

Granulometrijski sastav sedimenta u slanoj močvari Karinskog mora

Raos, Rita

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:150595>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima



Zadar, 2023.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Granulometrijski sastav sedimenta u slanoj močvari Karinskog mora

Diplomski rad

Student/ica:

Rita Raos

Mentor/ica:

Doc. dr.sc. Ivana Zubak Čižmek

Komentor/ica:

Doc. dr.sc. Melita Mokos

Zadar, 2023.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Rita Raos**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Granulometrijski sastav sedimenta u slanoj močvari Karinskog mora** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

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

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

Zadar, 26. rujna 2023.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.2. USLUGE EKOSUSTAVA SLANIH MOČVARA	2
1.2.1 Plavi ugljik	3
1.3 PRIJETNJE I ZAŠTITA SLANIH MOČVARA	4
2. PREGLED LITERATURE	6
3. CILJEVI I SVRHA RADA	7
4. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	8
5. MATERIJALI I METODE	8
5.1 MATERIJALI	8
5.2 METODA RADA	12
5.2.1 Uzorkovanje	12
5.2.2 Priprema uzoraka za prosijavanje	12
5.2.3 Mokro prosijavanje uzoraka	12
5.2.4 Analiza podataka	15
6. REZULTATI	16
7. RASPRAVA	22
8. ZAKLJUČAK	24
9. LITERATURA:	25

SAŽETAK

Granulometrijski sastav sedimenta u slanoj močvari Karinskog mora

Slane močvare su obalni ekosustav na dodiru kopna i mora čija se površina smanjuje 1-2% godišnje. Slane močvare pružaju niz usluga ekosustava poput: mjesta za akvakulturu, bitnog staništa za juvenilne morske organizme i ptice močvarice, kruženja nutrijenata i sekvencije ugljika. Halofiti slanah močvara pohranjuju ugljik iz atmosfere putem fotosinteze i većinski ga pohranjuju u tlo. Taj ugljik, uz ugljik livada morskih cvjetnica i šuma mangrova naziva se plavim ugljikom. Zbog karakteristika sedimenta, organski ugljik može ostati pohranjen u tlu preko tisuću godina. Na količinu pohranjenog ugljika utječe mnogo parametara od kojih je jedan veličina čestica sedimenta. Mulj (frakcija $<63 \mu\text{m}$) pozitivno je korelirana sa količinom organskog ugljika. U ovom istraživanju prikupili smo 6 sedimentarnih jezgri (T1-T6) iz kojih smo uzeli 3 uzorka u ovisnosti o položaju (vrh-sredina-dno). Uzorci su obrađeni metodom mokrog prosijavanja kroz 6 sita (2 mm, 1 mm, 500 μm , 250 μm , 125 μm i 63 μm). Rezultati pokazuju je da najveći postotak sedimenta čini upravo mulj. Između sedimentarnih jezgri nisu zabilježene statistički značajne razlike u sastavu sedimenta. Statistički značajne razlike sedimenta nisu pronađene niti u ovisnosti o dijelu sedimentarne jezgre. Rezultati sugeriraju da sediment ove slane močvare pripada u skupinu pjeskovitih muljeva.

Ključne riječi: sediment, plavi ugljik, slana močvara, mulj

ABSTRACT

Granulometric composition of the sediment in the salt marsh of the Karin Sea

Saltmarshes are a coastal ecosystem at the junction of land and sea, the area of which is decreasing by 1-2% per year. Salt marshes provide a range of ecosystem services such as: sites for aquaculture, essential habitat for juvenile marine organisms and wading birds, nutrient cycling and carbon sequestration. Through photosynthesis, salt marsh halophytes remove carbon from the atmosphere and primarily store it in the soil. This carbon, which is also found in seagrass meadows and mangrove forests, is referred to as blue carbon. Organic carbon can be retained in the soil for many millennia due to the hypoxic characteristics of the sediment. The amount of stored carbon is influenced by many parameters, one of which is the grain size of the sediment. Mud (fraction < 63 μm) is positively correlated with the amount of organic carbon. In this research, we collected 6 sedimentary cores (T1-T6) from which we took 3 samples depending on the position (top-middle-bottom). The samples were processed by wet sieving through 6 sieves (2 mm, 1 mm, 500 μm , 250 μm , 125 μm and 63 μm). From the obtained results, it was concluded that the largest percentage of sediment is mud. No significant differences in sediment composition were recorded between the sedimentary cores. Also, no significant differences were found in sediment samples depending on the part of the sedimentary core. Sediments sampled in this research can be classified as sandy muds.

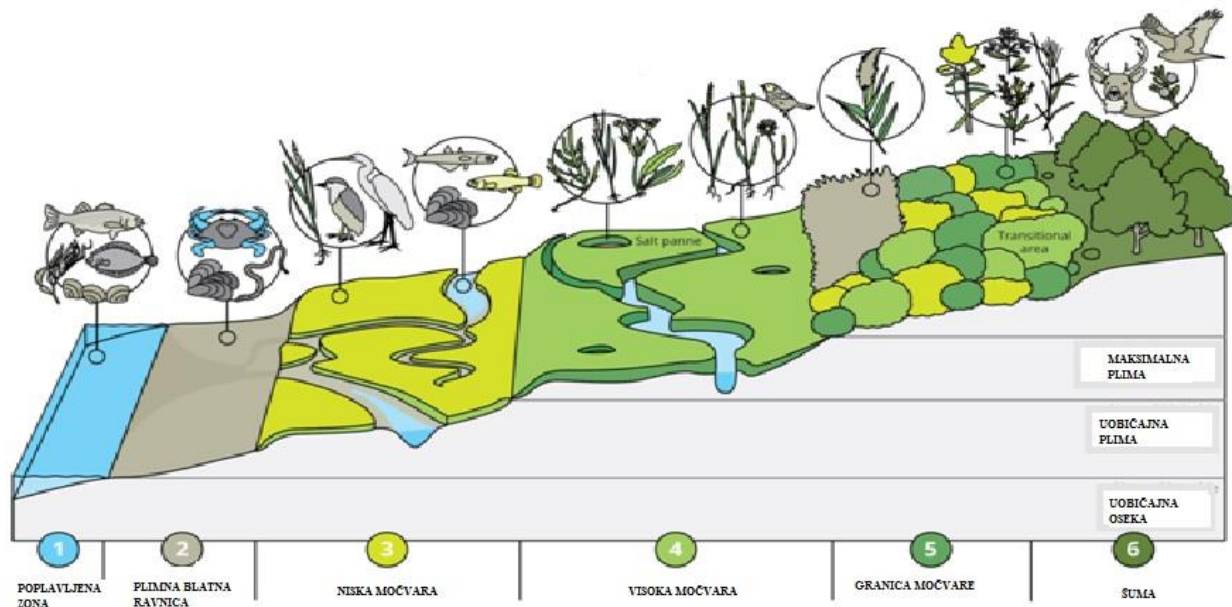
Keywords: sediment, bluecarbon, saltmarsh, mud

1.UVOD

Slane močvare su jedan od najvrjednijih ekosustava na Zemlji koji pokriva manje od 9% kopnene površine (Slika 1.). Smatra se da je gotovo pola močvarnih područja već izgubljeno, a da će se do kraja stoljeća izgubiti još 20-60% (Zedler i Kercher, 2005.;Giuliani i Belluci, 2019.). Ovaj ekosustav pronalazimo na umjerenim i visokim geografskim širinama, između kopna i mora, na niskoenergetskim obalama koje su redovito poplavljene (Slika 1.). Zbog donosa sedimenta, slane močvare ovise o mehanizmu plime i oseke čime se izgled slane močvare mijenja (Fagherazzi i sur., 2012.). Slane močvare najbolje se razvijaju gdje je obalna ravnica široka i blago nagnuta (Friedrichs i Perry, 2001.). Veličina slane močvare direktno je ovisna o mogućnosti stope rasta u visinu koja mora biti viša od srednje morske razine (Kirwan i sur., 2016.). Struktura slanah močvara ovisi o klimi (umjereni, borealni, tropski, subtropski), amplitudi plime te o promjenama kroz godišnja doba (Astruch i sur., 2020.). Uobičajeno razlikujemo visoku (eng. highmarsh) od niske (eng.lowmarsh). Razlika između niske i visoke močvare očituje se u sastavu biljnih vrsta, koje su raznolikije u visokoj močvari dok je u stresnom području niske močvare zabilježeno nekoliko vrsta halofita (Kirwan i sur., 2016.) (Slika 2.). Granica slane močvare ovisi i o topografiji te ljudskom faktoru, pa prijelaz može biti litica, nasip, blaga uzvisina i pješčana dina (Adam, 2002.). Postojanost slane močvare ovisi o neto protoku sedimenta koji se suspendira na močvarnu platformu tijekom plime, čime se omogućava vertikalni rast slane močvare. Močvarna vegetacija sudjeluje u taloženju i stabiliziranju sedimenta na močvarnoj platformi (Fagherazzi i sur., 2013.).



Slika 1. Globalna rasprostranjenost slanah močvara (izvor: Giuliani i Bellucci, 2019.)



Slika 2. Presjek slane močvare (izvor: Internetska stranica Long Island SoundStudy <https://longislandsoundstudy.net/>)

1.2. USLUGE EKOSUSTAVA SLANIH MOČVARA

Slane močvare ekološki su važna sastavnica obalnog krajolika zbog pružanja niza važnih usluga ekosustava (Fagherazzi i sur., 2012.). Neke od usluga opskrbe su pružanje staništa za razmnožavanje, zaklon i hranu juvenilnih organizama školjkaša, rakova i riba (Mitsch i sur., 2015.; Astruch i sur., 2020.). Slane močvare bitno su stanište i za odrasle jedinke europske jegulje *Anguilla anguilla*. Obzirom na uvjete u okolišu, slane močvare su idealna područja za akvakulturu (Astruch i sur., 2020.). U područjima poput Meksičkog zaljeva, 25% ukupnog uzgoja plavog raka obavlja se na području slanih močvara. Slane močvare pružaju i niz sirovina poput treseta koje se koristi kao fosilno gorivo i u hortikulturi i drva (Barbier i sur., 2011.; Mitsch i sur., 2015.). Vegetacija slanih močvara ublažava utjecaj prirodnih nepogoda poput oluja, smanjivanjem energije valova dok sediment upija vodu. Vegetacija također obavlja uslugu regulacije pričvršćivanjem sedimenta korijenjem čime smanjuje pojavu erozije (Finkl, 2017.). Jedna od važnih usluga ekosustava je pružanje staništa za parenje i odmor rijetkih i ugroženih močvarnih ptica (Astruch i sur., 2020.). Slane močvare sudjeluju u kruženju nutrijenata i pročišćavanju vode (Bariber i sur., 2011.). Slane močvare imaju i kulturološke usluge poput ekoturizma, promatranja ptica te mjesta za opuštanje.

Najvažnija usluga ekosustava slanih močvara je sekvestracija ugljika (Mitsch i sur., 2015.) (Slika 3.).

Skladištenje ugljika izrazito je važno za smanjenje učinka stakleničkih plinova tj. globalnog zatopljenja. Ugljik skladišten u slanim močvarama naziva se plavi ugljik i pohranjuje se procesom fotosinteze na izrazito duga vremenska razdoblja.

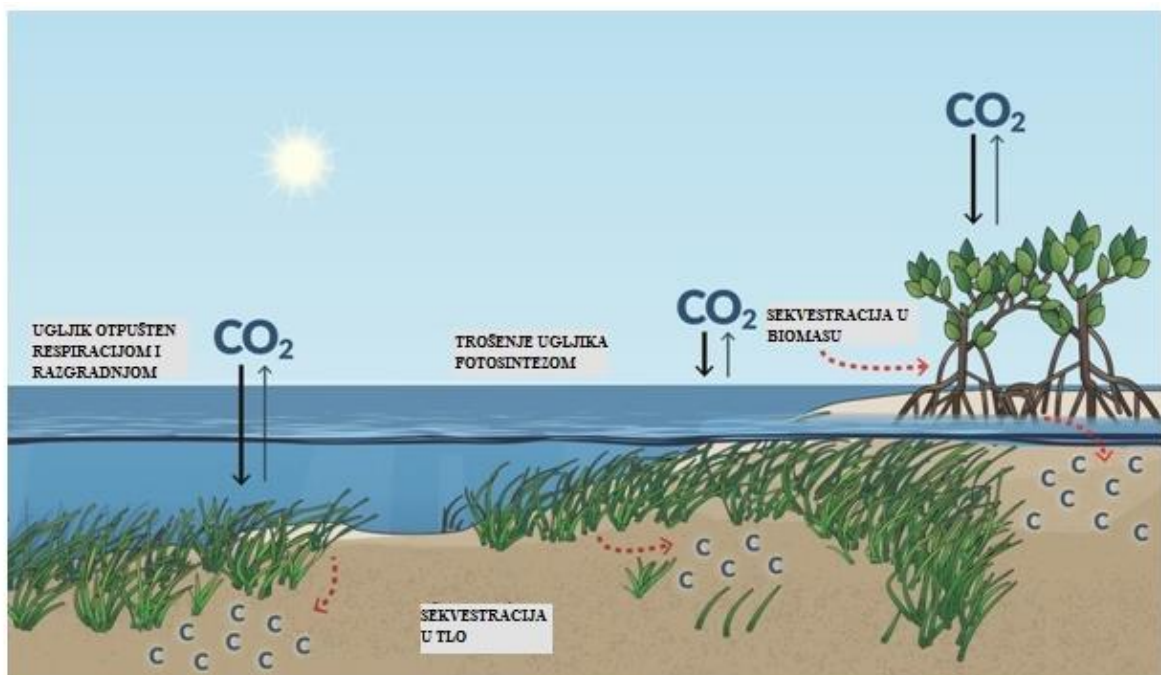


Slika 3. Usluge ekosustava koje pružaju slane močvare (izvor: Adams i sur.,2021.)

1.2.1 Plavi ugljik

Slane močvare diljem svijeta pohranjuju oko 535 Gt ugljika (Zedler i Kercher, 2005.). Plavi ugljik (eng. Blue carbon) je ugljik koji je sekvestiran u morskim i obalnim ekosustavima pomoću vegetacije procesom fotosinteze (Howard i sur., 2017.). Mangrove, slane močvare i morske cvjetnice smatraju se izrazito bitnim ponorima ugljika. Obzirom na visoku produktivnost te hipoksične ili anoksične uvjete tla, ovi ekosustavi hvataju i pohranjuju velike količine ugljika (Christianson i sur., 2022.). Veći dio ugljika pohranjuje se u tlo što predstavlja pohranjivanje na duljoj vremenskoj skali jer ugljik ostaje zarobljen i više tisuća godina. Manji dio ugljika pohranjuje se kratkoročno, oko deset godina, unutar žive biomase

(stabljike, lišće, korijenje) te nežive biomase (detritusa) (Zedler i Kercher, 2005.) (Slika 4.). Između 50-90% ugljika u slanim močvarama nalazi se u tlu. Ovaj postotak ovisi o tipu vegetacije (dominantnoj vrsti), visini i gustoći biljnog pokrova, klimatskim uvjetima i mikrobnim procesima (Owers i sur., 2016.; Howard i sur., 2017.; Christianson i sur., 2022.). Sediment slanih močvara se ne može zasititi ugljikom u zdravom obalnom ekosustavu, jer kao odgovor na podizanje morske razine, raste i močvarna platforma (McLeod i sur., 2011.; Howard i sur., 2017.). Skladištenje plavog ugljika ovisi o nizu čimbenika od kojih je jedan veličina čestica sedimenta. Smanjenjem veličine čestica sedimenta povećava se količina organskog ugljika što vrijedi za sve ekosustave plavog ugljika (Mahmoudi i Pourebrahim, 2022.). Posebice su važne čestice sedimenta manje od $63\mu\text{m}$, koje su klasificirane kao mulj tj. glina + prah. Zabilježen je veći postotak organskog ugljika na mjestima sa većim postotkom mulja (Prentice i sur., 2020.).



Slika 4. Prikaz pohranjivanja plavog ugljika (izvor: Internetska stranica Pewtrusts)

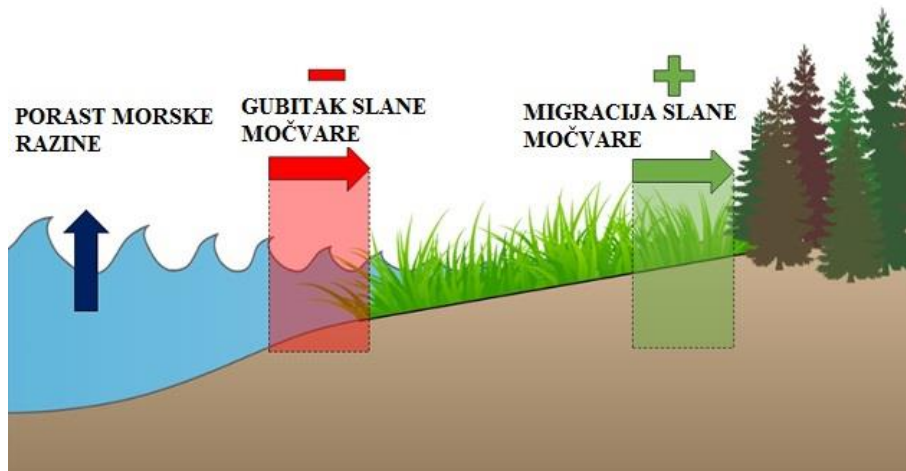
1.3 PRIJETNJE I ZAŠTITA SLANIH MOČVARA

Ljudske aktivnosti pridonijele su gubitku ovog ekosustava izravno i neizravno te na lokalnoj, regionalnoj i globalnoj razini (Kennish, 2001.). Melioracija i gradnja nasipa zbog

agrikulture urbanizacije i industrije uzrok su gubitaka oko polovice slanih močvara od 1800. do 2010. godine (Almeida i sur., 2014.). Solane, jaružanje, odlaganje otpada, nekontrolirano ribarstvo, mijenjanje prirodnog toka kanala i nasipavanje utječu na prirodni proces plavljenja slane močvare koji omogućava donos nutrijenata i vertikalni rast (Kennish, 2001.). Vertikalno potapanje slanih močvara je glavni uzrok njihovog nestajanja, a događa se kada vertikalni rast močvarne platforme ne može pratiti rast morske razine i eroziju uzrokovanu valovima (Fagherazzi i sur., 2013.; Mariotti i Car, 2014.). Slane močvare su po svojoj prirodi prilagodljiv ekosustav koji pozitivno odgovara na stresore poput rasta morske razina migriranjem u unutrašnjost (Slika 5.). Taj proces prekinut je zatvaranjem slane močvare gradnjom brane, nasipa ili ceste (Kennish, 2001.; Fagherazzi i sur., 2013.; Almeida i sur., 2014.). Eutrofikacija nastaje kao posljedica prevelikog donosa hranjivih tvari iz agrikulture te su slane močvare u blizini zasićene dušikom što štetno djeluje na vegetaciju, dinamiku, osjetljivost i stabilnost ekosustava (Deegan i sur., 2012.). Povišenje morske razine uzrokovano klimatskim promjenama, prema istraživanjima, dovest će do gubitka 20% - 50% do kraja stoljeća (Kirwan i sur., 2016.). Biljne vrste niskim močvara već se mogu pronaći u visokim močvarama što sugerira promjenu u sastavu flore (Thorne i sur., 2012.). Osim biljne zajednice, mijenja se i hranidbenamrežate usluge pročišćavanja, zaštite od erozije, razgradnje organske tvari, sekvestracije ugljika te bioraznolikost (Thorne i sur., 2012.; Colombano i sur., 2021.). Ekosustavi plavog ugljika pohranjuju organski ugljik u tlima koja zbog hipoksičnih uvjeta usporavaju remineralizaciju i otpuštanje natrag u atmosferu (Lovelock i sur., 2017.). Povećana koncentracija stakleničkih plinova dovodi do zagrijavanja planeta, koje se trenutno odvija porastom od 1°C svakih 100 godina (Griggs i Reguero, 2021.). Zalihe ugljika u slanim močvarama osjetljive su na promjene u ekosustavu te ako dođe do degradacije ili gubitka ekosustava, ugljik će biti emitiran u atmosferu u obliku ugljikovog dioksida. Ovaj proces pridonosi globalnom zatopljenju i konvertira slane močvare iz ponora ugljika u izvor ugljika (Lovelock i sur., 2017.).

Veliki dio slanih močvara u Europi zaštićeno je nacionalnom i međunarodnom zaštitom (Davidson, 2016.). Na međunarodnoj razini izrazito je važna Ramsarska konvencija, Konvencija o biološkoj raznolikosti, Konvencija o svjetskoj baštini, UN Konvencija o vodama i UNESCO Program Čovjek i biosfera. Na regionalnoj razini slane močvare su zaštićene Barcelonskom konvencijom i njenim protokolima poput Bernske i Bonnske konvencije i Sporazuma o zaštiti afričkih- euroazijskih migratornih ptica močvarica (PAP/RAC, 2019.). Unutar Europske unije zaštita je postignuta Direktivom o pticama i Direktivom o staništima te ekološkom mrežom Natura 2000. Unutar Direktive o staništima,

Posebnim područjem očuvanja proglašena su dva staništa od kojih su jedne Mediteranske i termoatlantske slane močvare i slane livade (Davidson, 2016.).



Slika 5. Prirodna migracija slane močvare (izvor: Internetska stranica WMAP Blog)

2. PREGLED LITERATURE

Granulometrijski sastav sedimenta jest podjela čestica sedimenta po veličini. Najčešće se određuje mehaničkim analizama: sijanjem, areometriranjem ili hidrometrijskom analizom (Gavrić, 2021.). Količina plavog ugljika ovisi o nizu bioloških i fizikalnim čimbenika koji uključuju i karakteristike sedimenta poput poroznosti, nasipne gustoće i veličine zrna (Prentice i sur., 2020.). Smanjenjem veličine čestica sedimenta povećava se količina organskog ugljika što vrijedi za sve ekosustave plavog ugljika (Mahmoudi i Pourebrahim, 2022.). Veličina čestica sedimenta i gustoća sedimenta smatraju se prediktorima za kapacitet skladištenja ugljika u slanim močvarama (Rohr i sur., 2018.). Veličina zrna povezana je i sa poroznošću i gustoćom sedimenta koji utječu na koncentraciju kisika. Dahl i sur. (2016.) utvrdili su da su visok udio sitnih čestica, visoka poroznost i niska gustoća sedimenta povezani sa visokim sadržajem ugljika u sedimentu. Nisu, međutim, pronašli statistički značajne razlike u masi čestica mulja ovisno o dubini sedimenta. Visoke razine ugljika u slanim močvarama povezane su sa hidrogeomorfološkim uvjetima (Samper- Villarreal i sur., 2016.). Topografija i hidrologija, karakteristike tla (npr. mineralogija) i biološke značajke (npr. primarna proizvodnja) kontroliraju skladištenje organskog ugljika u tlu kopnenih sustava, mangrovama i plimnim slanim močvarama. Obližnji estuariji donose sitni sediment koji povećava akumulaciju organskog ugljika jer je manje granulacije od pijeska (Serrano i

sur., 2016.). Obzirom na karakteristike tla, muljeviti sediment koji prevladava u zoni niske močvare je hipoksičan ili anoksičan što usporava razgradnju organske tvari. Morski i obalni ekosustavi s ovim tipom sedimenta pohranjuju ugljik na duljoj vremenskoj skali (preko tisuću godina) (Rohr i sur., 2018.). Zabilježen je veći postotak organskog ugljika na mjestima sa većim postotkom mulja (Prentice i sur., 2020.). Stopa akumulacije ugljika slanih močvara pozitivno je korelirana sa produktivnošću podzemne biomase i negativno korelirana sa razgradnjom organske tvari. Na oba procesa utječe raspon plime i oseke, vegetacija (zabilježene su razlike između različitih vrsta halofita), mikroorganizmi tla, nadmorska visina i geografska širina. Trend pada stope akumulacije ugljika zabilježen je prelaskom od niske prema visokoj močvari na svim lokacijama sa dostupnim podacima za usporedbu (Ouyang i Lee, 2014.). Sousa i sur. (2017.) zabilježili su istraživanjem slane močvare Ria de Aveiro u Portugalu da je postotak mulja u niskoj močvari varirao od 36% do 61%, a u visokoj močvari od 52% do 57%. Također su zabilježene razlike u udjelu organskog ugljika u različitim dijelovima lagune kao i u obližnjim slanim močvarama Portugala i Španjolske. Obzirom na geografsku širinu, rezultati su varirali na sjevernoj hemisferi pa tako ekosustavi plavog ugljika Baltičkog mora imaju uvelike manji udio mulja od ekosustava plavog ugljika Mediterana i Crnog mora. Ovaj fenomen još nije dovoljno istražen pa konkretnih objašnjenja nedostaje (Ouyang i Lee, 2014.; Rohr i sur., 2018.).

Iako su slane močvare učinkovite u pohranjivanju ugljika, istraživanja o globalnoj akumulaciji ugljika u slanim močvarama malobrojnija su u odnosu na druge ekosustave. Velik broj područja slanih močvara nikad nije kartiran pa njihova površina kao i zalihe ugljika variraju kod različitih autora (Ouyang i Lee, 2014.). Za područje Republike Hrvatske nismo pronašli niti jedan objavljen i dostupan znanstveni rad ili istraživanje povezanosti organskog ugljika i veličine čestica sedimenta u morskom okolišu ili određivanja udjela mulja u sedimentu slanih močvara, što ovo istraživanje čini prvim takvim.

3. CILJEVI I SVRHA RADA

Cilj ovog rada bio je odrediti količinu mulja u sedimentu slane močvare te povezati količinu mulja s potencijalom pohrane plavog ugljika. Ovo istraživanje pomoći će procijeniti potencijal pohrane organskog ugljika u slanoj močvari Karinskog mora te može poslužiti kao ogledna točka za daljnja istraživanja plavog ugljika u slanim močvarama Hrvatske. Svrha rada je doprinos znanstvenoj zajednici i proširenje znanja o slanim močvarama u Hrvatskoj te

uslugama ekosustava koje pružaju. Nadamo se da će ovaj rad potaknuti daljnja istraživanja i adekvatnu zaštitu ekosustava.

4. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Obalno močvarno područje Tuvina smješteno je između ušća rijeka Karišnice i Bijele. Zauzima približno 6 ha obalne slane močvare i dio je Natura2000 područja HR2001316 Karišnica i Bijela. Obalni dio Tuvine uz more najvećim dijelom je šljunkovita plaža. Iza plaže i šljunkovitog nasipa visine približno 1m nalazi se više ili manje zaslanjeno močvarno područje. Ljeti, za vrijeme najvećih suša, Tuvina gotovo u potpunosti presušuje te se voda zadržava samo u njenom središnjem dijelu koji se naziva „Blato“, gdje je i provedeno uzorkovanje sedimenta. U području najveće slanosti razvija se dominantni ciljni stanišni tip 1310 Muljevite obale obrasle vrstama roda *Salicornia* i drugim jednogodišnjim halofitima. Na uzdignutijim dijelovima područja razvija se drugi ciljni stanišni tip 1420 Mediteranska i termoatlantska vegetacija halofilnih grmova (*Sarcocornetea fruticosi*), dominiran grmolikim trajnicama. Treći ciljni stanišni tip u obalnom dijelu su 1410 Mediteranske sitine (*Juncetalia maritimi*) (Plan upravljanja područjem ekološke mreže Karišnica i Bijela (PU 6081), MINGOR, 2021.).

Lokacija uzorkovanja smještena je 150 m sjeveroistočno od ušća rijeke Karišnice. Točke uzorkovanja (T1-T6) smještene su duž linijskog transekta položenog paralelno s obalnom linijom, međusobno udaljene 2 m.

5. MATERIJALI I METODE

5.1 MATERIJALI

Uzorci sedimenta

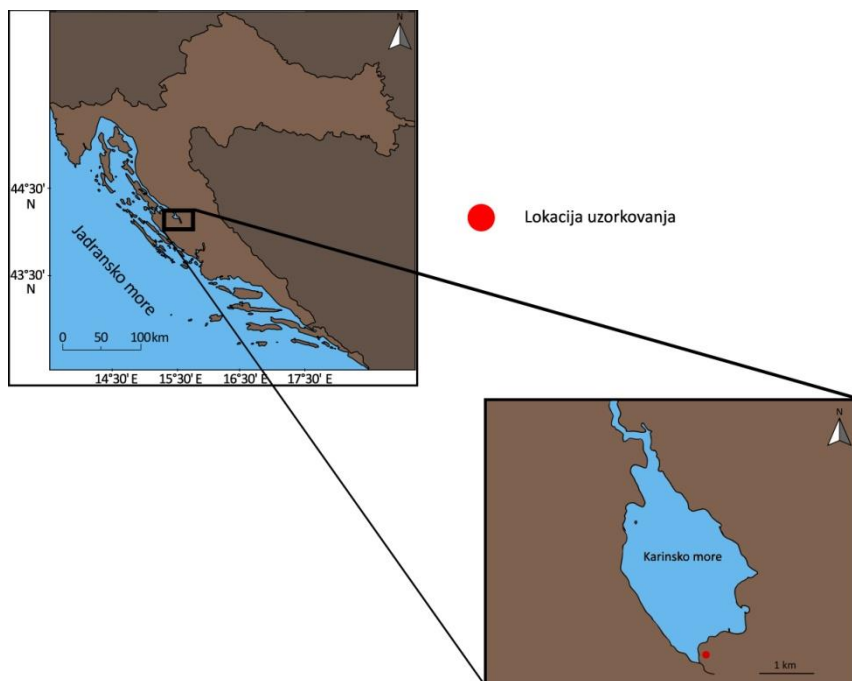
U ovom radu korišteni su uzorci sedimenta prikupljeni u slanoj močvari Tuvina u mjestu Karin Gornji (44°07'55.0" N, 15°37'08.5" E) u lipnju 2023. godine (Slika 6.). Za uzorkovanje su korišteni koreri/ sedimentarne cijevi promjera 75 mm koje su ručno utiskivane u tlo do dubine od 50 cm (Slika 7.).

Aparatura

- Analitička vaga (Cole-Parmer Symmetry PR-Series Precision Toploading Balance, 410g x 0.001g -- 115 V)
- Sušionik (Cole-Parmer)

Pribor

- Petrijeve zdjelice
- Špric boca
- Kapaljka
- Stakleni štapić
- Plastične posude
- Papir lađice za vaganje
- Laboratorijske čaše
- Metalna sita za frakcioniranje (promjeri: 2mm, 1mm, 500 μ m, 250 μ m 125 μ m i 63 μ m) (Slika 8)
- Nož
- Marker
- Čekić
- Uže
- Samoljepljiva traka
- Metalna šipka
- Kist
- Koreri (niskošumne PVC cijevi) (promjer: 75 mm) (Slika 9.)



Slika 6. Lokacija uzorkovanja, slana močvara Tuvina - Karin Gornji (Izvor: Ivana Zubak Čižmek)



Slika 7. Zabijeni korer u tlo (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 8. Metalna sita korištena za sortiranje čestica različitih promjera (izvor: Internetska stranica ChemistryLibreTexts)



Slika 9. Koreri (PVC cijevi) korištene za uzorkovanje sedimenta (Izvor: vlastita fotografija)

5.2 METODA RADA

5.2.1 Uzorkovanje

Koreri dužine 50 cm zabijeni su u sediment u 6 točaka uz pomoć čekića . Uzorci su uzeti duž linearnog transekta međusobno udaljeni 2 metra. Cijevi su zavezane užetom a vrhovi su obloženi samoljepljivom trakom kako bi se stvorio vakuum. Povlačenjem konopca i povremenim okretanjem cijevi omogućeno je zarobljivanje sedimenta unutar cijevi te vađenje na površinu. Cijevi su označene pripadnim točkama (T1, T2, T3, T4, T5, T6) markerom. Uzorci su izvađeni iz cijevi uz pomoć metalne šipke i manje cijevi te postavljeni na karton sa oznakom za vrh (V), dno (D) i sredinu (S) svake jezgre (Slika 10. A, B). Uzorci su obrađeni u laboratoriju Sveučilišta u Zadru.

5.2.2 Priprema uzoraka za prosijavanje

Od svakog uzorka na papirnate lađice izvagano je ukupno 150 grama mokre mase, 50 g sa vrha uzorka, 50 g sa dna uzorka i 50 g iz sredine (Slika 11.). Uzorci su označeni i pohranjeni u sušionik na 48 sata i 60° C kako bi izgubili svu vodu. Nakon sušenja, uzorci su ponovno izvagani (suha masa) te stavljeni u laboratorijske čaše sa vodom te ostavljeni da se namaču 24 sata.

5.2.3 Mokro prosijavanje uzoraka

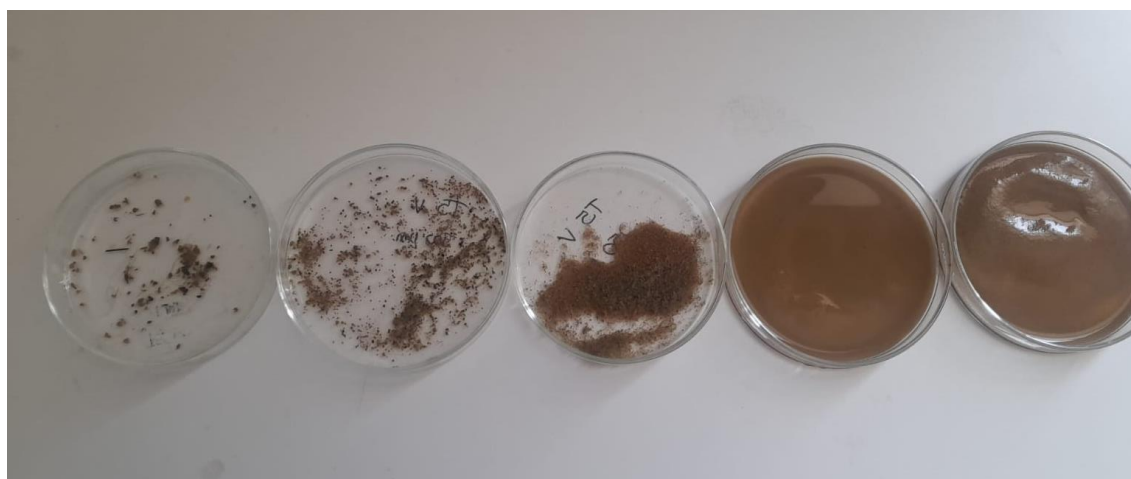
Nakon namakanja uzorci su prosijavani kroz set od 6 sita različitih promjera. Najmanje sito je promjera 63 μm te je sediment manji od toga dobiven razlikom suhe mase i mase ostalih sita. Najveće sito je 2 mm što predstavlja najveću frakciju klasificiranu kao pijesak. Sita se postavljaju jedno na drugo, počevši od najmanje prema najvećoj frakciji. Na najveće sito postavljamo uzorak čiji sadržaj ovisno o veličini propada na iduće sito ili ostaje na površini prvog. Sita su se ispirala vodom te je korištena boca štrcaljka s vodom i kist za zaostali sediment u porama sita. Sediment je pohranjen u Petrijeve zdjelice označene markerom (npr. T1 V 500 μm – točka 1 vrh frakcija 500 μm) te je kapaljkom izvađen višak vode (Slika 12.). Prije vraćanja uzoraka u sušionik neki su pregledani pod lupom (Slika 13.A,B). Nakon sušenja uzorci su ponovno izvagani i upisani u tablicu dok je masa mulja (<63 μm) dobivena je razlikom svih masa od ukupne suhe mase. Klasifikacija sedimenta obavljena je prema Wentworthovoj skali kojom je klasa pijeska podijeljena u više frakcija i odvojena od ukupne mase silta tj. praha (Wentworth, 1922.) (Slika 14.).



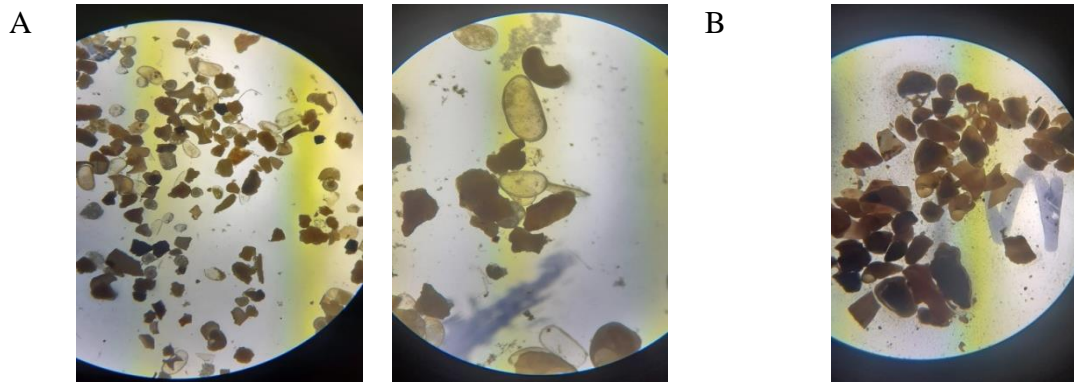
Slika 10. Prikaz izvlačenja uzorka iz korera (Izvor: vlastita fotografija)



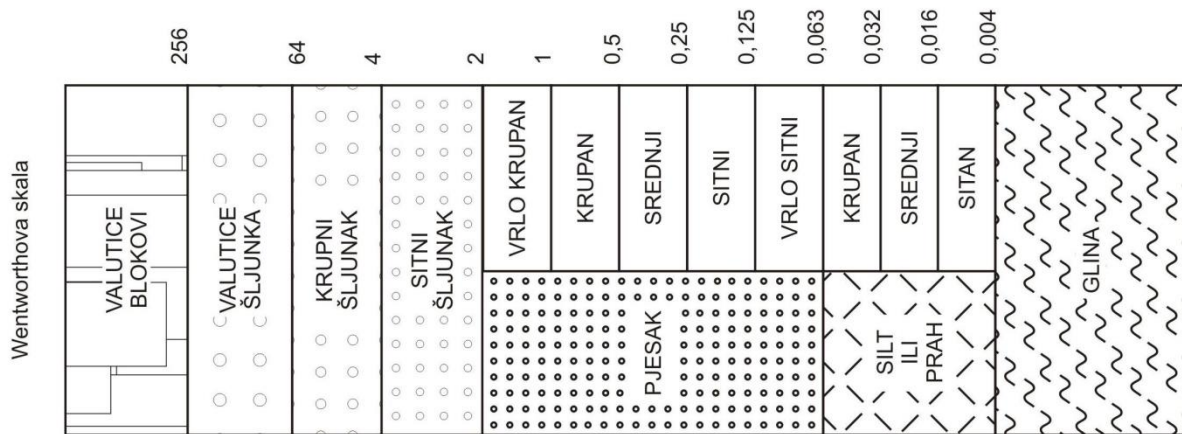
Slika 11. Izvagani uzorci prije sušenja (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 12. Uzorak T5 V (točka 5 vrh), s lijeva na desno frakcije: 1 mm, 500 μm , 250 μm , 125 μm i 63 μm (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 13. A Uzorak T5 D 500 μm (točka 5 dno jezgre, frakcija 500 μm) pod lupom. Vidljiv biogeni, fitogeni i zoogeni sediment. B Uzorak T5D 1mm (točka 5 dno jezgre , frakcija 1 mm) pod lupom. Vidljiv zoogeni sediment (ljušture školjkaša) (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 14. Wentworthova skala (Izvor: internetska stranica srce.hr)

5.2.4 Analiza podataka

Podaci su uneseni i obrađeni u programu MS Excel. Statistička analiza provedena je u programu Jamovi (verzija 2.3). U analizi podataka korišteni su Shapiro-Wilks test, parametrijska jednosmjerna ANOVA i neparametrijski Kruskal-Wallis test.

6. REZULTATI

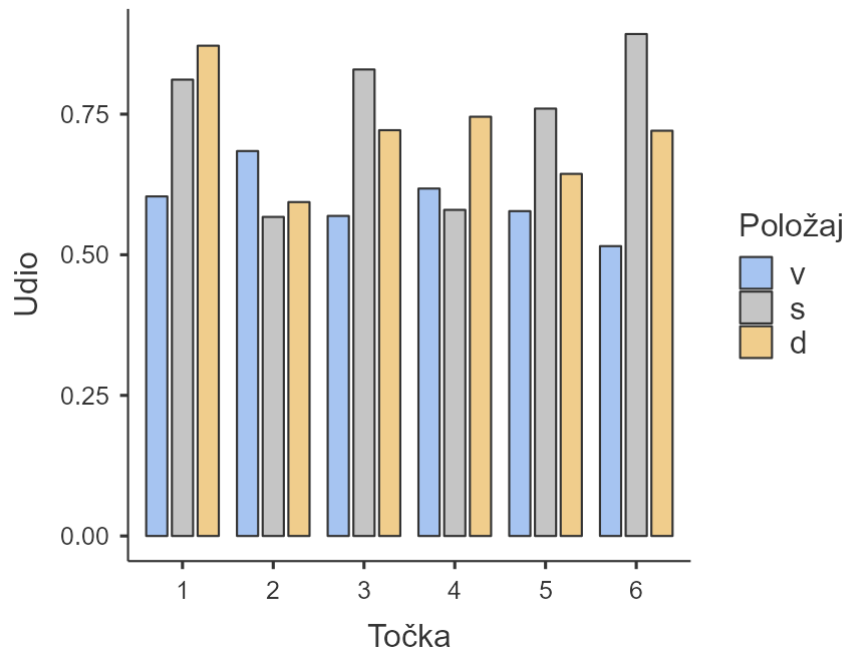
Analizom podataka o relativnom udjelu mulja kumulativno na svim točkama i svim položajima prate normalnu distribuciju (Shapiro-Wilks $p=0.215$, $W=0.933$), ali je set podataka manji od $N=30$ te je uz parametrijsku jednosmjernu ANOVA analizu napravljen i neparametrijski Kruskal-Wallis (KW) test, uz razinu značajnosti u svim testovima $\alpha=0.05$. Rezultat pokazuje da između 6 točaka (T1-T6) nema statistički značajne razlike u udjelu mulja u uzorcima (ANOVA $p=0.741$, $F=0.542$; KW $p=0.734$, $X^2=2.78$). Također, nema statistički značajne razlike u udjelu mulja između različitih položaja u stupcu (vrh-sredina-dno) (ANOVA $p=0.054$, $F=3.56$; KW $p=0.079$, $X^2=5.06$).

Uzimajući u obzir 3 osnovne frakcije (šljunak-pijesak-mulj) svake točke u ovisnosti o položaju u jezgri, utvrđeno je da u uzorcima nema šljunka, a da u svim uzorcima više od 50% udjela čini mulj. Time se može zaključiti da se na istraženju lokaciji sediment uzoraka svrstava u grupu pjeskoviti mulj.

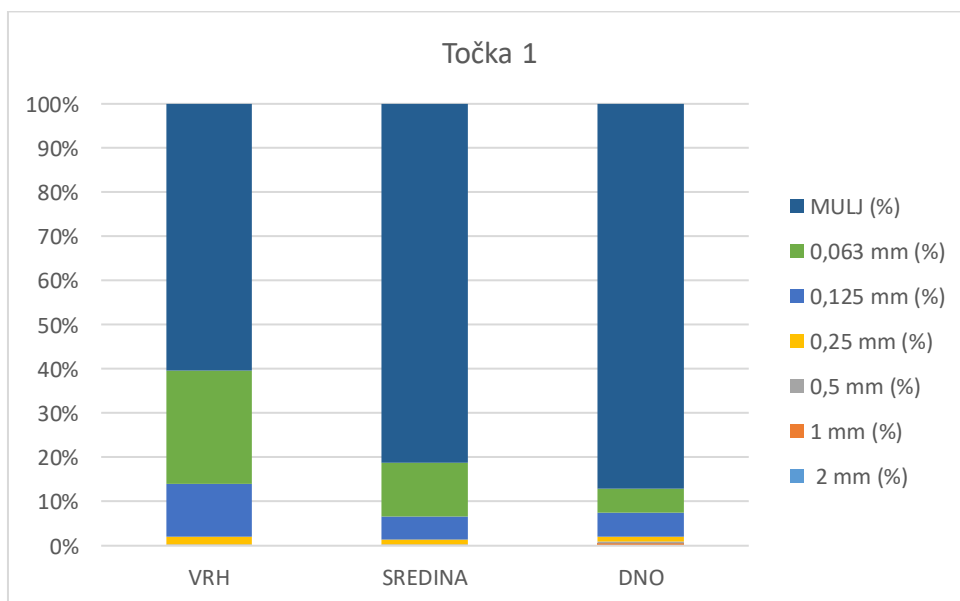
Tablica 1. Postotak svake pojedine frakcije u svim uzorcima i prema položaju u jezgri

	POLOŽAJ JEZGRE	PROMJER SITA						MULJ (%)
		2 mm (%)	1 mm (%)	0,5 mm (%)	0,25 mm (%)	0,125 mm (%)	0,063 mm (%)	
T 1	VRH	0,00	0,00	0,33	1,62	11,96	25,72	60,37
	SREDINA	0,00	0,00	0,33	1,00	5,33	12,21	81,14
	DNO	0,00	0,57	0,37	1,00	5,60	5,28	87,17
T 2	VRH	0,00	1,50	2,08	4,74	8,91	14,32	68,44
	SREDINA	0,00	0,00	0,42	0,47	7,03	35,35	56,73
	DNO	0,00	0,17	2,00	0,51	13,39	24,56	59,37
T 3	VRH	0,52	0,36	38,00	1,51	16,02	24,29	56,91
	SREDINA	0,00	0,00	0,00	0,42	3,07	13,56	82,95
	DNO	0,00	0,00	0,65	3,00	8,51	15,69	72,15
T 4	VRH	0,00	0,85	0,59	3,14	19,04	14,60	61,77
	SREDINA	0,00	0,00	0,00	0,39	3,88	37,74	57,98
	DNO	0,00	1,55	1,10	2,35	8,65	11,80	74,54
T 5	VRH	0,00	0,33	0,90	2,64	12,62	25,75	57,76
	SREDINA	0,00	0,00	0,00	0,48	2,18	21,35	75,99
	DNO	0,00	1,35	1,01	1,58	9,21	22,48	64,38
T 6	VRH	0,00	0,02	0,49	1,69	15,07	31,20	51,53
	SREDINA	0,00	0,00	0,37	0,95	3,21	6,23	89,25
	DNO	0,00	0,40	1,17	3,62	7,41	15,35	72,05

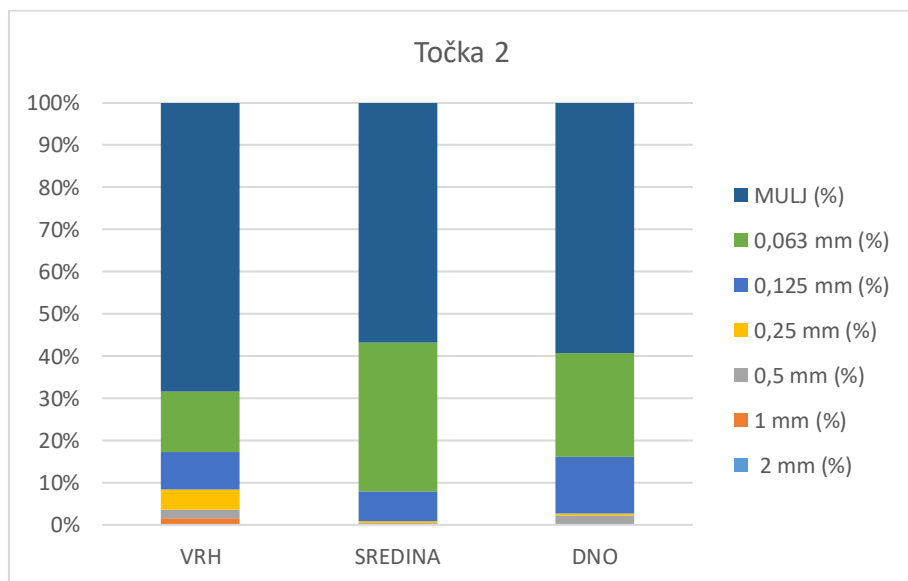
Stupčastim grafikonom prikazan je postotak mulja u svim uzorcima prema položaju u jezgri (vrh, sredina, dno) (Slika 15.). Stupčastim dijagramima prikazani su postotci svih frakcija u svakom dijelu jezgre.



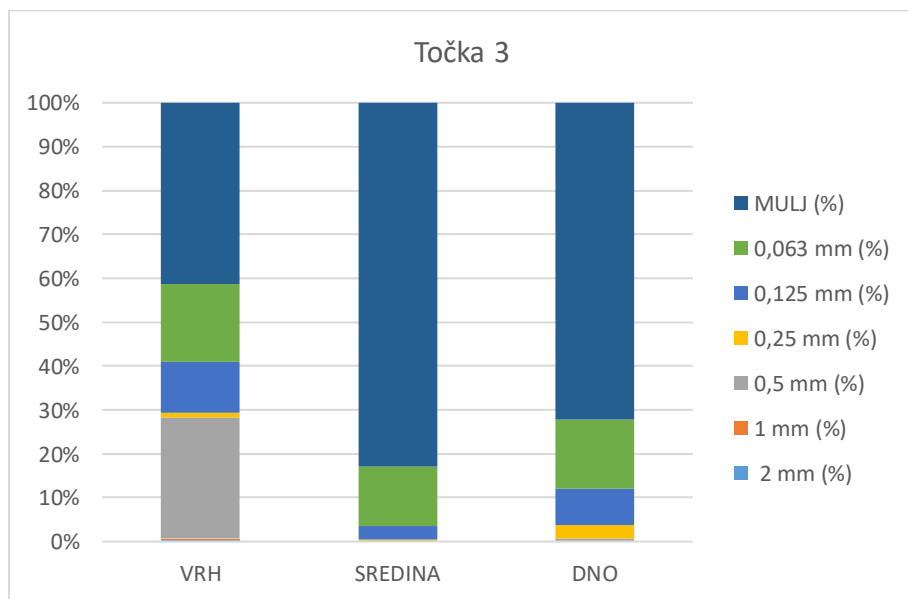
Slika 16. Grafički prikaz udjela mulja ($\phi < 63 \mu\text{m}$) u svim uzorcima. Oznake v, s i d označavaju položaj u jezgri (vrh-sredina-dno).



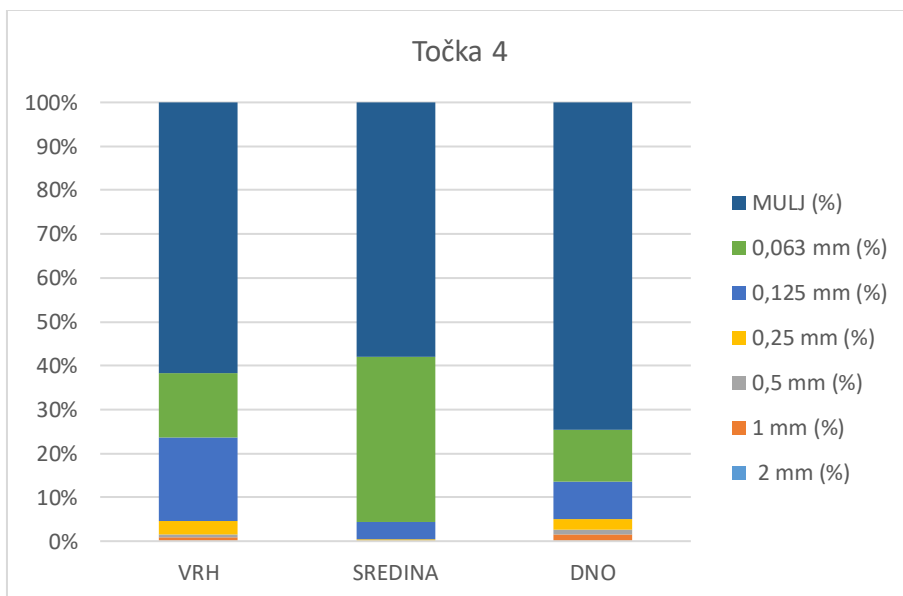
Slika 17. Grafički prikaz udjela pojedine frakcije u uzorcima sedimenta – točka 1.



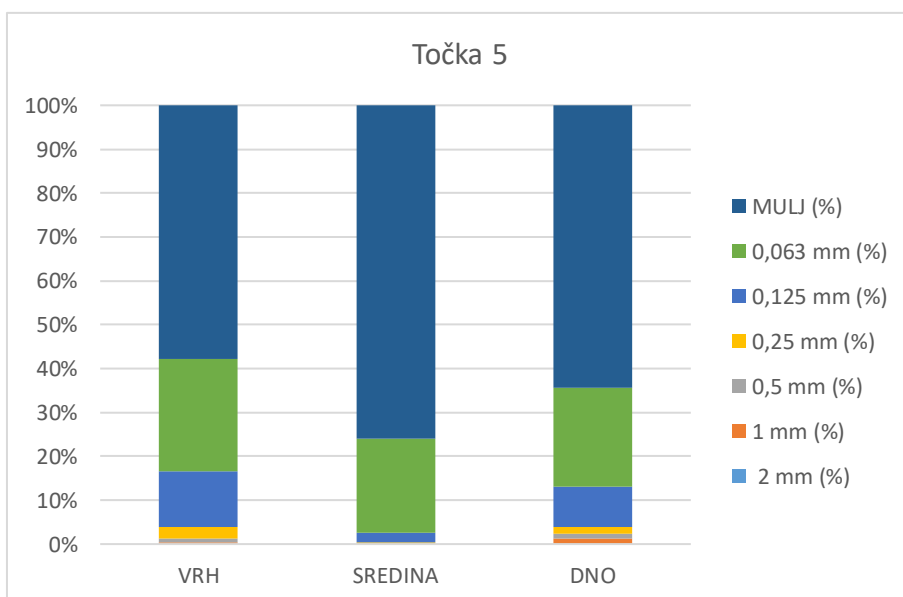
Slika 18. Grafički prikaz udjela pojedine frakcije u uzorcima sedimenta – točka 2.



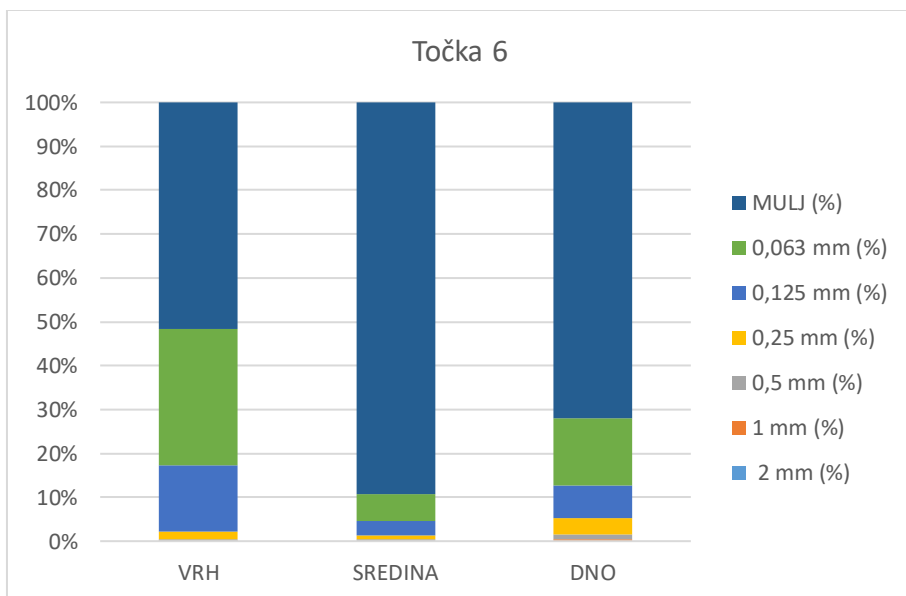
Slika 19. Grafički prikaz udjela pojedine frakcije u uzorcima sedimenta – točka 3.



Slika 20. Grafički prikaz udjela pojedine frakcije u uzorcima sedimenta – točka 4.

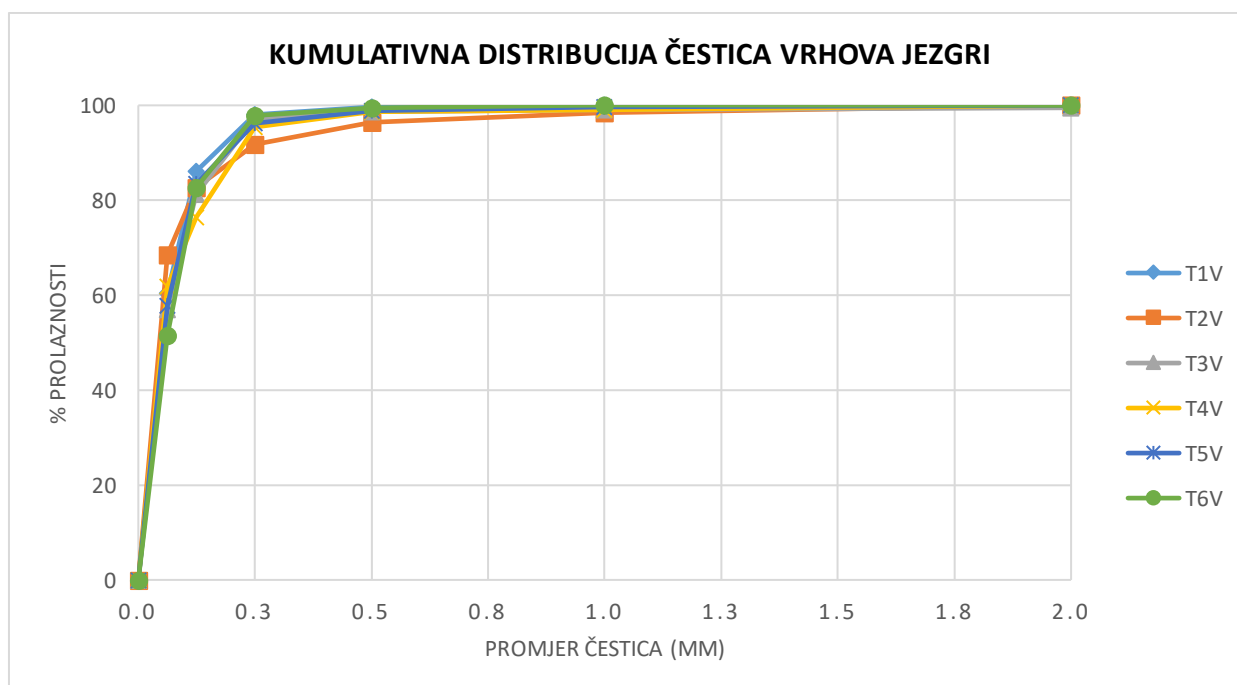


Slika 21. Grafički prikaz udjela pojedine frakcije u uzorcima sedimenta – točka 5.

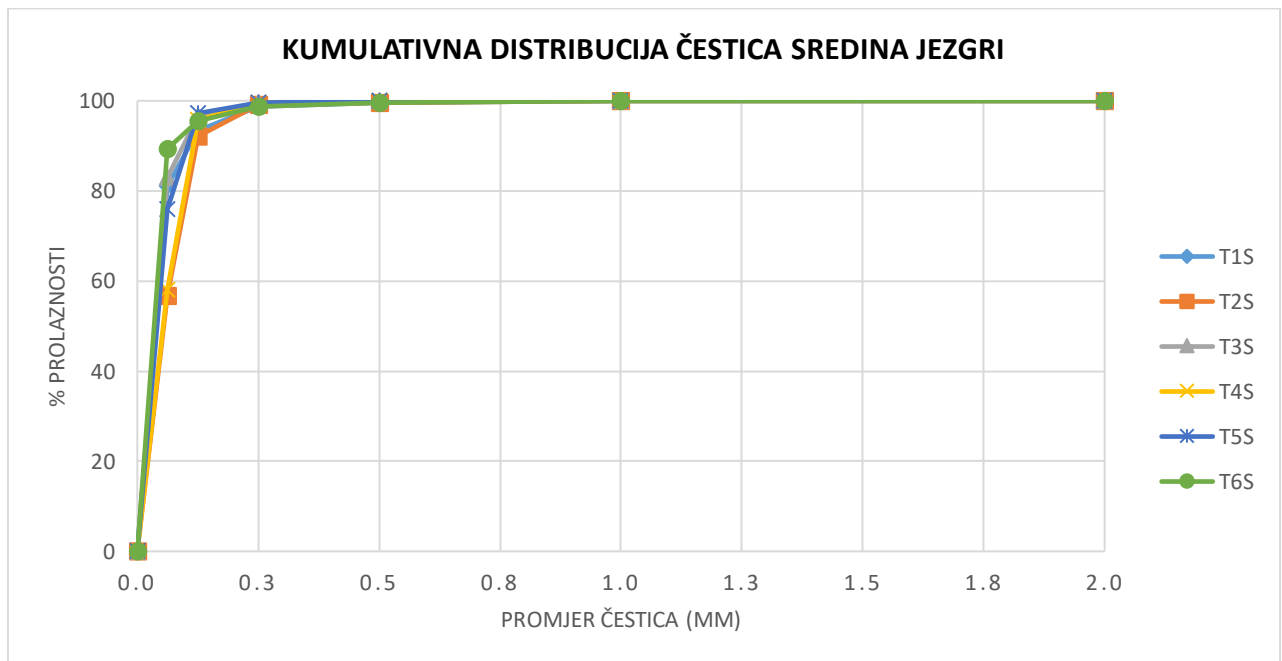


Slika 22. Grafički prikaz udjela pojedine frakcije u uzorcima sedimenta – točka 6.

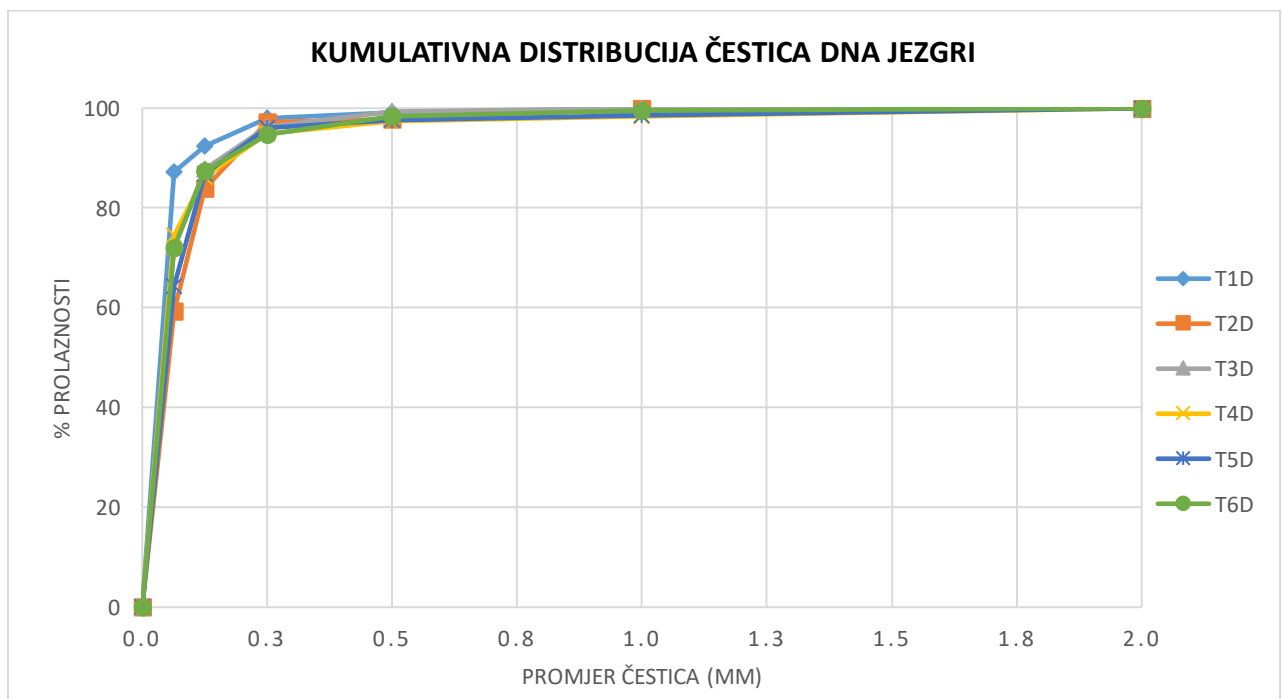
Na uzorcima T1-T6 određen je granulometrijski sastav sedimenta na 3 položaja u jezgri (vrh, sredina i dno), a rezultati su prikazani kumulativnim krivuljama na slikama 23, 24. i 25.



Slika 23. Grafički prikaz kumulativne distribucije čestica uzoraka T1-T6 u vršnim dijelovima jezgri.



Slika 24. Grafički prikaz kumulativne distribucije čestica uzoraka T1-T6 u sredini jezgri.



Slika 25. Grafički prikaz kumulativne distribucije čestica uzoraka T1-T6 u dnima jezgri.

7. RASPRAVA

Na području Republike Hrvatske ne postoji nijedno objavljeno i javno dostupno istraživanje sedimenta slanih močvara koje bi poslužilo za usporedbu podataka, što ove rezultate čini prvima.

Kod svih uzoraka zabilježen je najveća prisutnost sedimenta manjeg od 63 μm (mulja). Najveći postotak mulja zabilježen je u uzorku T6 sredina i iznosi 89,25 % (Slika 22.), dok je najmanji zabilježen u uzorku T6 vrh i iznosi 51, 53% (Slika 22.). Iako je ova točka bila najudaljenija od mora, razlika u položaju naspram ostalih točki je premala da bismo mogli zaključiti razlog ovog odstupanja. Sousa i sur. (2017.) u slanoj močvari Ria de Aveiro zabilježili su da se u niskoj močvari postotak mulja kreće od 36% do 61%. Istraživanje u Karinu Gornjem obuhvaćalo je samo područje niske močvare te iako većina podataka odgovara, udjeli mulja u nekim uzorcima poprilično su viši. Ovo se može objasniti i parametrima poput oblika obale, tipa dna, jačine struje i izloženosti vjetru. Tu su i biotički čimbenici poput biljnih i životinjskih ostataka (Spalding i sur., 2009.). Najveća frakcija, 2 mm, zabilježena je u samo jednom uzorku, T3 vrh i iznosi 0,52% (Tablica 1., Slika 19.). Osim što se u samo vršnim dijelovima jezgri pronalaze čestice najveće frakcije i u idućoj frakciji (1 mm) veća je količina čestica zabilježena u vršnim, nego u srednjim dijelovima jezgri. Ovo je moguće objasniti i pojavom detritusa na površini močvare koji se obično nalazi u prvih 1-2 cm sedimenta.

Nisu pronađene statistički značajne razlike u količini muljevitog sedimenta između točaka (T1-T6) ($p > 0.7$). Zanimljivo je kako u čak tri uzorka nisu prisutne tri najveće frakcije (2 mm, 1 mm i 500 μm) te kako se u svim slučajevima (T3, T4, T5) radi o sredinama jezgri (Slika 19., 20. i 21.). U ovim uzorcima zanimljivo je i kako je najveća izmjerena frakcija, 250 μm , iznosila samo 0,42% u točki 3, 0,39% u točki 4 i 0,48% u točki 5 (Tablica 1.). Najviša prosječna vrijednost mulja, dobivena srednjom vrijednošću triju položaja jezgre (vrh, sredina, dno) iznosi 78,92% a zabilježena je u točki 1 (Slika 17.). Nije zabilježena statistički značajna razlika u postotku mulja u odnosu na položaj jezgre ($p > 0.05$), što je sukladno sa rezultatima istraživanja Dahl i suradnika (2016.).

Ovim je prikazano kako sav sediment načelno pripada u grupu muljeva različitih klasa, s velikim udjelom pijeska. Na kumulativnim krivuljama točke su ujednačene (Slika 23. i 24.) osim u slučaju kumulativne krivulje dna jezgri gdje je primijećeno blago odstupanje uzorka

T1 najmanje frakcije (Slika 25.). Količina mulja u dnu jezgre T1 iznosi 87,17% i predstavlja drugi najveći postotak izmjerenog mulja u ovom istraživanju (Tablica 1.).

8. ZAKLJUČAK

- Uzorci sedimenta u slanoj močvari Tuvina u Karinskom moru pripadaju skupini pjeskovitih muljeva.
- Nema statistički značajne razlike u granulometrijskom sastavu između točaka (T1-T6).
- Nije zabilježena statistički značajna razlika u granulometrijskom sastavu u ovisnosti o položaju u sedimentarnoj jezgri.
- U svim uzorcima najveći udio (52-89%) čine sedimentarne čestice mulja ($< 63 \mu\text{m}$).
- Obzirom na sastav sedimenta te literaturne podatke o pozitivnoj korelaciji pohranjenog organskog ugljika i čestica manjih od $63 \mu\text{m}$, može se zaključiti da se na području slane močvare Tuvina na području Karina Gornjeg odvija značajna pohrana organskog ugljika u tlo te da ovo područje ima veliki potencijal zadržavanja plavog ugljika.

9. LITERATURA:

WEB STRANICE:

- Long Island Sound Study: <https://longislandsoundstudy.net/> pristupljeno 17.07.2023.
- Pewtrusts <https://www.pewtrusts.org/en/trend/archive/winter-2022/coastal-blue-carbon> pristupljeno 23.07.2023.
- WMAP Blog <https://wmap.blogs.delaware.gov/2021/03/22/sea-level-rise-marsh-migration-and-coastal-resilience/> pristupljeno 02.08.2023.
- Chemistry LibreTexts https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Instrumental_Analysis_%28LibreTexts%29/34%3A_Particle_Size_Determination/34.02%3A_Measuring_Particle_Size_Using_Sieves pristupljeno 27.08.2023.
- srce.hr, <https://moodle.srce.hr/eportfolio/view/view.php?id=70145> pristupljeno 05.09.2023.

- Adam, P. (2002). *Saltmarshes in a time of change. Environmental Conservation*, 29(01). doi:10.1017/s0376892902000048
- Adams, J., Raw, J., Riddin, T., Wasserman, J. & van Niekerk, L. (2021). Salt Marsh Restoration for the Provision of Multiple Ecosystem Services.
- Almeida, D., Neto, C., Esteves, L. S., & Costa, J. C. (2014). *The impacts of land-use changes on the recovery of saltmarshes in Portugal. Ocean & Coastal Management*, 92, 40–49. doi:10.1016/j.ocecoaman.2014.02.0
- Astruch P., Boudouresque C. F., Faget D., Changeux Thomas, Lasceve M., LeDiréach L., Gimond-Lanteri F., Massinelli L., Moussy Flore, D'Ortoli N. A., Marchessaux G., Carlotti F., Belloni B., Guilloux L., Gomez M. C., Simo M. (2020). Improving the management of the saltmarshes of Hyères (Provence, France) using an ecosystem-based approach. *VieetMilieu = Life and Environment*, 70 (3-4), p. 253-268. GECOMARS : International Workshop on Ecosystem Based Management, Marseille (FRA), 2020/02/04-05. ISSN 0240-8759.
- Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C. & Silliman, B.R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81: 169-193. <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>

- Christianson B., Cabré A., Bernal B., Baez K., Leung S., Pérez-Porro A., Poloczanska E. (2022). The Promise of Blue Carbon Climate Solutions: Where the Science Supports Ocean-Climate Policy, *Frontiers in Marine Science*, 9 doi:10.3389/fmars.2022.851448
- Colombano, D. D., Litvin, S. Y., Ziegler, S. L., Alford, S. B., Baker, R., Barbeau, M. A., ... Waltham, N. J. (2021). *Climate Change Implications for Tidal Marshes and Food Web Linkages to Estuarine and Coastal Nekton. Estuaries and Coasts*, 44(6), 1637–1648. doi:10.1007/s12237-020-00891-1
- Dahl M, Deyanova D, Gütschow S, Asplund ME, Lyimo LD, Karamfilov V, et al. (2016) *Sediment Properties as Important Predictors of Carbon Storage in Zostera marina Meadows: A Comparison of Four European Areas*. PLoS ONE 11(12): e0167493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167493>
- Davidson, N. C. (2016). *European Tidal Saltmarshes. The Wetland Book*, 1–15. doi:10.1007/978-94-007-6173-5_275
- Deegan, L. A., Johnson, D. S., Warren, R. S., Peterson, B. J., Fleeger, J. W., Fagherazzi, S., & Wollheim, W. M. (2012). *Coastal eutrophication as a driver of saltmarsh loss. Nature*, 490(7420), 388–392. doi:10.1038/nature11533
- Fagherazzi, S., Kirwan, M. L., Mudd, S. M., Guntenspergen, G. R., Temmerman, S., D’Alpaos, A., ... Clough, J. (2012). *Numerical models of saltmarsh evolution: Ecological, geomorphic, and climatic factors. Reviews of Geophysics*, 50(1). doi:10.1029/2011rg000359
- Fagherazzi, S., FitzGerald, D.M., Fulweiler, R.W., et al. (2013). Ecogeomorphology of saltmarshes. In: Shroder, J. (Editor in Chief), Butler, D.R., Hupp, C.R. (Eds.), *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA, vol. 12, Ecogeomorphology, pp. 182–200.
- Fagherazzi, S., Wiberg, P.L., Temmerman, S. *et al.* (2013). Fluxes of water, sediments, and biogeochemical compounds in saltmarshes. *EcolProcess* 2, 3 <https://doi.org/10.1186/2192-1709-2-3>
- Fagherazzi, S., Mariotti, G., Wiberg, P. L., & Mcglathery, K. J. (2013). Marsh Collapse Does Not Require Sea Level Rise. *Oceanography*, 26(3), 70–77. <http://www.jstor.org/stable/24862066>
- Finkl, C.W. (2017). *Coastal Wetlands: Alteration and Remediation*, Coastal Research Library 21, DOI 10.1007/978-3-319-56179-0

- Friedrichs, C. T., & Perry, J. E. (2001). Tidal Salt Marsh Morphodynamics: A Synthesis. *Journal of Coastal Research*, 7–37. <http://www.jstor.org/stable/25736162>
- Gavrić, M. (2021). *Valorizacija metoda za određivanje granulometrijskog sastava tla : završni rad* (Završni rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:108030>
- Giuliani, S., & Bellucci, L. G. (2019). *Salt Marshes: Their Role in Our Society and Threats Posed to Their Existence. World Seas: An Environmental Evaluation*, 79–101. doi:10.1016/b978-0-12-805052-1.000
- Griggs, G.; Reguero, B.G.(2021).Coastal Adaptation to Climate Change and Sea-Level Rise. *Water*, 13, 2151. <https://doi.org/10.3390/w13162151>
- Howard, J., Sutton-Grier, A., Herr, D., Kleypas, J., Landis, E., Mcleod, E., Pidgeon, E., & Simpson, S. (2017). Clarifying the role of coastal land marine systems in climate mitigation. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(1), 42–50. <http://www.jstor.org/stable/44133647>
- Jamovi project (2023). Jamovi (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>
- Kennish, M. J. (2001). Coastal Salt Marsh Systems in the U.S.: A Review of Anthropogenic Impacts. *Journal of Coastal Research*, 17(3), 731–748. <http://www.jstor.org/stable/4300224>
- Kirwan, M. L., Temmerman, S., Skeehan, E. E., Guntenspergen, G. R., & Fagherazzi, S. (2016). *Overestimation of marsh vulnerability to sea level rise. Nature Climate Change*, 6(3), 253–260. doi:10.1038/nclimate2909
- Lovelock, C. E., Atwood, T., Baldock, J., Duarte, C. M., Hickey, S., Lavery, P. S., Masque, P., Macreadie, P. I., Ricart, A. M., Serrano, O., & Steven, A. (2017). Assessing the risk of carbon dioxide emissions from blue carbon ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(5), 257–265. <http://www.jstor.org/stable/26164335>
- Mahmoudi, M., Pourebrahim, S. (2022). 'Relationship between organic carbon and sediment properties in mangrove forests of three Bushehr coastal areas', *Journal of Soil Science Society of Iran*, 1(1), pp. 39-47. doi: 10.47176/jsssi.01.01.1003
- Mariotti, G., and J. Carr (2014), Dual role of saltmarsh retreat: Long-term loss and short-term resilience, *Water Resour. Res.*, 50, 2963–2974, doi:10.1002/2013WR014676.

- Mcleod, E., Chmura, G. L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C. M., Lovelock, C. E., Schlesinger, W. H., & Silliman, B. R. (2011). A blue print for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10), 552–560. <http://www.jstor.org/stable/41479959>
- Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske, 2013. https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/NASLOVNE%20FOTOGRAFIJE%20%20KORI%C5%A0TENI%20LOGOTIPOVI/doc/prilog_popis_ugrozenih_i_rijetkih_stanisnih_tipova_zastupljenih_na_podrucju_republike_hrvatske_znacajnih_za_ekolosku_mrezu_natura_2000.pdf
- Mitsch, W., Bernal, B., & Hernandez, M. (2015): Ecosystem services of wetlands, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, DOI: [10.1080/21513732.2015.1006250](https://doi.org/10.1080/21513732.2015.1006250)
- Ouyang, X., & Lee, S. Y. (2014). *Updated estimates of carbon accumulation rates in coastal marsh sediments. Biogeosciences*, 11(18), 5057–5071. doi:10.5194/bg-11-5057-2014
- Owers, C. J., Rogers, K., Mazumder, D., & Woodroffe, C. D. (2016). *Spatial Variation in Carbon Storage: A Case Study for Currumbene Creek, NSW, Australia. Journal of Coastal Research*, 1297–1301. <http://www.jstor.org/stable/43752473>
- PAP/RAC. (2019). *The Governance of Coastal Wetlands in the Mediterranean – a Handbook*. B. Shipman and Ž. Rajković. Split, Croatia.
- Plan upravljanja područjem ekološke mreže Karišnica i Bijela (PU 6081), MINGOR, 2021.
- Prentice, C., Poppe, K. L., Lutz, M., Murray, E., Stephens, T. A., Spooner, A., et al. (2020). *A synthesis of blue carbon stocks, sources, and accumulation rates in eelgrass (Zostera marina) meadows in the Northeast Pacific. Global Biogeochemical Cycles*, 34,. <https://doi.org/10.1029/2019GB006345>
- Röhr, M.E., Holmer, M., Baum, J.K., Björk, M., Boyer, K., Chin, D., (2018). *Blue carbon storage capacity of temperate eelgrass (Zostera marina) meadows. Global Biogeochemical Cycles*, 32, 1457–1475 <https://doi.org/10.1029/2018GB005941>
- Samper-Villarreal, J., Lovelock, C.E., Saunders, M.I., Roelfsema, C., and Mumby, P.J. (2016). *Organic carbon in seagrass sediments is influenced by seagrass canopy*

complexity, turbidity, wave height, and water depth. Limnology and Oceanography, 61(3), 938-952

- Serrano, O., Lavery, P. S., Duarte, C. M., Kendrick, G. A., Calafat, A., York, P. H., ... Macreadie, P. I. (2016). *Can mud (silt and clay) concentration be used to predict soil organic carbon content within seagrass ecosystems?* Biogeosciences, 13(17), 4915–4926. doi:10.5194/bg-13-4915-2016
- Sousa, A. I., Santos, D. B., Silva, E. F. da, Sousa, L. P., Cleary, D. F. R., Soares, A. M. V. M., & Lillebø, A. I. (2017). “Blue Carbon” and Nutrient Stocks of Salt Marshes at a Temperate Coastal Lagoon (Ria de Aveiro, Portugal). *Scientific Reports*, 7(1). doi:10.1038/srep41225
- SPALDING, H. L., DUNCAN, K. M., & NORCROSS-NU’U, Z. (2009). Sorting Out Sediment Grain Size and Plastic Pollution. *Oceanography*, 22(4), 244–250. <http://www.jstor.org/stable/24861040>
- Thorne, K. M., Takekawa, J. Y., & Elliott-Fisk, D. L. (2012). Ecological Effects of Climate Change on Salt Marsh Wildlife: A Case Study from a Highly Urbanized Estuary. *Journal of Coastal Research*, 28(6), 1477–1487. <http://www.jstor.org/stable/23353603>
- Wentworth, C.K. (1922) A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Journal of Geology*, 30, 377-392. <https://doi.org/10.1086/622910>
- Zedler, J. B., & Kercher, S. (2005). *WETLAND RESOURCES: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability.* *Annual Review of Environment and Resources*, 30(1), 39–74. doi:10.1146/annurev.energy.30.050