Istraživanje kružnih oštećenja u naseljima posidonije duž istočne obale Jadrana

Fedel, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:840862

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Kristina Fedel

ISTRAŽIVANJE KRUŽNIH OŠTEĆENJA U NASELJIMA POSIDONIJE DUŽ ISTOČNE OBALE JADRANA

Diplomski rad

Zagreb, 2015.

Ovaj rad, izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta pod vodstvom doc. dr. sc. Tatjane Bakran-Petricioli i izv. prof. dr. sc. Stewarta Schultza s Pomorskog odjela Sveučilišta u Zadru, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra ekologije i zaštite prirode (mag. oecol. et prot. nat.).

ZAHVALA

Najljepše zahvaljujem voditeljima doc. dr. sc. Tatjani Bakran-Petricioli i izv. prof. dr. sc. Stewartu Schultzu na dragocjenoj pomoći, razumijevanju i vodstvu tijekom izrade diplomskog rada.

Želim zahvaliti i svojoj obitelji, a posebno roditeljima koji su uvijek uz mene i podržavaju me u svakom mom životnom izboru. Zahvaljujem im na tome što su mi uvijek spremni pomoći ali i objektivno kritizirati, kada je to potrebno.

Zahvaljujem i prijateljima koji su uvijek bili tu da mi pruže pomoć i da me oraspolože.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

ISTRAŽIVANJE KRUŽNIH OŠTEĆENJA U NASELJIMA POSIDONIJE DUŽ ISTOČNE OBALE JADRANA

Kristina Fedel

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Prema Direktivi o staništima Europske Unije, naselja posidonije predstavljaju prioritetna staništa. U Republici Hrvatskoj su ona zakonom zaštićena. Naselja posidonije se uglavnom nalaze u plitkim obalnim područjima u kojima su ugrožene mnogim ljudskim aktivnostima. Nedavno su na zračnim snimkama hrvatskog dijela Jadrana, na nekoliko lokacija, uočena kružna oštećenja u naseljima posidonije za koja se smatra da postoje već više od 10 godina. Na nekim lokacijama ta se oštećenja nalaze u pravilnim nizovima na obalama udaljenijih otoka, a na nekim lokacijama su smještena nasumično i ponekad se preklapaju. Cilj ovog rada bio je utvrditi područje i karakteristike tih oštećenja, te istražiti da li postoji grupiranje oštećenja obzirom na veličinu, dubinu, te udaljenost od ljudskog naselja. Za pregled obale korišteni su, javno dostupni, ARKOD i „Google Earth“ internetski preglednici. Zabilježeno je 476 kružnih oštećenja u naseljima posidonije u hrvatskom dijelu Jadrana, od kojih je 117 bilo u pravilnim nizovima duž obala otoka i kopna. Za utvrđenih 15 nizova napravljena je osnovna deskriptivna statistika. Rezultati ukazuju da je nastanak oštećenja vjerojatno uzrokovan utjecajem više raznih ljudskih aktivnosti, koje bi mogle biti povezane s podmorskim eksplozijama.

(47 stranica, 31 slika, 17 tablica, 17 literaturnih navoda, jezik izvornika:hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici
Ključne riječi: *Posidonia oceanica* (L.) Delile, oštećenje staništa, podmorske eksplozije, hrvatska obala
Voditelj 1: Dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli, docent, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Voditelj 2: Dr. sc. Stewart Schultz, izvanredni profesor, Pomorski odjel, Sveučilište u Zadru
Ocjenitelji: Doc. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli, Izv. prof. dr. sc. Mirta Tkalec, Doc. dr. sc. Duje Lisičić
Rad prihvaćen:5.2.2015.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

RESEARCH OF CIRCULAR PATTERN DAMAGE TO POSIDONIA MEADOWS ALONG THE EASTERN ADRIATIC SEA

Kristina Fedel

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Posidonia oceanica (L.) Delile meadows represent priority habitat according to the European Union Habitats Directive. In Croatia they are legally protected habitats. Meadows are located in the shallow coastal areas under the threat of numerous human activities. Recently, aerial photos of the Croatian part of the Adriatic have revealed several locations of circular damage to *Posidonia* meadows extending back in time over a decade. In some locations these circles exist as a regular linear series on remote island shores, and at other locations they appear haphazardly positioned and sometimes overlapping. The aim of this study was to determine the area and characteristics of this circular damage, and whether they belong to a particular group considering the size, depth, and distance from human settlements. Publicly available internet browsers, ARKOD and "Google Earth", were used to view and inventory the circular pattern damage in *Posidonia* meadows. We detected 476 damage circles along the Croatian coast of the Adriatic, and 117 of them form regular series. For those 15 series we conducted the basic descriptive statistics. The results indicate that the occurrence of damage is likely caused by the influence of a variety of human activities, which might be associated with underwater explosions.

(47 pages, 31 figures, 17 tables, 17 references, original in Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library
Key words: *Posidonia oceanica* (L.) Delile, habitat damage, underwater explosions, Croatian coast
Supervisor 1: Dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli, Asst. Prof., Faculty of Science, University of Zagreb
Supervisor 2: Dr. sc. Stewart Schultz, Assoc. Prof., University of Zadar
Reviewers: Asst. Prof. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli, Assoc. Prof. dr. sc. Mirta Tkalec, Asst. Prof. dr.sc. Duje Lisičić
Thesis accepted: 5.2.2015.

SADRŽAJ

1. UVOD.....1
1.1. Obilježja vrste *Posidonia oceanica* (L.) Delile.....1
1.1.1.Biološka obilježja…….....1
1.1.2.Ekološka obilježja…….....3
1.2. Nastanak i tipovi naselja posidonije…….....….4
1.3. Uloga i značaj naselja posidonije u morskom ekosustavu.....8
1.4. Ugroženost i zaštita naselja posidonije.....9
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....12
3. MATERIJALI I METODE.....13
3.1. Izrada baze podataka o kružnim oštećenima u posidoniji u Republici Hrvatskoj.....13
3.2. Statistička obrada podataka.....14
4. REZULTATI.....15
4.1. Osnovni statistički podaci za sva kružna oštećenja u posidoniji.....15
4.2. Otok Unije.....19
4.3. Otoci Vele i Male Srakane.....20
4.4. Otok Ilovik.....21
4.5. Otok Premuda…….....….22
4.6. Otok Molat…….....23
4.7. Dugi otok…….....24
4.8. Otok Kornat….....……..27
4.9. Otok Prvić…….....….28
4.10. Otok Šolta…….....…….29
4.11. Otok Vis…….....……..30
4.12. Poluotok Pelješac…….....……32
4.13. Cavtat…….....…33
4.14. Udaljenost kružnih oštećenja u posidoniji od obale….....….....34
4.15. Udaljenost kružnih oštećenja u posidoniji od ljudskih naselja…….....….....36
4.16. Promjer kružnih oštećenja u posidoniji…….....38
5. RASPRAVA…….....40
6. ZAKLJUČAK…….....44
7. LITERATURA…….....45
ŽIVOTOPIS

1.1. OBILJEŽJA VRSTE *Posidonia oceanica* (L.) Delile

1.1.1. Biološka obilježja

Vrsta: *Posidonia oceanica* (L.) Delile

Rod: *Posidonia*

Porodica: Posidoniaceae

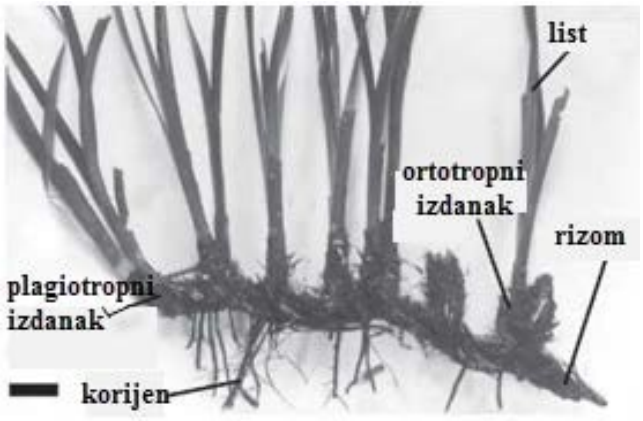
Red: Alismatales

Razred: Monocotyledonae

Slika 1. Vrsta *Posidonia oceanica* (L.) Delile **(**preuzeto sa http://doris.ffessm.fr/)

Posidonia oceanica (L.) Delile (slika 1) je morska cvjetnica rasprostranjena gotovo u čitavom Mediteranu osim oko Gibraltara, egipatske obale (delta Nila), Palestine, Izraela, Libanona, Mramornog i Crnog mora, krajnjeg sjevera Jadrana i duž obale pokrajine Languedoc (Francuska) (Boudouresque i sur., 2012). Endem je Mediterana, te se nalazi na Crvenom popisu algi i morskih cvjetnica Republike Hrvatske (Antolić i sur., 2011).

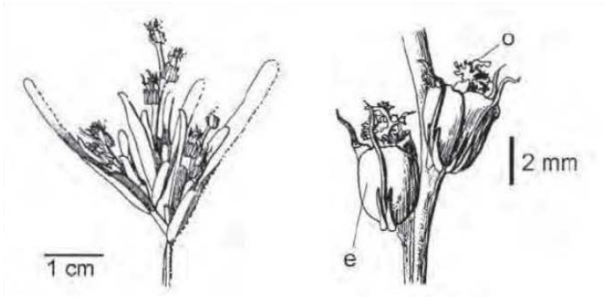
Kao i sve ostale morske cvjetnice smatra se da je evoluirala od kopnenih Magnoliophyta koje su se prije 120-100 milijuna godina vratile životu u moru (Boudouresque i sur., 2012). Za razliku od algi ima razvijen pravi korijen, stabljiku, list i cvijet. Puzajuća stabljika – rizom - zakopana je u sediment. Za sediment je pričvršćena korjenčićima koji mogu prodrijeti i do 70 cm u podlogu. Rizomi mogu biti položeni na podlogu (plagiotropni) ili mogu biti uspravni (ortotropni) (slika 2). Ovisno o dostupnom prostoru jedan oblik može prelaziti u drugi. Rastu prosječnom brzinom od 6 cm godišnje. Na rizomima rastu izdanci s po 4 do 8 listova koji su 8 do 11 mm široki i 20 do 80 cm dugi (Boudouresque i sur., 2012).



Slika 2. Građa posidonije (preuzeto iz Boudouresque i sur., 2012)

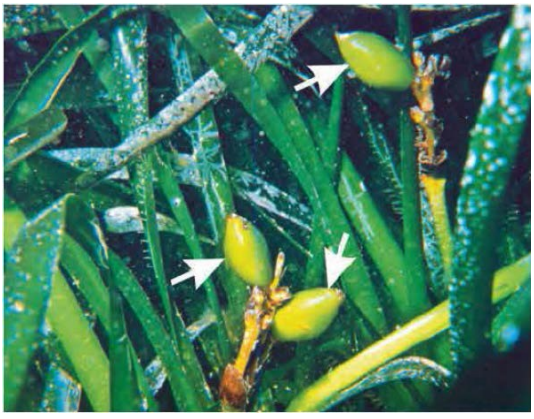
Listovi su tamnozeleni, trakasto uski, na vrhu tupo ili blago zaobljeni. Novi listovi izbijaju cijele godine, a žive 5 do 8 mjeseci. Juvenilni listovi su kraći od 5 cm, intermedijarni listovi su duži od 5 cm, ali nemaju razvijenu peteljku, a odrasli listovi su oni koji su završili s rastom i imaju formiranu peteljku. Kada listovi odumru biljka odbacuje plojke, a peteljka ostaje na rizomu. Odbacivanje odumrlih listova događa se jedanput godišnje, u jesen. Odbačeni listovi se zatim, nošeni morskim strujama, nakupljaju na morskim obalama. Rizomi i peteljke odbačenih listova na njima se sporo raspadaju, tako da mogu opstati i nekoliko tisuća godina (Boudouresque i sur., 2012).

Cvjetovi se formiraju u jesen od rujna do studenog. U isto vrijeme se formira 4 do 10 i muških i ženskih cvjetova, tako tvoreći cvat na vrhu 10 do 30 cm duge stabljike (slika 3). Vrsta ne cvjeta svake godine, pogotovo u hladnijim vodama (Boudouresque i sur., 2012).



Slika 3. Cvat (lijevo) i cvijet (desno) posidonije (preuzeto iz Boudouresque i sur., 2012)

Plodovi kod posidonije dozrijevaju 6 do 9 mjeseci. Početkom ljeta otpadaju i plutaju neko vrijeme nošeni morskim strujama. Tamnozelene do tamnosmeđe su boje, a oblikom i veličinom podsjećaju na plod masline (slika 4). Sadrže samo jednu sjemenku koja rijetko proklije.



Slika 4. Plod posidonije (preuzeto iz Boudouresque i sur., 2012)

Iako može doći do spolnog razmnožavanja, posidonija se uglavnom razmnožava vegetativno, fragmentacijom. Dijelovi rizoma s izdancima bivaju odvojeni i nošeni morskim strujama, padaju na dno, gdje se onda iz njih razviju nove jedinke koje su potpuno jednake jedinki od koje su potekle (klon). U povoljnim uvjetima posidonija može na taj način naseliti i do 3 ha godišnje. Osim fragmentacije zapažen je još jedan oblik razmnožavanja posidonije koji se naziva pseudo-viviparija. Kod ovog načina razmnožavanja također nastaju klonovi. Vegetativne propagule se formiraju direktno na cvatu, te zamijene organe za spolno razmnožavanje. Ovakav način razmnožavanja doprinosi rasprostranjivanju na kratke udaljenosti. Trenutno se još ne zna da li se ovakav način razmnožavanja događa samo na određenim lokacijama i u određenim okolišnim uvjetima ili obuhvaća i populacije u većem dijelu Mediterana (Boudouresque i sur., 2012).

Zbog rijetkog cvjetanja i proizvodnje sjemenki, te zbog samooprašivanja genetska raznolikost različitih populacija posidonije u Mediteranu vrlo je niska, što bi mogao biti jedan od razloga nižeg praga tolerancije na promjene u okolišu (Boudouresque i sur., 2012).

1.1.2. Ekološka obilježja

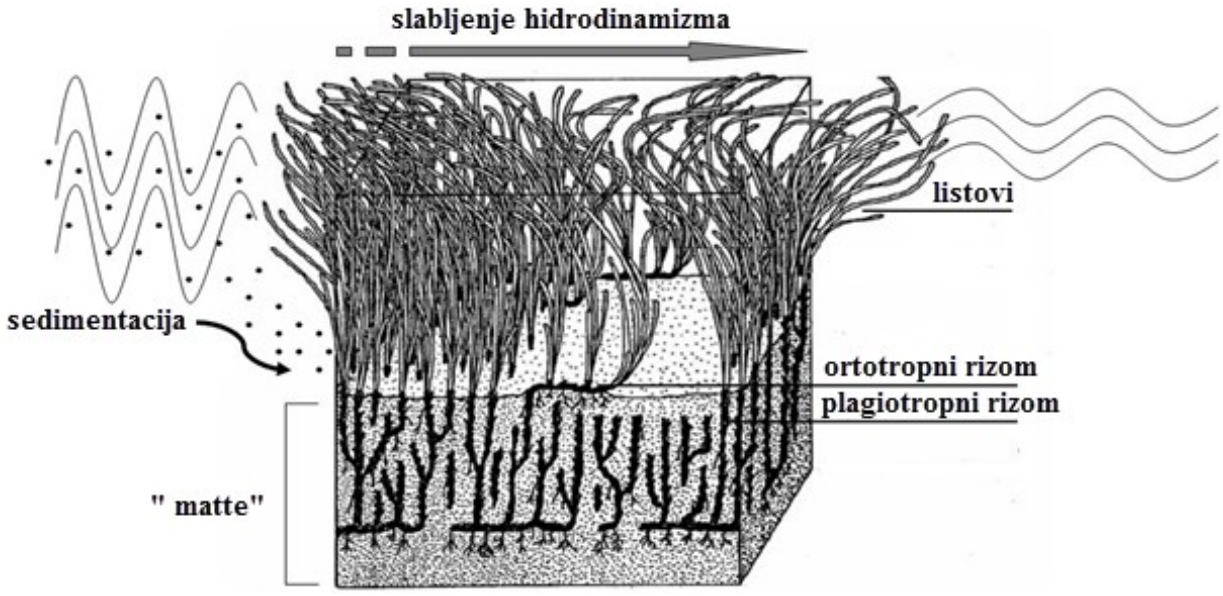
Posidonija se pojavljuje u pojasu od površine mora do 35-40 m dubine (Pergent i sur., 2012). U mirnim uvjetima može se razviti blizu površine mora. Maksimalna dubina na kojoj raste ovisi o prozirnosti vode i jakosti hidrodinamičkih procesa. Čimbenici koji utječu na rast posidonije su: svijetlost, salinitet, temperatura. Svijetlost je jedan od najvažnijih čimbenika koji utječu na distribuciju i gustoću posidonije. Posidonija je izrazito fotofilna, te raste do dubine do koje još ima puno svjetlosti. Njen donji rub rasprostranjenosti ovisi o intenzitetu svjetlosti. Salinitet niži od 33 promila uzrokuje odumiranje posidonije, zbog toga je nema u Mramornom moru i brakičnim lagunama, te tamo gdje postoje izvori slatke vode pod morem. Naprotiv, otpornost posidonije je veća na povišeni salinitet (41 promil). Zbog toga se pojavljuje u hipersalinim lagunama Tunisa i Libije, gdje je vitalnost populacija jednaka ili viša od one u otvorenom moru. Temperaturni raspon koji može tolerirati je između 9 i 29 °C . To objašnjava izostanak posidonije iz većeg dijela sjevernog Jadrana gdje su zbog male dubine mora velike ljetne i zimske oscilacije temperature (Boudouresque i sur., 2012).

Jaki hidrodinamički procesi ne pogoduju rastu posidonije. Snažne oluje uzrokuju otkidanje jedinki od supstrata, te erodiraju sediment u livadama posidonije. Uz to jaki valovi sprečavaju rast jedinki pliće od 1 do 2 m od površine mora.

1.2. NASTANAK I TIPOVI NASELJA POSIDONIJE

Većina morskih cvjetnica, pa tako i posidonija, stvara prostrana naselja na morskom dnu. Na sedimentu prvotno dolazi do stvaranja pletera („matte“) koji tvore isprepleteni rizomi i korijenje. Ova podloga sprječava da morske struje odnesu sediment. Sediment je kombinacija autohtonih i alohtonih čestica. Autohtone čestice nastaju ugibanjem epibionata koji žive na listovima posidonije. Nasuprot tome, alohtone čestice dospijevaju u sediment zbog gustoće listova unutar livade koji usporavaju brzinu strujanja vode što uzrokuje padanje čestica koje one donose na dno (slika 5) (Boudouresque i sur., 2012).

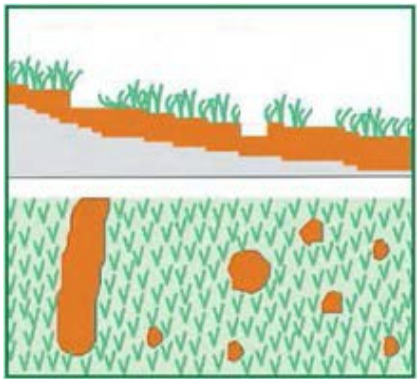
Rizomi, peteljke odbačenih listova i korijenje sporije odumiru od listova, pa se mogu više stoljeća očuvati unutar livade. Izdanci posidonije se odupiru zatrpavanju sedimentom rastom u visinu, te tako postepeno dolazi do podizanja cijelog naselja (slika 5).



Slika 5. Shematski prikaz naselja posidonije i njegov utjecaj na stabilizaciju sedimenta i redukciju hidrodinamizma (preuzeto sa www.biomedcental.com)

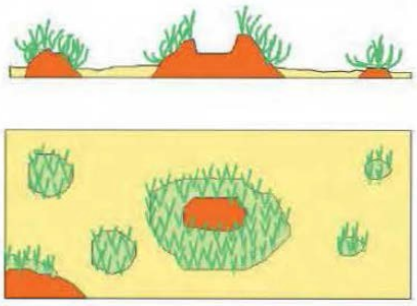
Naselja posidonije mogu biti različitih morfostrukturnih tipova. Tip naselja koji će nastati na nekom supstratu direktno ovisi o hidrodinamizmu vode, morskim strujama i temperaturi vode. Gustoća izdanaka, dužina listova, broj listova po izdanku i biomasa nisu ovisni o tipu naselja. Do sada je opisano šest tipova naselja (engl. meadows): jednostavna livada, brdovita livada, prugasta livada, stepeničasta livada, valovita livada, te livada u obliku glave šećera („sugar loaf“) (Boudouresque i sur., 2012).

Jednostavna livada je najčešći tip livade u Mediteranu (slika 6). Naselje je uglavnom neprekinuto, horizontalno ili blago nagnuto, samo ponegdje prekinuto erozijskim strukturama i podlogom sačinjenom od mrtvog pletera rizoma.



Slika 6. Profil (gore) i tlocrt (dolje) jednostavne livade posidonije
(preuzeto iz Boudouresque i sur., 2012)

Brdovita livada je manje česta od jednostavne, te se pojavljuje na većim dubinama (15 do 30 m) gdje je izraženiji hidrodinamizam (slika 7). Dijelovi pletera s izdancima tvore „brda“ koja se šire i rastu, a najčešće su okružena pijeskom. Zbog slabijeg zadržavanja sedimenta unutar naselja, rizomi su osjetljiviji na oštećenja, te se stvara jedna vrsta međupodloge. Tijekom vremena se međupodloga širi, uništavajući „brdo“ (Boudouresque i sur., 2012).

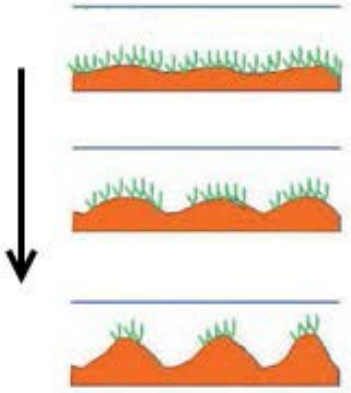


Slika 7. Profil (gore) i tlocrt (dolje) brdovite livade posidonije
(preuzeto iz Boudouresque i sur., 2012)

Prugasta livada (slika 8) se pojavljuje uglavnom u plitkim vodama (na manje od 10 m dubine). Karakteriziraju je 1 do 2 m široke pruge posidonije. Ove pruge mogu biti dugačke i do nekoliko kilometara, a razdvaja ih podloga koju tvori mrtvi pleter rizoma. Svaka pruga pomiče se paralelno, protiv dominantne struje, brzinom od 10 cm godišnje. Često se unutar ovakvog tipa livade, u jako plitkim vodama, formiraju i mala kružna naselja posidonije koja se nazivaju mikro-atoli.

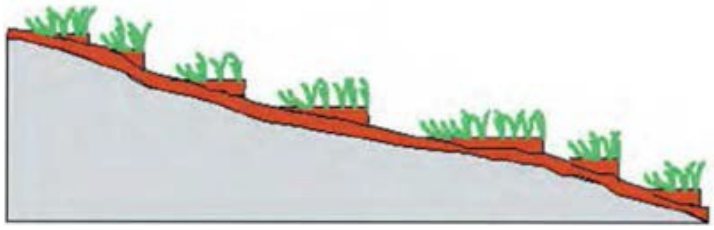
Slika 8. Fotografija prugaste livade (preuzeto iz Boudouresque i sur., 2012)

Livada koja se formira u oblik glava šećera („sugar loaf“) u početku je jednostavna, plitka livada (slika 9). Zbog visoke temperature veći dio livade ugiba, osim ponekih manjih kružnih dijelova. Ti se živi dijelovi naselja nastavljaju uzdizati prema površini, a istovremeno se njihov dijametar smanjuje tvoreći tako karakteristične strukture koje izgledaju kao glave šećera (Boudouresque i sur., 2012).



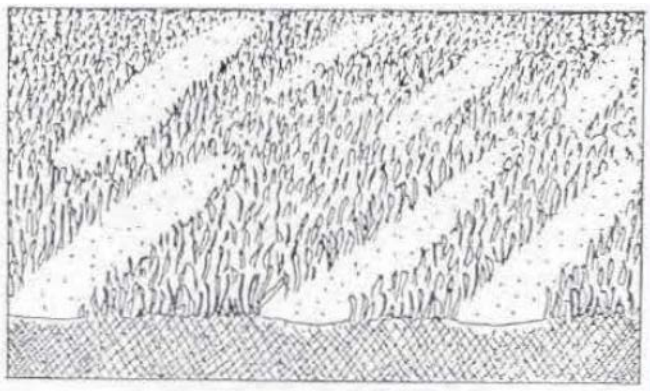
Slika 9. Nastanak livade u obliku glave šećera („sugar loaf“)
(preuzeto iz Boudouresque i sur., 2012)

Stepeničasta livada formira se na čvrstom supstratu s relativno strmim nagibom (slika 10). Postanak joj je sličan kao i prugastoj livadi. Paralelne pruge posidonije pomiču se duž nagiba, suprotno morskoj struji. Potrebno je nekoliko stoljeća da bi jedna „stepenica“ došla s dna na vrh nagiba, gdje zatim biva uništena djelovanjem valova i oluja (Boudouresque i sur., 2012).



Slika 10. Profil stepeničaste livade posidonije
(preuzeto iz Boudouresque i sur., 2012)

Posljednji, do sada opisan, tip livade posidonije je valovita livada (slika 11). Pojavljuje se između 25 i 40 m dubine, na gotovo horizontalnoj podlozi. Karakteriziraju je široke, paralelne pruge posidonije, vrlo malo uzdignute, odvojene paralelnim prugama pijeska pokrivenog odbačenim listovima (Boudouresque i sur., 2012).



Slika 11. Presjek i perspektiva valovite livade
(preuzeto iz Boudouresque i sur., 2012)

1.3. ULOGA I ZNAČAJ NASELJA POSIDONIJE U MORSKOM EKOSUSTAVU

Naselja posidonije imaju važnu ekološku i ekonomsku ulogu u morskom ekosistemu. Ona stabiliziraju morsko dno, ublažavaju valove i zadržavaju čestice sedimenta. Služe kao indikator kvalitete vode, te fiksiraju i pohranjuju ugljik (Pergent i sur., 2012). Mogu poslužiti i kao bioindikatori za procjenu zdravstvenog statusa morskog okoliša. Njihova indikatorski potencijal može se pratiti na tri razine. Individualna razina odnosi se na fenologiju cvjetnice (pogotovo biometrija lista), koja pruža informacije o statusu i uvjetima rasta jedinke. Populacijska razina odnosi se na strukturu (gustoća i/ili pokrivenost) i morfologiju naselja (prisutnost regresivnih struktura, mrtvog pletera rizoma, itd.) koje predstavljaju karakteristična obilježja ekoloških uvjeta. Razina zajednice ukazuje na to da su flora i fauna (epifiti i epibionti), povezani s naseljem jednako tako podložni promjenama u okolišu kao i samo naselje posidonije (Montefalcone, 2009).

Primarna produkcija u livadama posidonije je vrlo visoka, 45-542 g C m² godina^{-1} (Pergent i sur., 2012). Godišnja primarna produkcija listova u korelaciji je s gustoćom izdanaka i indirektno se procjenjuje brojem izdanaka na m² (Personnic i sur., 2014). Produkcija livade posidonije može se podijeliti na dvije komponente: primarna produkcija same posidonije i primarna produkcija epifita (Boudouresque i sur., 2012).

Posidonija je bogata celulozom, ligninom i fenolnim spojevima koje može konzumirati samo mali broj herbivornih vrsta npr. salpa (*Sarpa salpa)*; hridinski ježinac (*Paracentrotus lividus*). Samo 10 % primarne produkcije koriste herbivori, dok glavninu čini odbačeno lišće (24-85 %), koje onda postaje izvor hrane za detritivorne organizme. Glavni put prijenosa primarne produkcije listova posidonije na više trofičke razine jest kroz detritivore koji konzumiraju odbačeno lišće (Vizzini i sur., 2002).

Zbog visokog stupnja primarne produkcije, naselja posidonije su i bitan izvor kisika u moru. Ustanovljeno je da na dubini od 10 m, 1 m² naselja proizvodi i do 14 l kisika na dan. Naselja ujedno imaju i veliku strukturalnu kompleksnost i široku raznolikost staništa, te predstavljaju bazu hranidbene mreže. Važna su u organizaciji životinjskih zajednica i kontroli raznolikosti vrsta, te su jedinstvena žarišna točka morske bioraznolikosti (Boudouresque i sur., 2012). Mnogi organizmi koriste naselja posidonije kao zaklon, izvor hrane, mjesto razmnožavanja i/ili razvoja. Organizmi mogu živjeti iznad listova, na listovima, ispod listova, na rizomima, te na sedimentnoj podlozi livade (Pergent i sur., 2012).

Osim biološke i ekološke uloge naselja posidonije imaju i fizičku i ekonomsku ulogu u morskom ekosistemu. Fizička uloga je u sposobnosti naselja da zadržavaju sediment, pospješujući taloženje čestica koje se nalaze u vodenom stupcu što povećava prozirnost vode, ublažavaju hidrodinamizam (i do 20 %), te smanjuju resuspenziju sedimenta tijekom oluja (Boudouresque i sur., 2012). Formiranjem naslaga odbačenog lišća na obalama (do 2 m visoke i 20 m široke) utječu na smanjenje erozije obalnog područja, te stabiliziraju obalu (Pergent i sur., 2012). Ekonomska uloga rezultat je ekološke i fiziološke važnosti naselja posidonije koja se očituje u njihovoj visokoj biološkoj produkciji, te ulozi koju imaju kao mrjestilišta i rastilišta za brojne, komercijalno važne vrste. Obzirom da poboljšavaju kvalitetu (prozirnost) vode, te štite obale od erozije, imaju važan utjecaj i na razvoj turizma. Sveukupnu ekonomsku vrijednost naselja posidonije teško je procijeniti jer bi trebalo uzeti u obzir direktan (ribolov, ronjenje) i indirektan (zaštita obale, oksigenacija vode) profit. Međutim, smatra se da je to jedan od ekosistema s najvećom ekonomskom vrijednosti, za koju se procjenjuje da je deset puta veća od vrijednosti tropskih šuma i tri puta veća od vrijednosti koraljnih grebena (Boudouresque i sur., 2012).

1.4. UGROŽENOST I ZAŠTITA NASELJA POSIDONIJE

Otpornost naselja posidonije je razmjerno velika, što je omogućilo vrsti da se nastani u većem dijelu Mediterana. Ujedno, to objašnjava i zašto je uspjela opstati i nakon nekoliko tisuća godina ljudskog utjecaja, klimatskih promjena i neprestanog porasta razine mora. Unatoč tome, kroz 20. stoljeće, unutar Mediterana, zabilježeno je smanjenje područja pod naseljima posidonije od 0 do 10%, a u dijelovima pod povećanim antropogenim pritiskom to smanjenje iznosi čak od 5 do 8% godišnje (Pergent i sur., 2012).

Naselja posidonije se često nalaze u obalnim zonama koje su pod utjecajem ljudskih aktivnosti. Taj utjecaj može biti direktan (fizička oštećenja) ili indirektan (utjecaj na kvalitetu vode i sedimenta) (Montefalcone, 2009). Neki od glavnih razloga povlačenja naselja su: restrukturiranje obale, neodrživo upravljanje živim resursima (ribarenje i akvakultura), kruti i tekući otpad, turizam, invazivne vrste, porast temperature i razine mora. Naselja su u velikoj mjeri otporna na promjene temperature, većinu onečišćivala, invazivne vrste i sidrenje manjih brodova (manjih od 15 m). Međutim, smanjena je njihova otpornost na promjenu saliniteta, zamućenost, stopu sedimentacije, sidrenje većih brodova i kočarenje (Pergent i sur., 2012).

Na većim dubinama naselja su najčešće pod utjecajem poremećaja povezanih s kvalitetom vode, dok su u plitkom obalnom području najčešće pod utjecajem fizičkih oštećenja uzrokovanih valovima, olujama, izgradnjom u obalnom području, sidrenjem, itd. (Montefalcone, 2009).

Kao posljedica ljudskih aktivnosti, unos velikog broja invazivnih stranih vrsta mogao bi uzrokovati promjene u zajednicama naselja posidonije. Teško je predvidjeti posljedice tih promjena, međutim, postoji mogućnost da bi došlo do povećanog pritiska herbivora što bi poremetilo trenutnu ravnotežu između herbivornosti i detritivornosti. Nasuprot tome, postoji mogućnost povećanja abundancije primarnih producenata s jakim kemijskim obranama od herbivora, što bi moglo uzrokovati povećanje detritivornog načina prehrane (Pergent i sur., 2012).

Povećanjem ljudskog pritiska na obalno područje povećava se i fragmentacija staništa. Naselja posidonije prirodno mogu biti fragmentirana djelovanjem valova i morskih struja. U njima nastaju ogoljena polja različitih dimenzija i oblika, koja su zbog toga što se nalaze u plitkom obalnom području, izložena daljnjoj degradaciji. Fragmentacija naselja posidonije izrazito utječe na integritet ekosustava. Ona ometa povezanost krajobraza, negativno utječe na održavanje populacija i vrsta, te povećava podložnost biološkim invazijama. Fragmentacija staništa predstavlja kratkoročnu fazu mnogo šireg procesa degradacije iz prirodnog ekosustava u krajobraz dominiran ljudskom aktivnošću, te se smatra jednom od najvećih prijetnji biološkoj raznolikosti (Montefalcone i sur., 2010).

U slučaju manjeg utjecaja gore navedenih razloga povlačenja naselja, posidonija se može sama regenerirati normalnom produkcijom novih izdanaka, grananjem rizoma i vegetativnim razmnožavanjem. Mnoga istraživanja ukazuju na sposobnost vrste da ponovno nastani supstrat nakon što je smetnja nestala. Međutim, brzina rasta posidonije je vrlo spora (maksimalno 7 cm godišnje), tako da je potrebno puno vremena (i do 50 godina) da se livada vrati u prvotno stanje (Pergent i sur., 2012).

Uništavanje naselja morskih cvjetnica je danas sve češći svjetski fenomen, tako da su ona često cilj očuvanja u morskim zaštićenim područjima (Montefalcone i sur., 2010). Naselja posidonije su definirana kao prioritetna prirodna staništa u Dodatku I europske Direktive 92/43/EEC o očuvanju prirodnih staništa i divlje flore i faune (Montefalcone, 2009).

U naseljima posidonije u mnogim dijelovima Mediterana dolazi do progresivnog smanjenja površine pod naseljem, što je uzrokovano i prirodnim i antropogenim pojavama. Prilikom proučavanja prostornog rasporeda naselja posidonije uglavnom je teško razlučiti uzroke jer postoje livade koje su prirodno nepovezane zbog hidrodinamičkog djelovanja valova i morskih struja. Da bi upravljanje naseljima posidonije bilo djelotvorno potrebno je razlučiti negativne prirodne utjecaje od ljudskog djelovanja (Montefalcone i sur., 2010).

Jedan od sustava praćenja stanja naselja morskih cvjetnica u Mediteranu je „Seagrass monitoring network (SeagrassNet)“ osnovan 2000. godine. On na globalnoj razini obuhvaća sve morske cvjetnice. Pokriva 115 lokacija u 23 države. Drugi sustav monitoringa je „*Posidonia* Monitoring network“ osnovan 1980. godine, koji prati stanje posidonije samo u Mediteranu (Pergent i sur., 2012). Najčešće korišteni standardizirani deskriptor u praćenju stanja posidonije je gustoća izdanaka. Ona daje informacije o vitalnosti i dinamici livade (Montefalcone, 2009).

Novija istraživanja pokazuju da gustoća izdanaka nije dovoljno osjetljiv deskriptor da bi na vrijeme signalizirao promjene u naseljima posidonije. Prostorna varijacija gustoće izdanaka unutar naselja posidonije je visoka, pa bi za praćenje stanja naselja trebalo napraviti jako velik broj prebrojavanja što iziskuje puno vremena i sredstava. Međutim to se može premostiti korištenjem daljinske metode georeferencirane videografije kojom je moguće uzorkovati veliku površinu naselja u kratkom vremenu ili direktnim nadgledanjem promjena stanja na trajno obilježenim lokacijama uzorkovanja (Schultz i sur., 2014). Ipak, protokoli izrađeni za druge Mediteranske zemlje ne bi se trebali doslovno primjenjivati na naselja posidonije u Jadranskom moru. Nekritično i neutemeljeno korištenje deskriptora i klasifikacijskih metoda razvijenih za praćenje stanja naselja posidonije u drugim dijelovima Mediterana moglo bi dovesti do krive procijene stanja očuvanosti naselja posidonije u hrvatskom dijelu Jadrana (Bakran-Petricioli i sur., 2014).

Sposobnost cvjetnica da ponovno nastane ogoljeni sediment, vegetativnim razmnožavanjem, mogla bi biti protuteža fragmentaciji i gubitku staništa (Montefalcone i sur., 2010). Uspješna obnova naselja ovisi o stupnju regresije kojem je bila podvrgnuta. Naselja koje pokazuju blaži oblik regresije mogu se potpuno obnoviti ako se ukloni uzrok regresije i ako se poduzmu specifični programi obnove. Nasuprot tome, naselja gdje je jako izražena regresija, nemaju realnog potencijala za obnovu (Montefalcone, 2009). Oporavak degradiranog naselja može trajati više godina, a moguće je da vegetativni rast neće moći nadoknaditi oštećenja i do oporavka neće ni doći (Montefalcone i sur., 2010).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti područja i karakteristike kružnih oštećenja u naseljima posidonije vidljivih na zračnim snimkama u hrvatskom dijelu Jadrana. Također, trebalo je sastaviti bazu podataka o tim oštećenjima da bi se mogla napraviti statistička obrada, te utvrditi da li postoji grupiranje oštećenja po veličini i udaljenosti od obale i ljudskih naselja, a sve u svrhu utvrđivanja uzroka ovim oštećenjima.

3.1. IZRADA BAZE PODATAKA O KRUŽNIM OŠTEĆENIMA U POSIDONIJI U REPUBLICI HRVATSKOJ

Prvi korak u izradi baze podataka o kružnim oštećenjima bio je konstrukcija tablice u koju su unošeni podaci o svakom uočenom oštećenju, kako slijedi:

- redni broj oštećenja
- izvor lokaliteta (ARKOD, „Google Earth“)
- naziv oštećenja
- kod fotografije na kojoj se vidi oštećenje (fotografije su spremane u zasebnu mapu)
- geografske koordinate (geografska širina i geografska dužina)
- oblik oštećenja (kružni, eliptični, …)
- promjer oštećenja u metrima
- najveća i najmanja udaljenost nasuprotnih rubova oštećenja u metrima (ako oštećenje nije kružno)
- izgled rubova oštećenja
- površina oštećenja u m^2
- dubina na kojoj se nalazi oštećenje (u metrima)
- najmanja udaljenost oštećenja od najbliže obale (u metrima)
- nagib dna (kut između udaljenosti od obale i dubine)
- da li je oštećenje dio pravilnog niza (ako je, koliko je kružnih oštećenja u nizu)
- udaljenost do slijedećeg najbližeg oštećenja (ako je oštećenje dio niza)
- udaljenost do najbližeg ljudskog naselja
- naziv najbližeg ljudskog naselja
- udaljenost do najbliže luke
- ime najbliže luke
- položaj oštećenja u odnosu na najbližu obalu obzirom na stranu svijeta
- izloženost obale vjetru (ako da, kojem vjetru)

Podatci o kružnim oštećenjima u posidoniji iščitavani su iz dva, javno dostupna, internetska preglednika. Prvi je ARKOD, osnovan od strane hrvatskog Ministarstva poljoprivrede kao dio Sustava za identifikaciju zemljišnih čestica i sadrži zračne ortofotografije (razlučivost 1:5000) cijele hrvatske obale, uključujući i podmorska područja dubine 15 do 20 metara. Uspostavljen je na temelju karata, zemljišnih knjiga ili drugih kartografskih referenci. Koristi metode računalnog geografskog informacijskog sustava. Drugi preglednik je Google Earth, program koji omogućuje virtualni 3D prikaz Zemljine površine, svemira i mora. Prikaz je stvoren od mnogo različitih satelitskih slika koje nisu iz stvarnog vremena, već su naknadno spojene. Odabrani dio Zemljine površine je moguće uvećavati i otkrivati i najmanje detalje. Za potrebe ovog diplomskog rada pregledan je cijeli hrvatski dio Jadrana.

3.2. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Za sve dobivene podatke, upisane u tablicu, provedena je osnovna deskriptivna statistika u statističkom programu R. Ovaj program predstavlja integrirano programsko okruženje za upravljanje podacima, računanje i grafički prikaz. Vjerojatnost nalaza za kružna oštećenja s obzirom na njihovu udaljenost od ljudskog naselja, te ovisnost udaljenosti i tipa oštećenja također je izračunata u programu R. Rezultati obrade prikazani su kroz tablice i grafičke prikaze.

4.1. OSNOVNI STATISTIČKI PODACI ZA SVA KRUŽNA OŠTEĆENJA U POSIDONIJI

Detaljan pregled cijelog hrvatskog dijela Jadrana, rezultirao je bazom s 11.900 unesenih georeferenciranih podataka. Ukupno je zabilježeno 476 kružnih oštećenja u naseljima posidonije duž hrvatske obale i otoka, 450 u ARKOD Pregledniku, a 26 u programu Google Earth. Osnovni statistički podaci za svih 476 oštećenja prikazani su u tablici 1, a statistički podaci za 117 oštećenja, koja su bila u nizovima, u tablici 2.

Zbog opsega podataka u slijedećim poglavljima detaljnije je prikazan samo dio rezultata obrade podataka koji se odnosi na kružna oštećenja u naseljima posidonije koja su bila u pravilnim nizovima uz obalu kopna i otoka. Ta pravilnost upućuje da su nastala ljudskim djelovanjem.

Tablica 1. Osnovni opisni i statistički podaci svih zabilježenih kružnih oštećenja u naseljima posidonije duž hrvatske obale Jadrana (obrađeno u programu R)

Izvor podataka	ARKOD: 450	Google Earth: 26	ukupno: 476			
Oblik oštećenja	kružno: 371	dvostruko: 28	eliptično: 64	nepravilno: 12	trostruko: 1	
Promjer (m)	min.: 5,27	donji kvartil: 16,50	medijan: 27,00	sr. vrijed.: 34,01	gornji kvartil: 47,95	maks.: 137,93
Rubovi oštećenja	pravilni: 259	nepravilni: 217				
Površina (m^2)	min.: 15,7	donji kvartil: 212,5	medijan: 543,9	sr. vrijed.: 1217,3	gornji kvartil: 1729,2	maks.: 11600,0
Dubina (m)	min.: 1,70	donji kvartil: 8,77	medijan: 13,00	sr. vrijed.: 13,93	gornji kvartil: 17,00	maks.: 39,00
Udaljenost od obale (m)	min.: 11,27	donji kvartil: 46,13	medijan: 82,86	sr. vrijed.: 129,91	gornji kvartil: 142,78	maks.: 1330,00
Nagib dna (^{o})	min.: 0,26	donji kvartil: 4,82	medijan: 1,96	sr. vrijed.: 11,42	gornji kvartil: 15,21	maks.: 56,48
Dio niza (da/ne)	ne: 359	da: 117				
Udaljenost do naselja (m)	min.: 34,94	donji kvartil: 231,43	medijan: 619,84	sr. vrijed.: 1073,63	gornji kvartil: 1440,00	maks.: 8200,00
Udaljenost do luke (m)	min.: 34,94	donji kvartil: 237,28	medijan: 655,41	sr. vrijed.: 1155,71	gornji kvartil: 1570,00	maks.: 8200,00
Najčešća orijentacija obale	NE: 133	NW: 102	SE: 54	S: 48	W: 47	SW: 45
Izloženost vjetru	ne: 286	da: 190				
Najčešći vjetar	zaklonjeno: 286	NE: 89	SW: 59	NW: 20	SE: 11	E: 5

Tablica 2. Osnovni opisni i statistički podaci kružnih oštećenja u naseljima posidonije koja su zabilježena u nizovima duž hrvatske obale Jadrana

Izvor podataka	ARKOD: 95	Google Earth: 22	ukupno: 117			
Oblik oštećenja	kružno: 94	dvostruko: 6	eliptično: 11	nepravilno: 6	trostruko: 0	
Promjer (m)	min.: 5,94	donji kvartil: 26,17	medijan: 40,55	sr. vrijed.: 40,51	gornji kvartil: 52,00	maks.: 99,85
Rubovi oštećenja	pravilni: 51	nepravilni: 66				
Površina (m^2)	min.: 15,7	donji kvartil: 505,0	medijan: 1310,0	sr. vrijed.: 1474,2	gornji kvartil: 2156,00	maks.: 6424,00
Dubina (m)	min.: 2,00	donji kvartil: 8,70	medijan: 12,00	sr. vrijed.: 17,76	gornji kvartil: 16,00	maks.: 30,00
Udaljenost od obale (m)	min.: 11,27	donji kvartil: 44,54	medijan: 99,30	sr. vrijed.: 100,93	gornji kvartil: 142,64	maks.: 231,11
Nagib dna (º)	min.: 1,64	donji kvartil: 5,25	medijan: 6,89	sr. vrijed.: 10,47	gornji kvartil:17,74	maks.: 42,79
Dio niza (da/ne)	ne: 0	da: 117				
Udaljenost do naselja (m)	min.: 56,82	donji kvartil: 389,98	medijan: 841,19	sr. vrijed.: 1187,51	gornji kvartil: 1650,00	maks.: 5230,00
Udaljenost do luke (m)	min.: 56,82	donji kvartil: 410,92	medijan: 1130,00	sr. vrijed.: 1425,23	gornji kvartil: 2050,00	maks.: 5230,00
Najčešća orijentacija obale	NE: 38	NW: 30	SE: 15	SW: 13	E: 9	W: 6
Izloženost vjetru	ne: 31	da: 86				
Najčešći vjetar	NE: 49	zaklonjeno. 31	SW: 29	E: 5	NW: 3	
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	min.: 20,50	donji kvartil: 83,77	medijan: 238,93	sr. vrijed.: 239,45	gornji kvartil: 356,70	maks.: 1080,00

Većina zabilježenih oštećenja je zasebna, kružnog oblika, pravilnih rubova, promjera između 5 i 138 m (medijan 27 m, srednja vrijednost 34 m), između 2 i 39 m dubine (medijan 13 m, srednja vrijednost 14 m). Udaljenost oštećenja od obale je između 11 i 1330 m (medijan 82 m, srednja vrijednost 130 m), a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja je 35 do 8200 m i jednaka je udaljenosti do najbliže luke. U većini slučajeva najbliže ljudsko naselje/luka bila je samo jedna kuća (35%). Oštećenja su najčešće bila smještena uz sjeveroistočnu i sjeverozapadnu obalu, te uglavnom nisu bila izložena vjetru (tablica 1).

Od ukupnih 476 kružnih oštećenja u livadama posidonije, 117 ih je bilo u pravilnim, linearnim nizovima uz obale udaljenijih otoka (tablica 2). Zabilježeno je 15 nizova (od 3 do 19 kružnih oštećenja u pojedinom nizu) uz otoke Unije,Vele i Male Srakane, Ilovik, Premudu, Molat, Dugi otok, Kornat, Prvić, Šoltu, Vis, te poluotok Pelješac i u blizini Cavtata. Kao i pojedinačna oštećenja, i oštećenja u nizovima bila su uglavnom kružnog oblika. Promjer oštećenja varira između 6 i 100 m (medijan 40,5 m, srednja vrijednost 40,5 m), a dubina je između 2 do 30 m (medijan 12 m, srednja vrijednost 13 m). Udaljenost od obale je između 11 i 231 m (medijan 99 m, srednja vrijednost 101 m), a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja iznosi između 57 i 5230 m, te se poklapala s udaljenošću do najbliže luke. Jednako kao i kod zasebnih oštećenja, i kod oštećenja u nizu, najbliže ljudsko naselje/luka bila je samo jedna kuća (22,2 %). Većina oštećenja u nizovima nalazila su se uz sjeveroistočnu i sjeverozapadnu obalu i uglavnom su bila izložena sjeveroistočnom vjetru.

Prilikom pregledavanja hrvatske obale i otoka, uočeno je da se većina pravilnih nizova oštećenja nalazi uz obalu slabije naseljenih otoka i hridi, koji su u blizini otoka s većom naseljenošću.

4.2. OTOK UNIJE

Niz oštećenja, koji se nalazi na jugoistočnoj strani otoka Unije, je najsjevernije zabilježeni niz (slika 12). Sastoji se od 10 kružnih oštećenja koja su udaljena oko 100 do 200 m od obale, nalaze se između 10 i 18 m dubine i čiji promjeri variraju između 45 i 60 m. Ujedno, oštećenja su međusobno udaljena otprilike oko 300 do 400 m. Udaljenost do najbližeg ljudskog naselja kreće se između 200 i 650 m i znatno je manja od udaljenosti do najbliže luke, koja iznosi između 1380 i 4060 m (tablica 3). Sva oštećenja nalaze se u blizini slabije naseljenog djela otoka Unije, te su izložena pretežno sjeveroistočnom vjetru.

Tablica 3. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u nizu uz otok Unije

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	44,06	49,52	50,67	60,00
Dubina (m)	10	13,00	13,85	18,00
Udaljenost od obale (m)	99,3	115,09	124,12	212,61
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	302,14	356,49	355,88	399,71
Udaljenost od naselja (m)	182,42	445,81	411,35	641,71
Udaljenost od luke (m)	1380	2595,00	2657,00	4060,00

Slika 12 . Niz oštećenja duž jugoistočne obale otoka Unije
(preuzeto sa www.arkod.hr)

4.3. OTOCI VELE I MALE SRAKANE

Niz od 13, pretežno kružnih, oštećenja zabilježen je uz sjeveroistočnu obalu Velih i Malih Srakana (slika 13). Ona su od obale udaljena između 50 do 231 m. Uglavnom su na dubini između 5 i 20 m, a promjer im varira od 30 do 60 m, s pokojom iznimkom. Oštećenja su međusobno udaljena između 200 do 500 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja varira od 130 do 2050 m. Udaljenost oštećenja do najbliže luke se uglavnom poklapa s udaljenošću do najbližeg ljudskog naselja (tablica 4). Sva oštećenja su pod utjecajem sjeveroistočnog vjetra.

Tablica 4. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u nizu uz otoke Vele i Male Srakane

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	31,41	47,57	45,87	67,31
Dubina (m)	5	7,5	10,32	20
Udaljenost od obale (m)	48,86	93,51	101,75	231,11
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	231,78	342,33	359,57	493,45
Udaljenost od naselja (m)	131,27	742,05	850,12	2050
Udaljenost od luke (m)	131,27	742,05	850,12	2050

Slika 13 . Niz oštećenja duž sjeveroistočne obale otoka Vele i Male Srakane (preuzeto sa www.arkod.hr)

4.4. OTOK ILOVIK

Niz oštećenja zabilježen duž sjeveroistočne obale otoka Ilovika spada u jedan od kraćih nizova (slika 14). Sastoji se od samo 3 kružna oštećenja udaljena 70 do 140 m od obale. Oštećenja se nalaze na oko 14 m dubine, a promjer im iznosi od 40 do 50 m. Međusobno se nalaze na udaljenosti od oko 600 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja jednaka je udaljenosti do najbliže luke i iznosi između 1480 i 2510 m (tablica 5). Sva oštećenja nalaze se blizu većeg naselja (Ilovik) i izložena su sjeveroistočnom vjetru.

Tablica 5. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u nizu uz otok Ilovik

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	42,44	43,83	45,76	51
Dubina (m)	13	13	13,33	14
Udaljenost od obale (m)	72,95	80,62	98,31	141,35
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	561,65	561,65	590,50	648,2
Udaljenost do naselja (m)	1480	2050	2013,33	2510
Udaljenost do luke (m)	1480	2050	2013,33	2510

Slika 14. Niz oštećenja uz sjeveroistočnu obalu otoka Ilovik (preuzeto sa www.arkod.hr)

4.5. OTOK PREMUDA

Duž istočne obale otoka Premude, zabilježen je jedan kraći niz oštećenja (slika 15). Čini ga samo 5, pretežno kružnih, oštećenja koja se nalaze između 8 do 10 m dubine, a od obale su udaljena 40 do 80 m. Promjer im varira između 30 i 70 m. Oštećenja su međusobno udaljena između 200 i 300 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja je jednaka udaljenosti do najbliže luke i iznosi od 4000 do 5250 m (tablica 6). Sva su oštećenja pod utjecajem istočnog vjetra.

Tablica 6. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u nizu uz otok Premuda

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	31	43,19	47,22	73,06
Dubina (m)	8	10	9,20	10
Udaljenost od obale (m)	44,53	72,47	67,84	82,71
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	225,04	268,63	251,32	268,95
Udaljenost do naselja (m)	4080	4740	4660,00	5230
Udaljenost do luke (m)	4080	4740	4660,00	5230

Slika 15. Niz oštećenja uz istočnu obalu otoka Premuda (preuzeto sa www.arkod.hr)

4.6. OTOK MOLAT

Duž južne obale otoka Molata, proteže se još jedan od manjih nizova (slika 16). Ima samo 3 kružna oštećenja, koja se nalaze 30 do 50 m od obale na 30 m dubine. Promjer im se kreće od 15 do 25 m. Oštećenja su međusobno udaljena između 130 i 315 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja jednaka je udaljenosti do najbliže luke i iznosi 800 do 980 m (tablica 7).

Tablica 7. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u nizu uz otok Molat

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	15,66	17,03	18,83	23,8
Dubina (m)	30	30	30	30
Udaljenost od obale (m)	32,41	39,03	39,68	47,6
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	134,51	311,63	252,59	311,63
Udaljenost do naselja (m)	802,57	841,19	874,41	979,47
Udaljenost do luke (m)	802,57	841,19	874,41	979,47

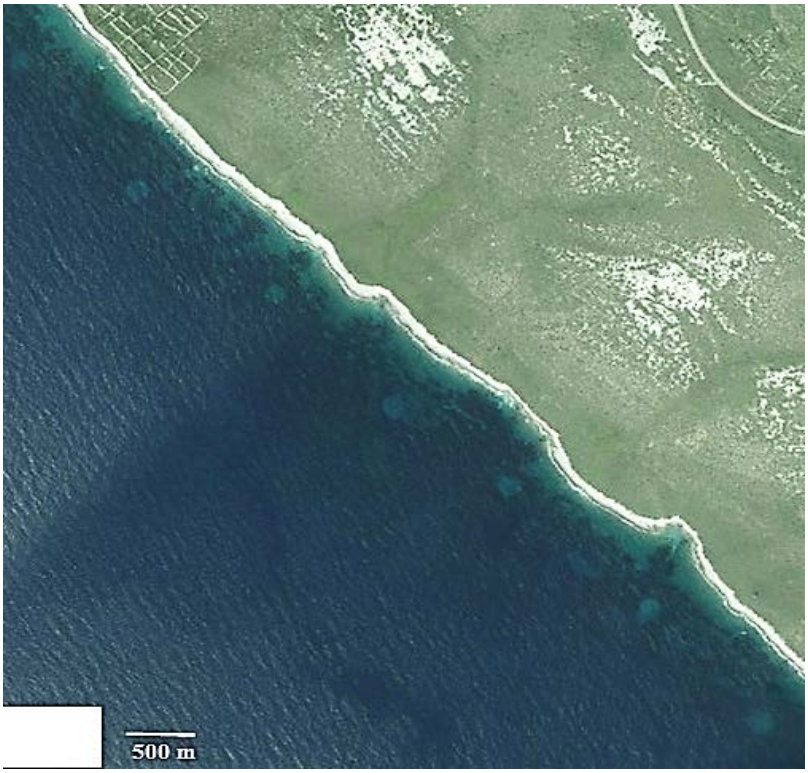
Slika 16. Niz oštećenja uz južnu obalu otoka Molat (preuzeto sa www.arkod.hr)

4.7. DUGI OTOK

Kod Dugog otoka zabilježena su tri niza oštećenja. Prvi niz nalazi se uz sjeverozapadnu obalu otoka (slika 17). Sastoji se od 9 kružnih i eliptičnih oštećenja na 100 do 200 m od obale. Oštećenja se nalaze između 8 i 18 m dubine, a promjer im se kreće od 35 do 55 m. Udaljenost među oštećenjima iznosi između 250 i 380 m, dok se udaljenost do najbližeg ljudskog naselja kreće od 1350 do 2150 m, te se poklapa s udaljenošću do najbliže luke(tablica 8).

Tablica 8. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u prvom nizu uz sjeverozapadnu obalu Dugog otoka

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	38,42	47,54	46,89	52,1
Dubina (m)	8	14,5	14,24	18
Udaljenost od obale (m)	104,86	136,82	140,06	181,89
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	271,59	358,7	342,90	391,41
Udaljenost do naselja (m)	1350	1600	1688,89	2150
Udaljenost do luke (m)	1630	1930	1972,22	2490

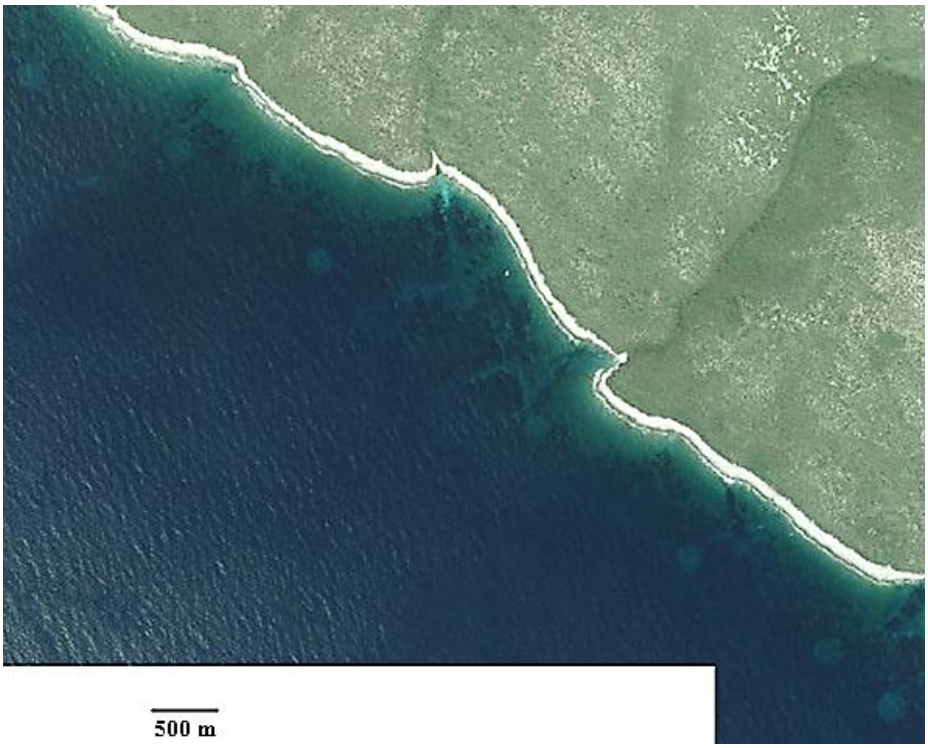


Slika 17. Prvi niz kružnih oštećenja uz sjeverozapadnu obalu Dugog otoka (preuzeto sa www.arkod.hr)

Drugi niz nastavlja se na prvi niz i isto se uglavnom proteže duž sjeverozapadne obale Dugog otoka (slika 18). Sastoji se od 16, pretežno kružnih, oštećenja, koja se nalaze na dubini od 2 do 25 m. Udaljena su oko 15 do 210 m od obale, a promjera su od 10 do 75 m. Udaljenost od oštećenja do slijedećeg oštećenja kreće se od 20 do 1080 m, a udaljenost oštećenja do obale približno je jednaka udaljenosti do najbliže luke i kreće se između 1900 i 4000 m (tablica 9). Većina oštećenja u ovom nizu izložena je pretežno jugozapadnom vjetru.

Tablica 9. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u drugom nizu uz sjeverozapadnu obalu Dugog otoka

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	5,94	50,115	44,03	73,5
Dubina (m)	2	10,35	11,14	25
Udaljenost od obale (m)	11,27	169,64	148,18	208,7
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	20,5	328,505	332,76	1080
Udaljenost do naselja (m)	1710	2570	2605,00	3720
Udaljenost do luke (m)	1930	2540	2596,88	3500



Slika 18. Drugi niz kružnih oštećenja uz sjeverozapadnu obalu Dugog otoka (preuzeto sa www.arkod.hr)

Posljednji, treći, niz nalazi se pretežno na zapadnoj obali Dugog otoka (slika 19). Niz ima 7, uglavnom kružnih, oštećenja koja se nalaze na 150 do 220 m od obale, na dubini od 15 do 23 m. Njihov promjer se kreće između 65 do 98 m. Oštećenja su međusobno udaljena 200 do 600 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja poklapa se sa udaljenošću do najbliže luke i iznosi između 340 i 1900 m (tablica 10). Sva oštećenja izložena su jugozapadnom vjetru.

Tablica 10. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena za treći niz uz Dugi otok

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	62,23	64,5	70,80	96,83
Dubina (m)	15	20	19,57	23
Udaljenost od obale (m)	150	182,99	183,96	220,01
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	215,26	380,38	383,69	574,25
Udaljenost do naselja (m)	335,17	917,23	961,76	1900
Udaljenost do luke (m)	335,17	917,23	961,76	1900

Slika 19. Treći niz kružnih oštećenja uz zapadnu obalu Dugog otoka (preuzeto sa www.arkod.hr)

4.8. OTOK KORNAT

Najduži niz oštećenja nalazi se duž istočne obale otoka Kornat (slika 20). Sastoji se od 19 kružnih oštećenja udaljenih 15 do 30 m od obale. Nalaze se između 10 i 15 m dubine, a promjera su od 10 do 35 m. Oštećenja su međusobno udaljena 70 do 100 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja uglavnom se poklapa s udaljenošću do najbliže luke i iznosi između 200 i 1700 m (tablica 11). Sva oštećenja nalaze se blizu slabo naseljenih dijelova otoka i izložena su sjeveroistočnom vjetru.

Tablica 11. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u nizu uz otok Kornat

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	10,32	26,3	25,19	35,28
Dubina (m)	8	12	11,42	15,5
Udaljenost od obale (m)	15,9	26,5	26,33	35,51
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	76,75	90,89	89,11	108,88
Udaljenost do naselja (m)	125	942,29	907,87	1440
Udaljenost do luke (m)	394,57	1130	1083,76	1650

Slika 20. Niz oštećenja uz istočnu obalu otoka Kornat (preuzeto sa „Google Earth“)

4.9. OTOK PRVIĆ

Uz sjeverozapadnu obalu otoka Prvić zabilježen je niz od 1 kružnog, 2 eliptična i 2 dvostruka oštećenja (slika 21). Oštećenja se nalaze 70 do 170 m od obale na dubini od 10 do 18 m. Promjer im varira između 40 i 90 m. Međusobna udaljenost oštećenja iznosi 90 do 240 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja jednaka je udaljenosti do najbliže luke i iznosi između 360 i 480 m (tablica 12). Niti jedno oštećenje nije izloženo djelovanju vjetra.

Tablica 12. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u nizu uz otok Prvić

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	47,43	63,29	66,79	87,21
Dubina (m)	10	18	16,40	18
Udaljenost od obale (m)	75,54	134,61	130,45	165,75
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	94,87	109,66	154,80	238,93
Udaljenost do naselja (m)	365,52	429,33	426,96	478,2
Udaljenost do luke (m)	365,52	429,33	426,96	478,2

Slika 21. Niz oštećenja uz sjeverozapadnu obalu otoka Prvić (preuzeto sa www.arkod.hr)

4.10. OTOK ŠOLTA

Na otoku Šolti, duž sjeveroistočne obale. zabilježen je niz od 7 kružnih oštećenja (slika 22). Oštećenja se nalaze između 14 i 20 m dubine i udaljena su 40 do 90 m od obale. Promjer im varira od 25 do 75 m. Međusobno se oštećenja nalaze na udaljenosti od 55 do 80 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja jednaka je udaljenosti do najbliže luke i iznosi od 150 do 1120 m (tablica 13). Sva oštećenja izložena su sjeveroistočnom vjetru.

Tablica 13. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u nizu uz otok Šoltu

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	26,93	35,23	39,88	75,18
Dubina (m)	14	18	18,00	21
Udaljenost od obale (m)	44,54	67,78	70,49	91,92
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	55,89	63,78	67,35	79,57
Udaljenost do naselja (m)	112,15	832,89	627,03	1120
Udaljenost do luke (m)	112,15	832,89	627,03	1120

Slika 22. Niz oštećenja uz sjeveroistočnu obalu otoka Šolta (preuzeto sa www.arkod.hr)

4.11. OTOK VIS

Na otoku Visu zabilježena su dva niza oštećenja. Prvi niz je kratak i nalazi se duž sjeverne obale otoka (slika 23). Sastoji se od samo 3 kružna oštećenja koja se nalaze od 40 do 50 m od obale, na dubini od oko 10 m. Promjer im se kreće između 10 i 18 m. Međusobno. oštećenja su udaljena između 80 i 150 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja jednaka je udaljenosti do najbliže luke i iznosi između 100 i 200 m (tablica 14). Sva oštećenja nalaze se u blizini bivšeg vojnog objekta i nisu izložena vjetru.

Tablica 14. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena za prvi niz uz otok Vis

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	11,23	14,39	14,22	17,03
Dubina (m)	8,7	8,7	9,13	10
Udaljenost od obale (m)	43,73	44,57	49,30	59,59
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	80,35	154,74	129,94	154,74
Udaljenost do naselja (m)	150,5	188,02	183,36	211,56
Udaljenost do luke (m)	150,5	188,02	183,36	211,56

Slika 23. Prvi niz kružnih oštećenja uz sjevernu obalu otoka Visa (preuzeto sa www.arkod.hr)

Drugi niz proteže se duž zapadne obale otoka Visa i mnogo je duži od prvog niza (slika 24). Sastoji se od 11, uglavnom kružnih, oštećenja između 5 i 13 m dubine. Udaljenost od obale iznosi od 90 do 180 m, a promjer se kreće između 20 i 30 m. Oštećenja se nalaze na međusobnoj udaljenosti od 40 do 150 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja jednaka je udaljenosti do najbliže luke i iznosi između 100 i 570 m (tablica 15). Oštećenja nisu izložena vjetru, a nalaze se vrlo blizu naselja Komiža.

Tablica 15. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena za drugi niz uz otok Vis

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	20,37	23,05	31,53	99,85
Dubina (m)	5	9	9,36	13
Udaljenost od obale (m)	92,85	136,5	132,19	175,74
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	42,55	48,28	66,65	149,44
Udaljenost do naselja (m)	122,48	258,7	306,11	569,13
Udaljenost do luke (m)	122,48	258,7	306,11	569,13

Slika 24. Drugi niz kružnih oštećenja uz zapadnu obalu otoka Visa (preuzeto sa www.arkod.hr)

4.12. POLUOTOK PELJEŠAC

Niz duž južne obale poluotoka Pelješca je vrlo kratak, ima samo 3 kružna oštećenja (slika 25). Oštećenja se nalaze 50 do 110 m od obale na dubini od 8 m. Promjer im se kreće između 24 i 30 m. Međusobno su udaljena 240 do 270 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja jednaka je udaljenosti do najbliže luke i iznosi 75 do 122 m (tablica 16). Niti jedno oštećenje nije izloženo vjetru.

Tablica 16. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u nizu uz poluotok Pelješac

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	24,54	28,25	27,63	30,1
Dubina (m)	8	8	8,00	8
Udaljenost od obale (m)	55,31	70,04	76,21	103,28
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	249,7	249,7	255,93	268,39
Udaljenost do naselja (m)	79,81	87,7	96,25	121,23
Udaljenost do luke (m)	79,81	87,7	96,25	121,23

Slika 25. Niz oštećenja uz južnu obalu poluotoka Pelješac (preuzeto sa „Google Earth“)

4.13. CAVTAT

Jugozapadno od grada Cavtata, zabilježen je jedan mali niz manjih oštećenja (slika 26). Niz ima samo 3 kružna oštećenja koja su od obale udaljena od 20 do 40 m. Oštećenja se nalaze na dubini od oko 7 m, a promjer im varira između 6 i 8 m. Oštećenja su međusobno udaljena oko 23 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja je ista kao i udaljenost do najbliže luke i iznosi između 50 i 80 m (tablica 17). Oštećenja se nalaze u zavjetrini, te stoga nisu pod utjecajem nikakvog vjetra.

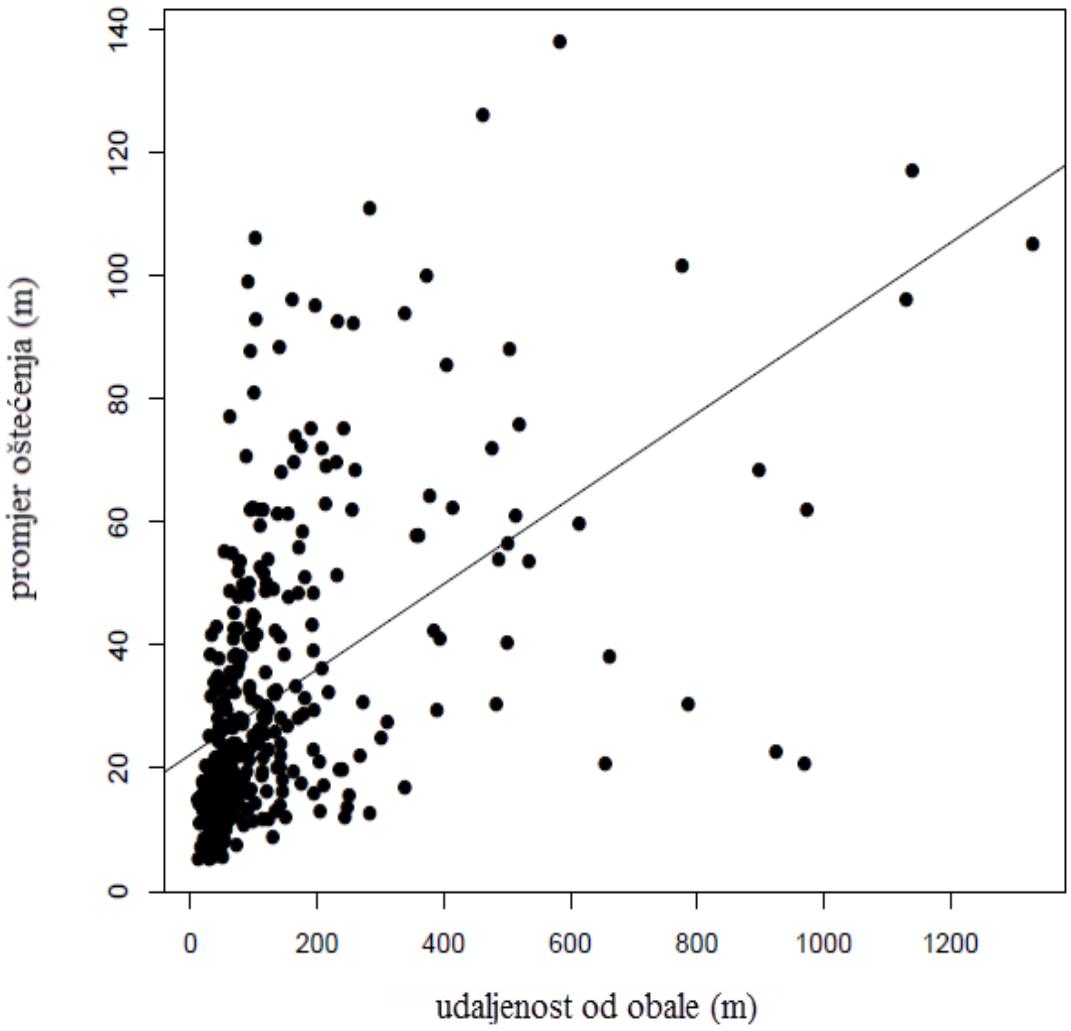
Tablica 17. Osnovna statistika za kružna oštećenja u posidoniji zabilježena u nizu jugozapadno od grada Cavtat

	Minimalna vrijednost	Medijan	Srednja vrijednost	Maksimalna vrijednost
Promjer (m)	6,25	7,14	6,96	7,5
Dubina (m)	7	7	7,00	7
Udaljenost od obale (m)	29,37	30,38	32,18	36,78
Udaljenost do slijedećeg oštećenja (m)	23,59	23,59	23,64	23,73
Udaljenost do naselja (m)	56,82	78,43	72,65	82,7
Udaljenost do luke (m)	56,82	78,43	72,65	82,7

Slika 26. Niz oštećenja jugozapadno od grada Cavtat (preuzeto sa www.arkod.hr)

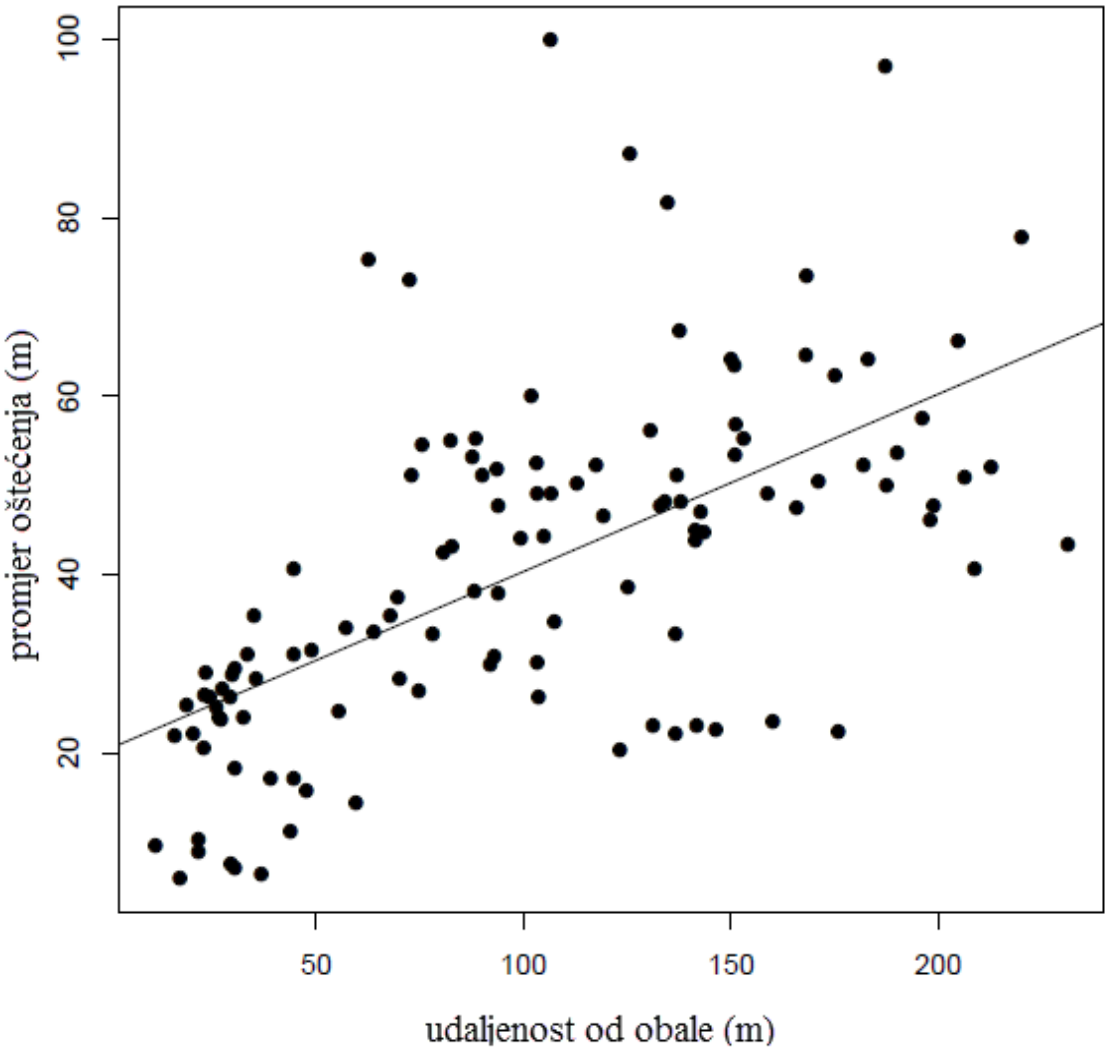
4.14. UDALJENOST KRUŽNIH OŠTEĆENJA U POSIDONIJI OD OBALE

Analiza odnosa udaljenosti od obale i promjer oštećenja, za svih 476 kružnih oštećenja, pokazala je da se oštećenja manjih promjera uglavnom nalaze bliže obali, dok su ona većih promjera udaljenija od obale (slika 27).



Slika 27. Odnos promjera oštećenja (m) i udaljenosti od obale (m) za sva kružna oštećenja zabilježena duž hrvatske obale Jadrana

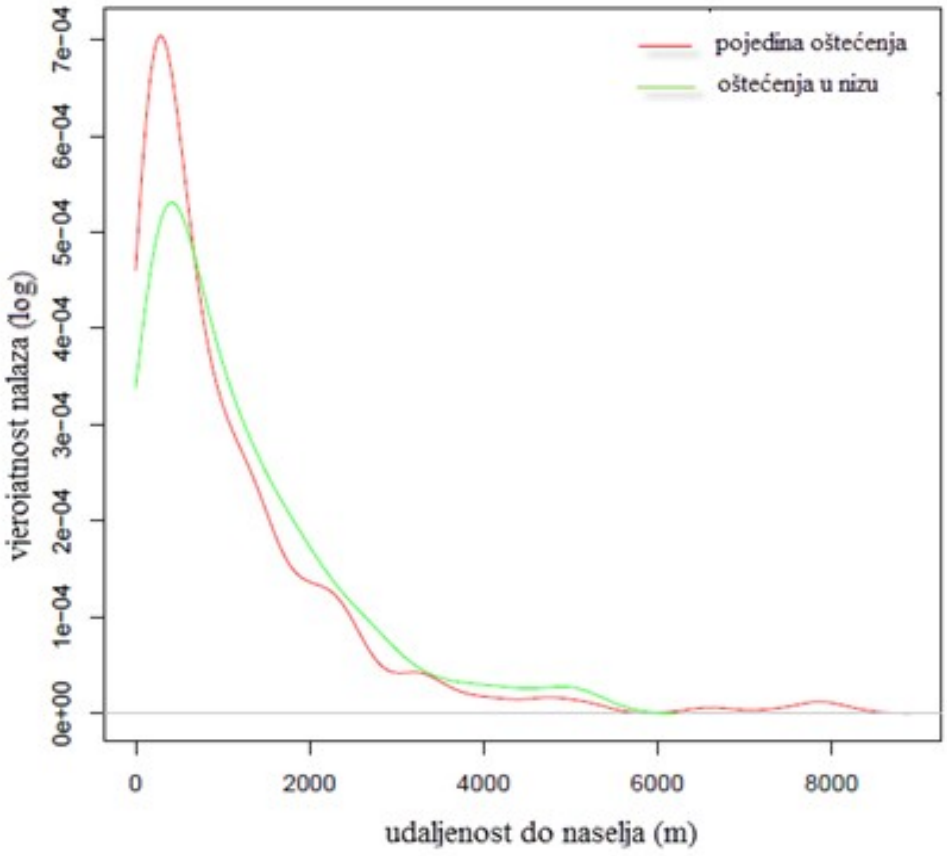
Analiza odnosa udaljenosti od obale i promjer oštećenja za 117 kružnih oštećenja u nizu također pokazuje da se povećanjem udaljenosti od obale, povećava i promjer oštećenja (slika 28).



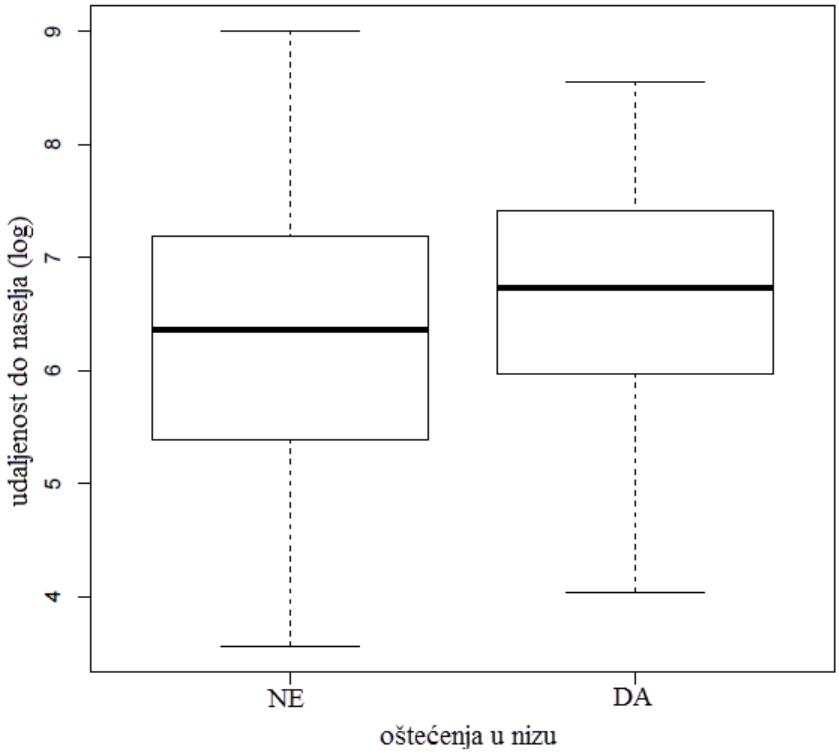
Slika 28. Odnos promjera oštećenja (m) i udaljenosti od obale (m) samo za kružna oštećenja u nizovima

4.15. UDALJENOST KRUŽNIH OŠTEĆENJA U POSIDONIJI OD LJUDSKIH NASELJA

Povećanjem udaljenosti od ljudskog naselja, smanjuje se vjerojatnost nalaženja kružnog oštećenja. Rezultati su slični za pojedinačna oštećenja i oštećenja u nizu (slike 29 i 30).



Slika 29. Vjerojatnosti nalaza (log) za pojedinačna oštećenja (crvena linija) i oštećenja u nizu (zelena linija), obzirom na udaljenost do naselja (m)

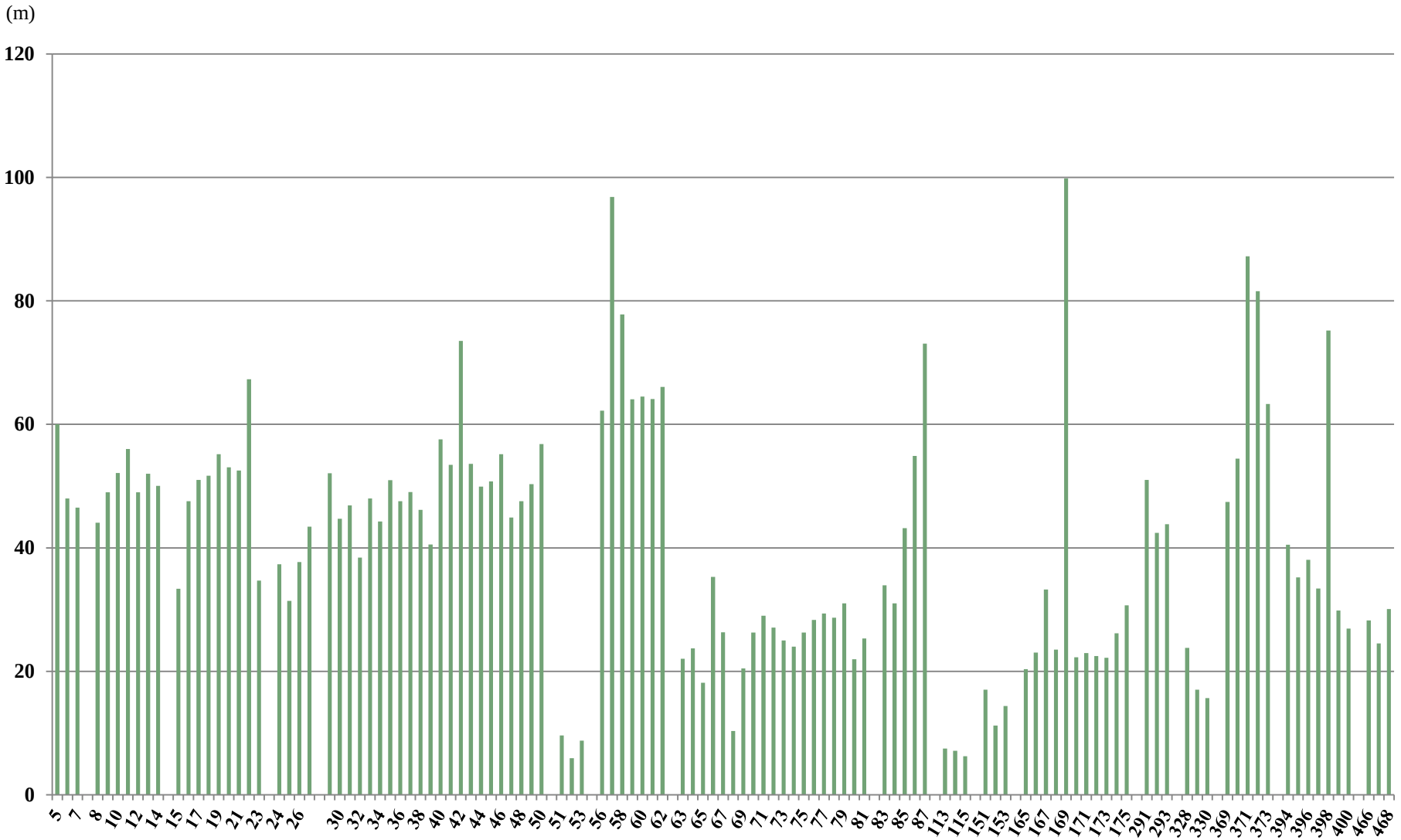


Slika 30. Ovisnost udaljenosti (log) kružnog oštećenja do ljudskog naselja i tipa oštećenja u naseljima posidonije prikazana u obliku pravokutnih dijagrama (ne – sva oštećenja zajedno, da – samo oštećenja koja su u pravilnim nizovima uz obalu; debela vodoravna crta unutar pravokutnika je medijan, donja i gornja stranica pravokutnika su granice donjeg i gornjeg kvartila, a crtkanom linijom je prikazan raspon od najmanje do najveće vrijednosti)

4.16. PROMJER KRUŽNIH OŠTEĆENJA U POSIDONIJI

Slika 31 prikazuje odnos veličine svih kružnih oštećenja u posidoniji zabilježenih u nizu duž obale otoka i kopna. Oštećenja br. 5-7 su duž južne, a 8-14 duž jugoistočne obale otoka Unije. Od br. 15-23 su oštećenja uz sjeveroistočnu stranu otoka Vele Srakane, a od br. 24-27 uz sjeveroistočnu obalu otoka Male Srakane. Oštećenja od br. 29-50, 51-53 te 56-62 su u tri niza uz sjeverozapadnu obalu Dugog otoka, a oštećenja od br. 63-81 su uz sjeveroistočnu stranu otoka Kornata. Oštećenja od br. 83-87 su uz istočnu stranu otoka Premuda. Oštećenja od br. 113-115 su jugozapadno od Cavtata. Oštećenja br. 151-153 su na sjeveroistočnoj strani, a od 165-175 na zapadnoj strani otoka Visa. Oštećenja od 291-293 su na sjeveroistočnoj strani otoka Ilovika, a od 328-330 na jugozapadnoj strani otoka Molata. Oštećenja br. 369-373 su na sjeverozapadu otoka Prvića, a od 394-400 na sjeveroistoku otoka Šolte. Oštećenja br. 466-468 su na južnoj strani poluotoka Pelješca.

Kružna oštećenja koja promjerom značajno odskaču od ostalih predstavljaju dvostruka oštećenja (br. 42, 87, 169, 371 te 372) ili eliptična oštećenja (br. 5, 22, 57, 373, te 398).



Slika 31. Promjer svih 117 kružnih oštećenja u naseljima posidonije zabilježenih u nizovima duž obale otoka i kopna (brojevi na x osi su redni brojevi oštećenja; između pojedinih nizova nalazi se razmak)

Kroz zadnje stoljeće, sve je veće povlačenje naselja posidonije zbog sve većeg antropogenog utjecaja na obalno područje. Restrukturiranje obale, zagađenje, prelov, turizam, invazivne vrste, te porast temperature i razine mora utječu na fragmentaciju naselja posidonije. Degradacija područja prekrivenih posidonijom smanjuje povezanost krajobraza, negativno utječe na vrste ovisne o posidoniji i održavanje njihovih populacija, te povećava podložnost naselja posidonije biološkim invazijama (Montefalcone i sur., 2010).

Javno dostupne zračne snimke korištene za potrebe kartiranja naselja posidonije otkrile su da u njima postoje neobična kružna oštećenja koja su zaokupila pažnju znanstvenika i stručnjaka koji brinu za zaštitu ovog prioritetnog staništa na razini Europske Unije. Ta oštećenja zapažena su na nekoliko lokacija duž obale Korzike i duž sjeverozapadne obale Mediterana. Pretpostavka je da su nastala djelovanjem eksploziva prilikom ribolova dinamitom ili detonacijama zaostalih bombi iz Drugog svjetskog rata (Bonacorsi i sur., 2013). Nedavno su ovakva kružna oštećenja zapažena i u Jadranu te je to potaklo njihovo istraživanje duž hrvatskog dijela Jadrana (Bakran-Petricioli i sur., 2014).

Cilj ovog rada bio je da se utvrde područja na kojima se pojavljuju oštećenja u naseljima posidonije u hrvatskom dijelu Jadrana te da se odrede njihove karakteristike koje se mogu iščitati iz javno dostupnih baza, koje koriste georeferencirane zračne snimke. To je bio preduvjet da se istraži da li postoji grupiranje oštećenja obzirom na veličinu, dubinu, te udaljenost od ljudskog naselja. Sve to je potrebno da bi se otkrilo koji su uzroci nastanka oštećenja.

Prvi dio rada bio je izrada georeferencirane baze podataka o svim kružnim oštećenjima u hrvatskom dijelu Jadrana, korištenjem dva javno dostupna servisa: ARKOD Preglednik i Google Earth. Baza podataka je napravljena u programu Excel jer je iz njega vrlo jednostavno pripremiti podatke za daljnje analize u drugim statističkim programima. U drugom dijelu rada provedena je analiza podataka iz baze. Napravljena je osnovna deskriptivna statistika za sva zabilježena kružna oštećenja u naseljima posidonije, te je analiziran odnos između karakteristika oštećenja i lokalnog društveno-ekološkog konteksta. Zbog opsega podataka detaljnije su analizirani samo podatci koji se odnose na kružna oštećenja koja su bila u pravilnim nizovima uz obalu kopna i otoka. Uočena pravilnost naime upućuje na to da su oštećenja nastala ljudskim djelovanjem.

Rezultati ova prva dva dijela istraživanja potrebni su za provedbu slijedećeg, trećeg, koji se sastoji u *in situ* istraživanju karakteristika kružnih oštećenja u naseljima posidonije (npr. izgled ruba oštećenja, eventualni oporavak naselja posidonije na mjestu oštećenja, itd.), što bi omogućilo otkrivanje mogućih uzroka oštećivanja.

Zabilježeno je sveukupno 476 kružnih oštećenja u hrvatskom dijelu Jadrana. Njihov promjer, površina, udaljenost od obale i dubina na kojoj se nalaze variraju. Većina zabilježenih oštećenja je zasebna, kružnog oblika, pravilnih rubova, promjera između 5 i 138 m (medijan 27 m, srednja vrijednost 34 m), između 2 i 39 m dubine (medijan 13 m, srednja vrijednost 14 m). Udaljenost oštećenja od obale je između 11 i 1330 m (medijan 82 m, srednja vrijednost 130 m), a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja je 35 do 8200 m i jednaka je udaljenosti do najbliže luke. U većini slučajeva najbliže ljudsko naselje/luka bila je samo jedna kuća (35%). Oštećenja su najčešće bila smještena uz sjeveroistočnu i sjeverozapadnu obalu, te uglavnom nisu bila izložena vjetru (tablica 1).

Oštećenja velikih promjera mogla bi se povezati s detonacijama avionskih bombi i granatiranjem eksplozivnim sredstvima velikog kalibra tijekom Drugog Svjetskog rata i Domovinskog rata, na onim mjestima za koja se zna da je takvih aktivnosti bilo, kao što bi mogao biti slučaj s većim oštećenjem kod otoka Ilovika (Drugi svjetski rat) i oštećenjima pokraj grada Cavtata (Domovinski rat). Od ovakvih velikih oštećenja se posidonija jako sporo oporavlja i potrebno je između 120 i 150 godina da se naselje vrati u prvotno stanje, odnosno da posidonija ponovo preraste oštećeno područje (Meinesz i Lefevre, 1984). Za mala oštećenja u livadama posidonije (promjer manji od 6 m) smatra se da su posljedica sidrenja brodova. Povlačenje sidra po dnu uzrokuje otkidanje i pomicanje rizoma i listova posidonije (Milazzo i sur., 2004). Smanjenjem povezanosti rizoma unutar livade posidonije, smanjuje se stopa produkcije listova što ima za posljedicu širenje oštećenja jer se povećava mobilnosti sedimenta pa je rekolonizacija podloge sporija (Ceccherelli i sur., 2007). Ipak, oštećenja uzrokovana sidrenjem brodova rijetko su kada sasvim pravilna, kružna.

Od 476 kružnih oštećenja, 117 oštećenja nađena su u pravilnim nizovima uz obalu udaljenijih otoka i rjeđe kopna (tablica 2). Zabilježeno je 15 nizova (s 3 do 19 oštećenja u pojedinom nizu) uz otoke Unije, Vele i Male Srakane, Ilovik, Premudu, Molat, Dugi otok, Kornat, Prvić, Šoltu, Vis, te poluotok Pelješac i u blizini Cavtata. Oštećenja u nizovima bila su uglavnom kružnog oblika s promjerom između 6 i 100 m (medijan 40,5 m, srednja vrijednost 40,5 m), na dubini između 2 i 30 m (medijan 12 m, srednja vrijednost 13 m).

Udaljenost od obale bila je između 11 i 231 m (medijan 99 m, srednja vrijednost 101 m), a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja bila je između 57 i 5230 m, te se poklapala s udaljenošću do najbliže luke. Jednako kao i kod zasebnih oštećenja, i kod oštećenja u nizu, najbliže ljudsko naselje/luka bila je samo jedna kuća (22,2 %). Većina oštećenja u nizovima nalazila su se uz sjeveroistočnu i sjeverozapadnu obalu i uglavnom su bila izložena sjeveroistočnom vjetru.

Pravilnost s kojom se pojavljuju kružna oštećenja u nizovima upućuje na ljudsku djelatnost. Ova su oštećenja manjeg promjera (medijan 40 m), na dubinama od 2 do 30 m i udaljena su 15 do 230 m od obale slabije naseljenih otoka, u blizini jače naseljenih otoka. Oštećenja manjih promjera (6 do 60 m), mogla bi biti rezultat ilegalnog ribolova dinamitom. Tudela (2004) u svom radu navodi da je ribolov dinamitom, iako ilegalan, i dalje prisutan u nekim dijelovima Mediterana (npr. Grčkoj, Turskoj) i prakticira se blizu obale na malim dubinama. Eksploziv korišten prilikom ribolova je najčešće kućne izrade i koriste ga mali ribarski obrti (Riegl i Luke, 1999). Kaiser i sur. (2003) u istraživanju utjecaja ribolova dinamitom na koraljnim grebenima navode da ovisno o veličini i tipu eksploziva, te dubini na kojoj se eksplozija događa, promjer utjecaja eksplozije može biti od 5 do 77 m. Nažalost, ilegalni ribolov dinamitom i drugim eksplozivnim sredstvima rasprostranjen je i uz hrvatske obale no ne postoje sustavna istraživanja o njegovom utjecaju na bentoske zajednice. Neka područja poznata po tome su dio Velebitskog kanala uz otok Pag i Ravne Kotare te ušće rijeke Neretve. Nakon Domovinskog rata ostala je velika količina minsko-eksplozivnih sredstava u rukama neodgovornih građana koji su ih, moguće, odlučili koristiti na ovaj ilegalan način.

Obzirom da postoji mogućnost dobivanja ranijih zračnih snimki priobalnog područja Republike Hrvatske od Državne geodetske uprave (prije Domovinskog rata) moglo bi se, za područja na kojima su kružna oštećenja zabilježena, usporediti snimke prije i nakon Domovinskog rata. Na taj način bi se vrlo vjerojatno moglo utvrditi kada su oštećenja nastala.

Postoji i mogućnost da su kružna oštećenja u posidoniji posljedica vojnih geoloških seizmičkih istraživanja. Međutim, to je upitno pošto oštećenja nalazimo gotovo u cijelom hrvatskom dijelu Jadrana, a pretpostavlja se da geološka istraživanja nisu rađena na čitavom tom području. Također, ovakva se istraživanja rade na dubljim područjima, podalje od kopna, a u slučaju istraživanih oštećenja ona su sva uz obalu do dubina od tridesetak m. Potrebno je više saznanja o načinima kako se vrše ova istraživanja i mogu li ona stvarno napraviti utjecaj na morskom dnu u obliku zabilježenih kružnih oštećenja.

Osim ove mogućnost, nedavno se pojavila i ideja da su oštećenja možda nastala zbog nekog toksičnog zagađenja. Naime, 2014. godine rađeno je istraživanje na sličnim oštećenjima zamijećenim u vodama Danske, i otkriveno je da su ta oštećenja nastala zbog toksičnog djelovanja sulfida, akumuliranih u sedimentu, na izdanke morskih cvjetnica (Borum i sur., 2014). Međutim ovo istraživanje rađeno je na naseljima morske cvjetnice vrste *Zostera marina* L. uz obale Danske, tako da se to teško može povezati s oštećenjima u naseljima posidonije u hrvatskom dijelu Jadrana, pošto se radi o različitim vrstama morskih cvjetnica, koje imaju različite ekološke zahtjeve, te različitim geografskim područjima.

Da bi se otkrio pravi uzrok nastanka kružnih oštećenja u naseljima posidonije, potrebna su daljnja istraživanja, naročito ona *in situ*, kojima bi se utvrdio sastav sedimenta i fizikalno-kemijski uvjeti na lokacijama oštećenja. Ujedno bi se trebao promotriti i sam rub oštećenja da se vidi stupanj i brzina oporavka livade. Uz to, potrebno je još očitati i u bazu podataka o oštećenjima dodati koordinate svakog naselja i luke, navedenih u tablici, da bi se mogla provesti opširnija statistička analiza, koja bi za rezultat mogla dati korelaciju između oštećenja i blizine točno određenog naselja i/ili luke. Time bi se lakše moglo testirati hipoteze o tome da su oštećenja u nizovima rezultat ilegalnog ribolova dinamitom.

- Detaljan pregled cijelog hrvatskog dijela Jadrana rezultirao je bazom s 11.900 georeferenciranih podataka o ukupno 476 zabilježenih kružnih oštećenja u naseljima posidonije, od kojih je 117 bilo u pravilnim nizovima duž obale udaljenijih otoka.
- Većina svih zabilježenih oštećenja bila je zasebna, kružnog oblika, pravilnih rubova, promjera između 5 i 138 m, između 2 i 39 m dubine. Udaljenost oštećenja od obale je bila između 11 i 1330 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja je bila 35 do 8200 m i bila je jednaka udaljenosti do najbliže luke. U većini slučajeva najbliže ljudsko naselje/luka bila je samo jedna kuća. Oštećenja su najčešće bila smještena uz sjeveroistočnu i sjeverozapadnu obalu, te uglavnom nisu bila izložena vjetru.
- Zabilježenih 117 kružnih oštećenja nalazilo se u 15 nizova (s 3 do 19 kružnih oštećenja svaki) uz otoke Unije,Vele i Male Srakane, Ilovik, Premudu, Molat, Dugi otok, Kornat, Prvić, Šoltu, Vis, te poluotok Pelješac i u blizini Cavtata. Oštećenja su bila kružnog oblika, promjera između 6 i 100 m, na dubinama između 2 do 30 m. Udaljenost od obale je bila između 11 i 231 m, a udaljenost do najbližeg ljudskog naselja iznosila je između 57 i 5230 m, te se poklapala s udaljenošću do najbliže luke. Najbliže ljudsko naselje/luka bila je samo jedna kuća. Većina oštećenja u nizovima nalazila su se uz sjeveroistočnu i sjeverozapadnu obalu otoka i uglavnom su bila izložena sjeveroistočnom vjetru.
- Povećanjem udaljenosti od obale povećavao se i promjer oštećenja, a povećanjem udaljenosti od ljudskog naselja smanjivala se vjerojatnost pronalaženja oštećenja.
- Oštećenja velikih promjera mogla bi biti povezana s detonacijama avionskih bombi i granatiranjima tijekom Drugog Svjetskog rata i Domovinskog rata, primjer za to su veća oštećenja kod otoka Ilovika (Drugi svjetski rat) i pokraj grada Cavtata (Domovinski rat).
- Za oštećenja manjih promjera (6 do 60 m), koja su dio pravilnih nizova, još uvijek nisu poznati uzroci. Moguće je da su povezana s geo-seizmičkim istraživanjima ili da su nastala ilegalnim ribolovom eksplozivom. Međutim, potrebna su daljnja *in situ* istraživanja, koja bi mogla pomoći u pronalaženju uzroka nastanka ovih oštećenja.

- Bakran-Petricioli T., Petricioli D., Schultz S., Fedel K. (2014): Research of circular pattern damage to Posidonia meadows along the eastern Adriatic Sea. U: Langar H., Bouafif C., Ouerghi A. (urednici) Proceedings of the 5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Portorož, Slovenija, 27.-28.10.2014), RAC/SPA Publications, Tunis, str. 196-197.
- Bakran-Petricioli T., Schultz S., Petricioli D., Kruschel C. (2014): Applicability of Mediterranean baselines of Posidonia oceanica descriptors for the assessment of its conservation status along the eastern part of the Adriatic Sea. U: Langar H., Bouafif C., Ouerghi A. (urednici) Proceedings of the 5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Portorož, Slovenija, 27.-28. 10.2014), RAC/SPA Publications, Tunis, str. 198-199.
- Bonacorsi M., Pergent-Martini C., Bréand N., Pergent G. (2013): Is Posidonia oceanica regression a general feature in the Mediterranean Sea? Mediterranean Marine Science 14 (1): 193-203.
- Borum J., Raun, A.L., Hasler-Sheetal H., Pedersen, M.O., Pedersen O., Holmer M. (2014): Ealgrass fairy rings: sulfide as inhibiting agent. Marine Biology 161: 351-358.
- Boudouresque C. F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. (2012): Protection and conservation of Posidonia oceanica meadows. RAMOGE & RAC/SPA Publications, Tunis, 202 str.
- Ceccherelli G., Campo D., Milazzo M. (2007): Short-term response of the slow growing seagrass Posidonia oceanica to simulated anchor impact. Marine Environmental Research 63: 341-349.
- Kaiser M.J., Collie J.S., Hall S.J., Jennings S., Poiner R.I. (2003): Impacts of fishing gear on marine benthic habitats. U: Sinclair M. & Valdimarsson G. (urednici) Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem, FAO Publications, str. 197-214.
- Meinesz A., Lefevre J.R. (1984): Regeneration d'un herbier de Posidonia oceanica quarante annees apres sa destruction par une bombe dans la Rade de Villefranche (Alpes-Maritimes-France), International Workshop Posidonia oceanica Beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. (urednici), GIS Posidonie publications, Vol. 1, str. 39-44.

- Millazo M., Badalamenti F., Ceccherelli G., Chemello R. (2004): Boat anchoring on Posidonia oceanica beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 299: 51-62.
- Montefalcone M. (2009): Ecosystem health assessment using the Mediterranean seagrass Posidonia oceanica: A review. Ecological Indicators 9: 595-604.
- Montefalcone M., Parravicini V., Vacchi M., Albertelli G., Ferrari M., Morri C., Bianchi C.N. (2010): Human influence on seagrass habitat fragmentation in NW Mediterranean Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science 86: 292–298.
- Pergent G., Bazairi H., Bianchi C.N., Boudouresque C.F., Buia M.C., Clabaut P., Harmelin-Vivien M., Mateo M.A., Montefalcone M., Morri C., Orfanidis S., Pergent-Martini C., Semroud R., Serrano O., Verlaque M. (2012): Mediterranean seagrass meadows: Resilience and contribution to climate change mitigation, A short summary. IUCN, Gland, Switzerland & Málaga, Spain, 40 str.
- Personnic S., Boudouresque C.F., Astruch P., Ballesteros E., Blouet S., Bellan-Santini D., Bonhomme P., Thibault-Botha D., Feunteun E., Harmelin-Vivien M., Pergent G., Pergent-Martini C., Pastor J., Poggiale J.C., Renaud F., Thibaut T., Ruitton S. (2014): An ecosystem-based approach to assess the status of a Mediterranean ecosystem, the Posidonia oceanica Seagrass Meadow. PLoS ONE 9 (6): e98994.
- Riegl B., Luke K.E. (1999): Ecological parameters of dynamited reefs in the northern Red Sea and their relevance to reef rehabilitation. Marine Pollution Bulletin, 37 (8-12): 488-498.
- Schultz S.T., Bakran-Petricioli T., Kruschel C., Petricioli D. (2014): Monitoring of Posidonia meadows under the EC Habitats Directive: vehicular videography can estimate trends in coverage at low cost and high precision. U: Langar H., Bouafif C., Ouerghi A. (urednici) Proceedings of the 5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Portorož, Slovenija, 27.-28.10.2014), RAC/SPA Publications, Tunis, str. 161-166.
- Tudela S. (2004): Ecosystem effects of fishing in the Mediterranean: an analysis of the major threats of fishing gear and practises to biodiversity and marine habitats. Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean. FAO, Rome, No. 74, str. 19-21.

- Vizzini S., Sarà C., Michener R.H., Mazzola A. (2002): The role and contribution of the Seagrass Posidonia oceanica (L.) Delile organic matter for secondary consumers as revealed by carbon and nitrogen stable isotope analysis. Acta Oecologica 23 (4), 227-285.
- www.arkod.hr, pristupljeno: 9.10.2014.
- www.biomedcental.com, pristupljeno: 10.11.2014.
- www.dzzp.hr, pristupljeno: 19.01.2015.
- http://doris.ffessm.fr/, pristupljeno: 18.01.2015.

ŽIVOTOPIS

Kristina Fedel

OSOBNI PODACI:

Ime i prezime:	Kristina Fedel
Datum i mjesto rođenja:	29.07.1990., Pula
Adresa:	A. Kačića-Miošića 4, 52100 Pula
Telefon:	052/222-291
Mobitel:	091/2048-748
E-mail:	kristina.fedel@gmail.com
Državljanstvo:	Hrvatsko

OBRAZOVANJE:

1997. do 2005.	Osnovna škola „Monte Zaro“, Pula
2005. do 2009.	„Opća gimnazija Pula“, Pula
2009. do 2012.	Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Preddiplomski studij, smjer: Biologija (Sveučilišna prvostupnica (baccalaurea) biologije - univ. bacc. biol.)
2012.-	Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Diplomski studij, smjer: Ekologija i zaštita prirode, modul: More

OSTALO:

- Od 2013. član Edukacijskog odbora „Udruge studenata biologije“, BIUS
- Sudjelovanje na dva velika BIUS-ova terena (Cres 2013., Grabovača 2014.)
- Sudjelovanje na Festivalu znanosti u Zagrebu, kao članica Edukacijskog odbora udruge BIUS (2013., 2014.)
- Sudjelovanje na Znanstvenom pikniku u Zagrebu (2014.)
- Sudjelovanje na manifestaciji „Noć biologije“ na PMF-u u Zagrebu (2013.)