uvala u kojoj se nalazi plaža Sakarun orijentirana prema otvorenom moru s kojeg bi južni i jugoistočni vjetrovi nanosili otpad ravno u uvalu. Smanjeni broj otpada 2019. godine je mogao biti posljedica manjeg broja južnih i jugoistočnih vjetrova na području plaže Sakarun. Analizom smjera vjetra za obje godine uzorkovanja primijećena je statistički značajna razlika za ožujak 2018. godine gdje je bilo mnogo više jugoistočnih i južnih vjetrova što je vrlo lako moglo utjecati na veću akumulaciju otpada u nadolazećim mjesecima što je zabilježeno kod Zamora (2018.).

U mnogim istraživanjima utvrđeno je da su najveći izvori morskog otpada koji se akumulira na plažama upravo oni povezani uz obalne aktivnosti kao što su rekreacija i turizam sa 33,4% komada otpada za jadransko-jonsku regiju što je vrlo blizu postotku izračunatom u ovom istraživanju gdje su obalni izvori iznosili 37% ukupnog morskog otpada. (Munari i sur., 2016; Prevenios i sur., 2018), Uz obalne aktivnosti sljedeći najveći postotak zauzimaju neidentificirani izvori dok komadi otpada iz ostalih kategorija, za većinu istraživanja, iznose postotke između 0.1 % i 3.2% (Vlachogiani i sur., 2018). Udio otpada iz priobalnih izvora u ovom istraživanju vrlo je sličan podacima za plaže u Jadranskom i Jonskom moru, koji iznosi 33,4% (Vlachogianni i sur., 2018), ali je niži od mediteranskog prosjeka od 52% (UNEP / MAP MEDPOL, 2011).

Međutim, značajan dio otpada dolazi i direktno sa morskih izvora. U ovom istraživanju ribarska industrija bila je odgovorna za 9% ukupnog otpada. Ribarstvo i akvakultura bili su znatni izvor morskog otpada na središnjem hrvatskom Jadranu iznosili su 12,66%, ali rezultati su niži od zabilježenih za sjeverozapadni dio Jadrana te su iznosili 16,8% (Munari i sur., 2016).

7. ZAKLJUČAK

Obalni izvori kao što su rekreacija i turizam su vrlo zastupljeni na plažama i u priobalnom području doprinose povećanom broju predmeta za jednokratnu upotrebu koji neadekvatnim odlaganjem završavaju u moru. Rezultati ovog istraživanja mogu doprinijeti podizanju svijesti i edukaciji ljudi o posljedicama neodgovornog odlaganja otpada kao i ukazati na veliki nedostatak u radu institucija i sustava koji su odgovorni za upravljanje otpadom.

Za vrijeme istraživanja prikupljeno je ukupno 998 komada otpada. U prvom uzorkovanju prikupljeno je 632 komada, a u drugom uzorkovanju prikupilo se 366 komada. U oba uzorkovanja najviše je bilo komada otpada od plastike. Od ukupnog broja komada otpada, u prvom uzorkovanju sakupljeno je 63.327% komada otpada. Nakon plastike po zastupljenosti slijedi obrađeno drvo (1.8%), tekstil/odjeća (1.4%), staklo/keramika (0.6%) i naposljetku guma, papir i neidentificirani/kemikalije (svaki po 0.4%).

Najdominantniji izvori bili su obalni izvori (37%) i morski otpad bez izvora odnosno otpad neodređenog izvora (non sourced) (31%).

Također, u ovom istraživanju se došlo do zaključka da meteorološke pojave kao što su vjetar i valovi mogu imati učinka na količinu akumuliranog otpada, ali prije potvrde ovakve pretpostavke treba se provesti puno detaljnije istraživanje na tu temu.

8. ZAHVALE

Posebno se zahvaljujem mentorici dr.sc. Meliti Mocos te timu iz Javne ustanove za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode na području Zadarske županije „Natura Jadera“ i studentima Sveučilišta u Zadru koji su odvojili svoje vrijeme kako bi mi pomogli pri uzorkovanju morskog otpada. Također im se zahvaljujem na svim savjetima koje su mi pružili prilikom ovog istraživanja.

9. POPIS LITERATURE

Alkalay R., Galia Pasternak, Alon Zask, 2007. Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment

Browne, M.A., 2015. Sources and pathways of microplastic to habitats. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Berlin, pp. 229–244. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>.

Cheshire A. C., 2009. UNEP/IOC Guidelines on survey and monitoring of marine litter. 2009 UNEP Regional Seas Reports & Studies 186; IOC Technical Series, 83.

Cózar A., Sanz-Martín M., Martí E., González-Gordillo J.I., Ubeda B., Gálvez J.Á., Irigoien X., Duarte C.M., 2015. Plastic accumulation in the Mediterranean Sea. *PLoS One* 10 (4), e0121762.

Derraik J. G. B. 2002 The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 44, 842–852 (doi:10.1016/S0025-326X(02)00220-5)

Frederic T. Short Natural and human-induced disturbance of seagrasses

Thompson G., R., Amato, E., Birkun, A., Jansse, C., 2010. Marine Strategy Framework Directive Task Group

Galgani, F., Fleet, D., van Franeker, J., Katsanevakis, S., Maes, T., Mouat, J., Oosterbaan, L., Poitou, I., Hanke,

Critchell K. 2015 Modelling the fate of marine debris along a complex shoreline: Lessons from the Great Barrier Reef

Kauffman, J., Brown, M., 1991. California marine debris action plan. In: Magoon, O.T., Converse, H., Tippie, V., Tobin, L.T., Clark, D. (Eds.), *Coastal Zone '91. Proceedings of the Seventh Symposium on Coastal and Ocean Management*, pp. 3390–3406 (Long Beach, California, July 8–12, 1991).

Lacombe H, Gascard JC, Gonella J, Bethoux JP. Response of the Mediterranean to the water and energy fluxes across its surface, on seasonal and interannual scales. *Oceanologica Acta*. 1981; 4(2):247–255.

Liu T-K., Wang M-W., Chen P., 2013. Influence of waste management policy on the characteristics of beach litter in Kaohsiung, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin* 72: 99106.

Lovejoy T.E., 1997. Biodiversity: what is it? In: Reaka-Kudla, M.K., Wilson, D.E., Wilson, E.O. (Eds.), *Biodiversity II: Understanding and Protecting our Biological Resources*. Joseph Henry Press, Washington DC, pp. 7–14

Mokos M. Irene Zamora Martinez, Ivana Zubak Is central Croatian Adriatic Sea under plastic attack? Preliminary results of composition, abundance and sources of marine litter on three beaches

Munari C., Scoconi M., Mistri M., 2017. Plastic debris in the Mediterranean Sea: Types, occurrence and distribution along Adriatic shorelines. *Waste Management* 67: 385-391.

Munari, C., et al. Marine litter on Mediterranean shores: Analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches. *Waste Management* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.010>

Olin, R., Carlsson, B., Stahre, B., 1994. The west coast of Sweden — the rubbish tip of the North Sea. In: Earll, R. (Ed.), *Coastal and Riverine Litter: Problems and Effective Solutions*. Marine Environmental Management and Training, Kempsey, Glos., UK, pp. 12–14.

OSPAR, 2009. *Marine Litter in the North-East Atlantic Region: Assessment and Priorities for Response*. London, United Kingdom.

Poeta G., Battisti C., Bazzichetto M., Acosta A. T. R., 2016. The cotton buds beach: Marine litter assessment along the Tyrrhenian coast of central Italy following the marine strategy framework directive criteria. *Marine Pollution Bulletin* 113 (1–2): 266–270.

Prevenious M. et al. Beach litter dynamics on Mediterranean coasts: Distinguishing sources and pathways(2017.)

Romano, B., Zullo, F., 2014. The urban transformation of Italy's Adriatic coastal strip: Fifty years of unsustainability. *Land Use Policy* 38, 26–36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.10.001>.

Lippiat S., 2013 *Marine debris monitoring and assessment: recommendations for monitoring debris trends in the marine environment*

S.C.GallR.C.Thompson The impact of debris on marine life
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.041>

Sarafraz, mahdi rajabizadeh and ehsan kamrani, 2016. The preliminary assessment of abundance and composition of marine beach debris in the northern Persian Gulf, Bandar Abbas City, Iran

Seltenrich N. New link in the food chain? Marine plastic pollution and seafood safety. 2015

Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, M. G Duda, X.-Y. Huang, W. Wang, and J. G. Powers, 2008: A Description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR, 113 pp. doi:10.5065/D68S4MVH

Toman, I., 2019, MeteoAdriatic Climate Research Database, dostupno na <http://crd.meteoadriatic.net>

Torresan, S., Critto, A., Rizzi, J., Marcomini, A., 2012. Assessment of coastal vulnerability to climate change hazards at the regional scale: the case study of the North Adriatic Sea. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 12, 2347–2368. <http://dx.doi.org/10.5194/nhess-12-2347-2012>.

UNEP/MAP MEDPOL, 2011. Results of the Assessment of the Status of Marine Litter in the Mediterranean Sea. UNEP/MAP(DEPI)/MED WG.357/Inf.4.

UNEP/MAP, 2015. Marine Litter Assessment in the Mediterranean. ISBN No: 978-92807-3564-2.

UNEP/MAP-Plan Bleu. State of the Environment and Development in the Mediterranean. Athens: United Nations Environment Program—Mediterranean Action Plan; 2009.

Van Sebille E., Wilcox C., Lebreton L., Maximenko N., Denise Hardesty B., van Franeker J.A., Eriksen M., Siegel D., Galgani F., Lavender Law K., 2015. A global inventory of small floating plastic debris. Environmental Research Letters 10(12): 124006.

Veiga J.M., Fleet D., Kinsey S., Nilsson P., Vlachogianni T., Werner S., Galgani F., Thompson R.C., Dagevos J., Gago J., Sobral P., Cronin R., 2016a. Identification of Sources of Marine Litter. MSFD GES TG Marine Litter Thematic Report. JRC Technical Report.

Vlachogianni T., Fortibuoni T., Ronchi F., Zeri C., Mazziotti C., Tutman P., Bojanic D., Palatinus A., Trdan S., Peterlin M., Mandic M., Markovic O., Prvan M., Kaberi H., Prevenios 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.

Vlachogianni, Th., Anastasopoulou, A., Fortibuoni, T., Ronchi, F., Zeri, Ch., 2017. Marine Litter Assessment in the Adriatic and Ionian Seas. IPA-Adriatic DeFishGear Project, MIO-ECSDE, HCMR and ISPRA. pp. 168 (ISBN: 978-960-6793-25-7)

Weatherclasses.com, Computing wind direction and speed from u and v, dostupno na http://weatherclasses.com/uploads/3/6/2/3/36231461/computing_wind_direction_and_speed_from_u_and_v.pdf

Whiting, S., 1998. types and sources of marine debris in Fog Bay, Northern Australia. *Mar.Pollut. Bull.* 36 (11), 904–910.

Zamora Martinez, I., 2018. Monitoring and analysis of marine litter on beaches of Zadar area, završni rad