

Utjecaj oblika zrna na transport šljunka na plaži Barjoška, otok Vis

Švob, Mirna

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:956034>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

MIRNA ŠVOB

**UTJECAJ OBLIKA ZRNA NA TRANSPORT ŠLJUNKA NA
PLAŽI BARJOŠKA, OTOK VIS**

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

MIRNA ŠVOB

**UTJECAJ OBLIKA ZRNA NA TRANSPORT ŠLJUNKA NA
PLAŽI BARJOŠKA, OTOK VIS**

Diplomski rad

predložen Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja akademskog stupnja magistra geologije

Zagreb, 2019.

Ovaj je diplomski rad izrađen na Geološko-paleontološkom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Kristine Pikelj u sklopu Diplomskog studija geologije zaštite okoliša na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALE

Zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Kristini Pikelj na trudu, savjetima i velikoj pomoći tijekom svih razdoblja pripreme i izrade diplomskog rada.

Dr. sc. Duccio-u Bertoniju i mag. Silas Deanu sa Sveučilišta u Pisi, dr. sc. Alessandru Pozzebonu i ing. Stefanu Parrinu sa Sveučilišta u Sieni, te ing. Stipi Muslimu sa Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, na pomoći i dobrom društvu tijekom terenskog rada na Visu.

Robertu Košćalu za pomoć pri izradi grafičkih priloga.

Svojoj obitelji i prijateljima na beskrajnoj podršci koju su mi pružili.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet Zagreb
Geološki odsjek

Diplomski rad

UTJECAJ OBLIKA ZRNA NA TRANSPORT ŠLJUNKA NA PLAŽI BARJOŠKA,
OTOK VIS

MIRNA ŠVOB

Rad je izrađen na Geološko-paleontološkom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

Sažetak: Primjenom radiofrekvencijske identifikacije, praćeno je kretanje diskoidalnih i sferičnih valutica na plaži Barjoška na otoku Visu, s ciljem određivanja utjecaja njihovog oblika na transport šljunka. Praćene su promjene nakon 6 h, 24 h, 48 h i tri mjeseca. Već nakon kraćeg vremenskog razdoblja, uočena je razlika u kretanju diskoidalnih i sferičnih valutica. Diskoidalne valutice kreću se manje i uglavnom okomito na plažu (istok – zapad) te su sklonije zakopavanju. Kod sferičnih valutica izraženiji je dužobalni transport, i to od sjevera prema jugu. Nakon tri mjeseca velik broj i sferičnih i diskoidalnih valutica nađen je na južnom dijelu plaže. Smatra se da je uzrok tome olujno jugo koje je puhalo tijekom travnja i svibnja.

Ključne riječi: RFID, plaža, valutice, erozija plaža

Rad sadrži: V + 48 stranica, 47 slika, 7 tablica, 25 literaturna navoda

Jezik izvornika: Hrvatski

Rad je pohranjen u Središnjoj geološkoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a. 10000 Zagreb, Republika Hrvatska

Mentor: doc. dr. sc. Kristina Pikelj

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Kristina Pikelj

prof. dr. sc. Marijan Kovačić

doc. dr. sc. Borna Lužar Oberiter

Rad prihvaćen: 11.10.2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of science
Department of geology

Master thesis

INFLUENCE OF PARTICLE SHAPE ON GRAVEL TRANSPORT ON BARJOŠKA
BEACH, VIS ISLAND

MIRNA ŠVOB

Thesis completed at the Division of Geology and Paleontology, Faculty of Science,
University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, Croatia.

Abstract: Radiofrequency identification was applied to track differently shaped pebbles (disks and spheres) on the Barjoška beach (Vis Island) in order to determine the relation between pebble shape and pebble transport. Pebbles were tracked after periods of 6 h, 24 h, 48 h and 3 months. The first differences between disks and spheres were observed after 24 h. In general, disks moved less and mostly in the cross-shore direction (E -W), and they were buried more easily. Spherical grains experienced mostly longshore transport (N – S). After the period of three months, a lot of pebbles (both disks and spheres) were found on the southern part of the beach and mostly buried. It is assumed that waves caused by strong *sirocco* wind during April and May might have caused such pebble accumulation.

Key words: RFID, beach, pebbles, beach erosion

Thesis contains: V + 48 pages, 47 pictures, 7 tables, 25 references

Original in Croatian

Thesis deposit in Central geological library, Faculty of Science, University of Zagreb,
Horvatovac 102a. 10000 Zagreb, Republic of Croatia

Supervisor: Kristina Pikelj, PhD, assistant professor

Reviewers: Kristina Pikelj, PhD, assistant professor

Marijan Kovačić, PhD, full professor

Borna Lužar Oberiter, PhD, assistant professor

Thesis accepted: 11.10.2019.

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Geografski smještaj i geologija istraživanog područja	3
3. Pregled dosadašnjih istraživanja	8
4. Materijali i metode	9
5. Rezultati	15
5.1. Vremenske prilike	15
5.2. Vremenski period: 6 sati	19
5.3. Vremenski period: 24 sata	22
5.4. Vremenski period: 48 sati	25
5.5. Vremenski period: tri mjeseca.....	27
5.6. Topografija plaže.....	32
6. Rasprava	37
7. Zaključak	42
8. Literatura	43
9. Popis slika	46
10. Popis tablica	48

1. Uvod

Erozija obala i plaža jedan je od aktualnijih problema današnjice. Otprilike 40 % svjetske populacije (2,4 milijarde ljudi) živi unutar 100 km od obale (URL1). Litoralizacija, iako prisutna od davnina, osobit je zamah dobila nakon II. svjetskog rata (URL2).

Erozija obala i plaža je osim prirodnim procesima, dodatno pojačana i antropogenim djelovanjem. Procjenjuje se da je današnja razina mora viša za 125 metara u odnosu na razdoblje zadnjeg glacijala, prije 21 000 godina (Schaaf, 1994), a za pretpostaviti je da će se takav trend nastaviti. Uzrok tome je uglavnom otapanjem ledenjaka i termalnom ekspanzijom oceana uslijed sve većeg zagrijavanja. Porast morske razine također je posljedica eustatskih promjena, poput izdizanja ili spuštanja dijelova kopna. Obalne zone pod utjecajem su rijeka, dužobalnih struja i valova, koji neprestano donose i raspoređuju sediment. Prema EuroSION (2004) i Kelletat i Scheffers (2005), obale na Mediteranskom području uglavnom su strme i stjenovite, pa se iz tog razloga ne smatraju pretjerano ranjivima na eroziju. Na istočnoj obali Jadrana, upravo zbog karbonatne građe ne nalazimo tipične obalne procese i plaže (Pikelj i Juračić, 2013). Međutim, iako su stjenovite i strme, karbonatne obale osjetljive su na fizičke i kemijske promjene. U ovom prostoru veliki značaj imaju i obalni krški vodonosnici, koji pod utjecajem porasta razine mora mogu biti ugroženi zaslanjanjem, stoga je njihova zaštita vrlo bitna (Pikelj i Juračić, 2013).

Plaža je prirodna ili umjetna površina obale raznovrsnog sastava uređena ili korištena za kupanje. U ovom diplomskom radu termin plaža poistovjećuje se s engl. riječju *beach*, koja definira zonu nekonsolidiranog materijala koja se proteže od crte niske vode prema unutrašnjosti kopna do mjesta gdje dolazi do očite promjene materijala ili fiziografskih oblika ili do linije trajne vegetacije (obično je to granica do koje dopiru olujni valovi). Morska granica plaže je – ako nije drugačije određeno – srednja crta nižih voda (Shore Protection Manual, 1981). Plaže nastaju uslijed donosa materijala povremenim ili stalnim tokovima, također kao posljedica odrona, tečenja debrisa ili kemijskog trošenja tektonski razlomljene stijene (Juračić i dr., 2009). Osim što štite obalu od valova, plaže su ujedno i jedne od glavnih turističkih zona. Prema Pikelj i Juračić (2013), dva su mehanizma nastanka karbonatnih plaža na Jadranu. One koje se nalaze na južnim dijelovima otoka, te su kao takve izložene snažnim valovima uzrokovanih jugom, nastaju u prethodno razlomljenim tektonskim područjima, uslijed djelovanja valova. Primjer takve plaže je Saharun na Dugom otoku. Drugi tip plaža nastao je usijecanjem vodenih tokova u karbonatne stijene, tijekom razine mora niže nego što je današnja. Uslijed stagnacije morske razine u holocenu,

šljunčane aluvijalne lepeze donesene spomenutim tokovima su djelomično potopljene, a današnje plaže njihov su nadmorski dio (Juračić i dr., 2009). Takve su plaže obično duljine do 10 metara. Njihov je izgled, duljina i orijentacija usko povezana sa geomorfologijom područja (Juračić i dr. 2009).

Erozija plaža nastupa kada je gubitak sedimenta s plaža veći nego što je njegov donos. Billi i Fazzini (2017) navode pošumljavanje, izgradnju brana i iskopavanje riječnog sedimenta kao tipične antropogene aktivnosti koje uzrokuju smanjen donos sedimenta rijekama i onemogućuju prirodno obnavljanje plaža. Prema Grottoli i dr. (2018), umjetne strukture poput valobrana, lukobrana i pera također ometaju prijenos i taloženje sedimenta na plažama.

Prema Pikelj i Juračić (2013), posebnu pažnju trebalo bi posvetiti upravo džepnim plažama, koje su na jadranskoj obali male, ali veoma brojne, te su od velike važnosti za turizam. Donos sedimenta na takve plaže uglavnom se odvija ili se odvijao u prošlosti s područja malih i ograničenih drenažnih bazena (Cipriani i dr., 2011).

S obzirom na ograničen donos sedimenta, morfodinamika džepnih plaža ugrožena je potencijalnim intenzivnim hidrodinamičkim procesima uslijed porasta morske razine (Benac i dr., 2010).

Radi sve veće erozije i gubitka materijala na plažama, danas se sve češće obavlja njihovo nasipavanje. Materijal koji se pri tome koristi često nije prikladan s obzirom na mineralni sastav, veličinu i oblik zrna (razlikuju se od prirodnog materijala plaže), te količinom ukupno nasipanog materijala. Kako bi se definirale karakteristike materijala prihvatljivog za nasipavanje, potrebno je poznavati dinamiku plaže, karakteristike njenog prirodnog materijala i brzinu trošenja.

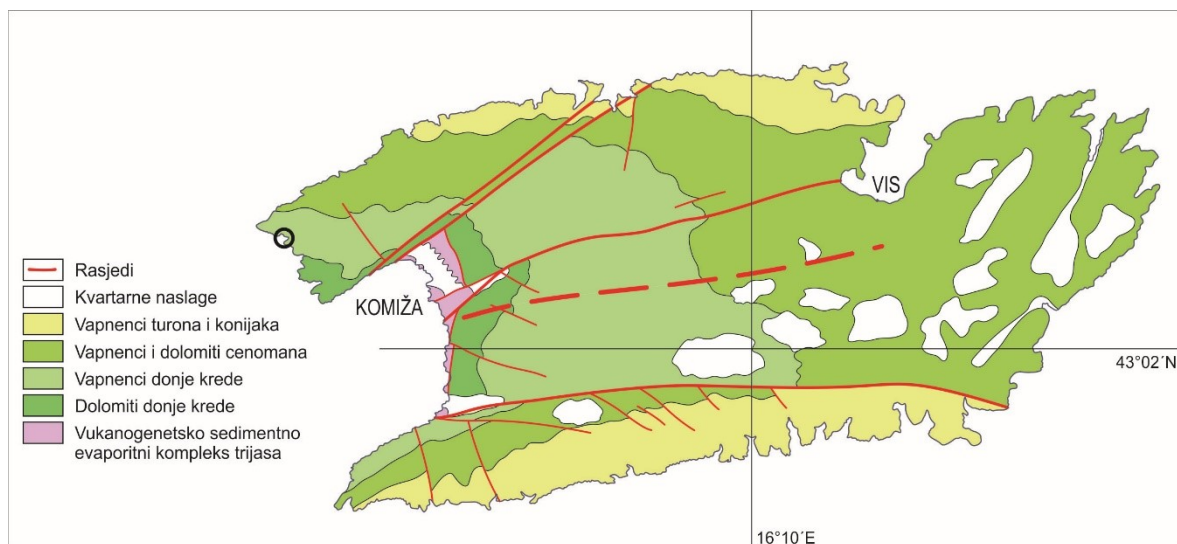
Cilj ovog rada bio je odrediti utjecaj oblika zrna na transport šljunka na plaži Barjoška na otoku Visu, kako bi se dobio uvid o dinamici oblutaka u danim valnim i vremenskim prilikama i kako bi se utvrdila brzina njihovog trošenja. Za potrebe rada, prvi je puta u Hrvatskoj primijenjena metoda radiofrekvencijske identifikacije u istraživanju praćenja valutica po plaži. Ukratko, provedeni eksperiment obuhvaća polaganje prethodno označenih valutica i njihovo prikupljanje nakon 6 h, 24 h, 48 h i tri mjeseca.

2. Geografski smještaj i geologija istraživanog područja

Otok Vis pripada skupini srednje-dalmatinskih otoka, te je s površinom 89,72 km² deseti po veličini hrvatski otok (Terzić, 2003). Od kopna je udaljen oko 45 km, a od najbližeg otoka Hvara, oko 8 km (Palenik, 2005). Dva najveća naselja na otoku su Vis i Komiža. Prema popisu stanovništva iz 2001., Vis je ukupno imao 3637 stanovnika. Klima na otoku je sredozemna, s vrućim i suhim ljetima i blagim zimama. Prosječna godišnja temperatura je oko 16 °C. Glavne gospodarske grane su turizam, ribarstvo i vinogradarstvo.

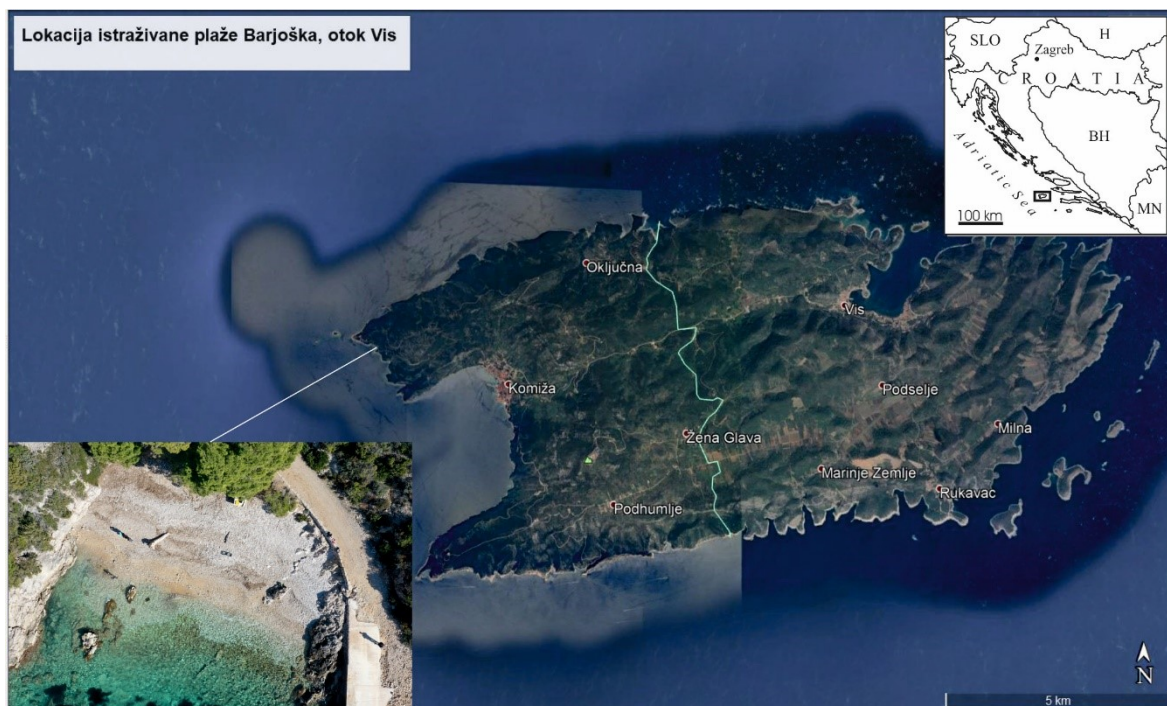
U travnju 2019. godine, geopark Viški arhipelag uvršten je u UNESCO-vu svjetsku mrežu geoparkova, te je time uz geopark Papuk, postao drugi takav oblik zaštićene prirodne baštine u Hrvatskoj. Viški arhipelag obuhvaća i sedam područja zaštićenih zakonom o zaštiti prirode. Otoci Brusnik i Jabuka zaštićeni su u kategoriji geološkog spomenika prirode, Modra špilja i Medvidina špilja na otoku Biševu i Zelena špilja na otoku Ravniku u kategoriji geomorfološkog spomenika prirode, dok su uvala Stiniva i otok Ravnik zaštićeni u kategoriji značajnog krajobraza. Otok Vis obiluje plažama, kako pješčanim, tako i šljunčanim. One su po postanku, orijentaciji i morfologiji veoma raznolike, te kao takve predstavljaju iznimno važan oblik geološke baštine.

Prema Palenik (2005), prigodom geološkog kartiranja i izrade Osnovne geološke karte Republike Hrvatske M 1:50000, otok Vis (Korbar i dr., 2012), izdvaja tri stjenska kompleksa: a) trijaski evaporitno-sedimentni kompleks s efuzivima i piroklastitima (ili vulkanogeno-sedimentno-evaporitni kompleks); b) karbonatni kompleks krede i c) kvartarne naslage, unutar kojih su izdvojene tri jedinice: breče i brečokonglomerati, crvenica (*terra rossa*) i pijesci. Vis je najvećim dijelom izgrađen od karbonata donje i gornje krede (vapnenaca i dolomita raspona neokom – turon – konijak), koji su se taložili u plitkom platformnom okolišu karbonatne platforme (Palenik, 2005). Područje Komiškog zaljeva izgrađeno je od vulkansko-sedimentno-evaporitnog kompleksa trijasko starosti. Borović (1977) je u navedenom kompleksu izdvojio tri cjeline: 1) klastične naslage s gipsom; 2) spilite i dijabaze i 3) piroklastite. Pružanje otoka je E – W, za razliku od dinarskog pružanja (NW – SE) hrvatske obale i većine otoka. Smatra se da trijaski kompleks predstavlja jezgru antiklinale, čija je os orijentirana u smjeru E-W i tone prema istoku pod kutom 10° (Borović i dr., 1977), a krila su izgrađena od donjo i gornjo krednih naslaga. Geološka građa otoka Visa prikazana je na slici 1.

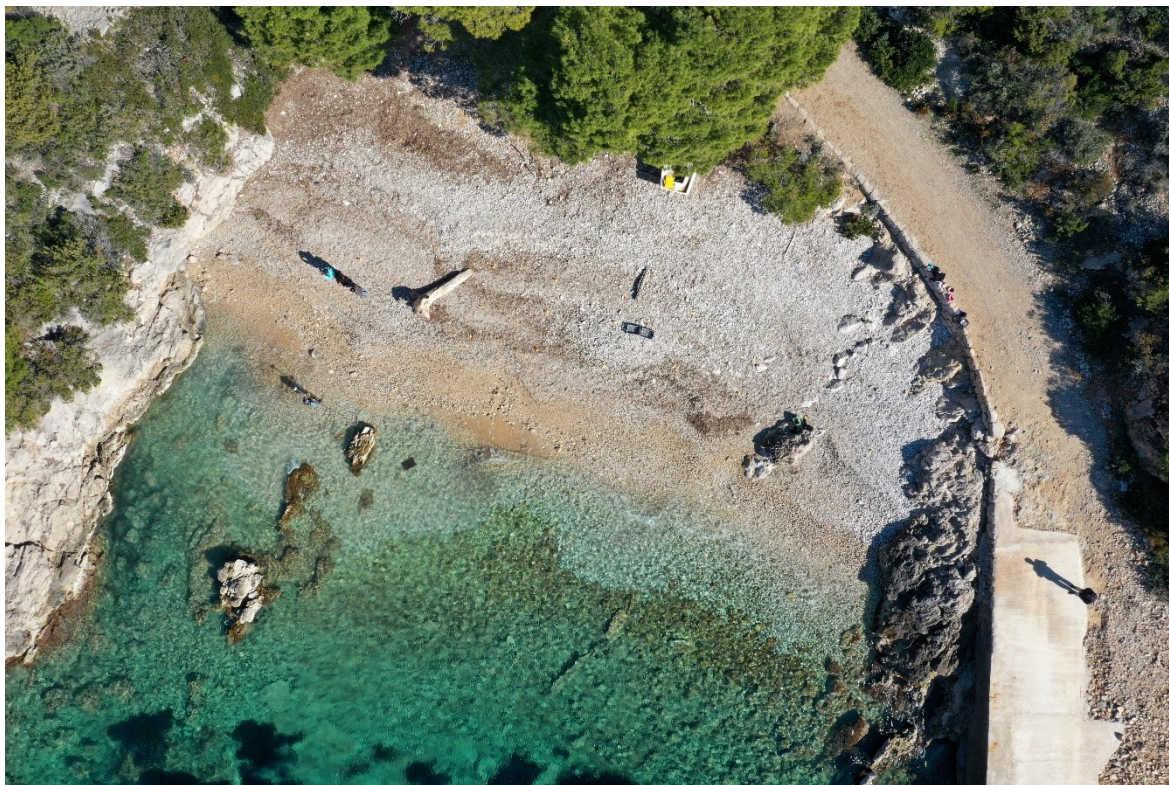


Slika 1: Geološka građa otoka Visa (modificirano prema Palenik, 2005).

Plaža Barjoška nalazi se na zapadnom dijelu otoka Visa, nedaleko od Komiže. Dugačka je 34 metra, a široka 10-15 metara. Prilaz je omogućen makadamom koji se nekoliko kilometara prije Komiže, odvaja od ceste Vis-Komiža. Južni dio plaže i stjenovite obale oko nje, djelomično su zatvoreni betoniranim platoom (Slike 2-4).



Slika 2: Geografski položaj plaže Barjoška.



Slika 3: Plaža Barjoška iz zraka.



Slika 4: Plaža Barjoška s jugozapada.

Plaža je izgrađena od vapnenačkih valutica promjera otprilike 10 centimetara. Područje na kojem se nalazi Barjoška, izgrađeno je pretežito od donjokrednih vapnenaca. Prema OGK Republike Hrvatske mjerila 1:50000, područje Barjoške pripada formaciji Crna. Radi se o tankoslojevitim do srednjedebeleslojevitim vapnencima sa cm- do dm- izmjenama ostrakodnih madstona, skeletnih madston-vekstona s miliolidama, peloidno-skeletno-intraklastičnih vekstona do grejnstona/floutstona s gastropodima, sitnim školjkašima i onkoidima (Korbar i dr., 2012).

3. Pregled dosadašnjih istraživanja

Juračić i dr. (2009) rade usporedbu ranjivosti visokih karbonatnih obala i niskih fliških obala na kvarnerskom području. Zaključuju da će porast morske razine imati najveći utjecaj na niskim i fliškim obalama Raba, dok će ostatak Kvarnera imati relativno malu ranjivost na porast morske razine. Pikelj i Juračić (2013) opisuju geomorfologiju istočne jadranske obale, te ranjivost obale s obzirom na geomorfologiju. Također ističu važnost istraživanja i razumijevanja prirodnih procesa koji dominiraju na pojedinim dijelovima obale, praćenja procesa erozije plaža kao i njihove zaštite.

U Hrvatskoj općenito nedostaje istraživanja na temu prirodnih faktora koji utječu na nakupljanje i oblikovanje plaža. Jedna od prvih istraživanja na tu temu u Hrvatskoj proveli su u svojim radovima Pavičić i dr. (2000) i Lužar Oberiter i dr. (2008). Ti su se radovi odnosili na proučavanje podrijetla sedimenata koji izgrađuju plaže na otocima Rabu i Susku, te u području sjeverne Dalmacije. Rajčić i dr. (2010) istražuju utjecaj obalnih struktura i građevinskog otpada na eroziju i progradaciju pojedinih dijelova plaže u području Mimica na relaciji Kaštela – Ploče. Kovačić i Komać (2011) navode betoniranje i nasipavanje obale kao glavne prijetnje prirodnim obalnim sustavima.

Pikelj i dr. (2013) između ostalog opisuju studije slučaja erozije plaža u Crnoj Gori u svrhu pronalaska najboljeg rješenja za njihovo nasipavanje. Pikelj i dr. (2015) primjenom SfM fotogrametrije prate promjene na plažama Dugi Rat i Glavica uslijed olujnih događaja. Ista grupa autora kao optimalnu metodu praćenja erozije plaža predlažu izradu 3D modela pomoću *Structure from motion* (SfM) fotogrametrije i MVS-a (Pikelj i dr., 2018).

Što se tiče metode korištene u ovom diplomskom radu, značajni su radovi skupine autora sa sveučilišta u Pisi i Ferrari, koji primjenjuju radiofrekvencijsku identifikaciju kao metodu praćenja valutica. Bertoni i Sarti (2011) provode topografska istraživanja na trima umjetnim plažama u Marini di Pisa, kako bi uočili promjene nakon olujnih događaja. Bertoni i dr. (2012 a) koriste metodu radiofrekvencijske identifikacije kako bi pratili kretanje valutica na plaži u Marini di Pisa. Također, proučavaju *in situ* abraziju označenih valutica (2012 b). U radu iz 2016. godine Bertoni i dr., na temelju gubitka volumena označenih valutica, prate njihovu abraziju na šljunčanoj plaži u Marini di Pisa tijekom 13-mjesečnog razdoblja. Grottoli i dr. (2019) istražuju utjecaj oblika valutica na njihov transport, u svrhu definiranja što prikladnijeg materijala za nasipavanje plaža u Portonovu, u blizini Ancone.

4. Materijali i metode

Radiofrekvencijska identifikacija (RFID) je tehnički sustav koji omogućuje automatsku identifikaciju objekta bez izravnog kontakta s njime. Tehnologija koristi radio frekvenciju za izmjenu informacija između prijenosnih uređaja i računala. Sustav se sastoji od transpondera pričvršćenog na objekt i RFID čitača povezanog s računalom. Transponder je čip koji emitira kodirane podatke (identifikacijski kod) u obliku slabih elektromagnetskih valova. Čitač registrira valove, dekodira ih i šalje na daljnju obradu računalu. Moguć je i obrnut sustav komunikacije, tj. čitači mogu emitirati podatke, a transponderi ih zapisivati. Transponder i čitač mogu komunicirati uglavnom do udaljenosti od jednog metra.

Svaki transponder sadrži čip, antenu i dovoljno memorije za pohranu identifikacijskog koda. Kod pasivnih RFID sustava, transponderi nemaju izvor napajanja, već energiju za rad crpe iz visokofrekvencijskog promjenjivog elektromagnetnog polja koje emitira čitač. Kod aktivnih sustava, transponderi su opremljeni baterijom koja znatno povećava doseg tih uređaja, ali im ograničava radni vijek (URL2). Za podvodnu primjenu koriste se nisko frekventni (125 kHz) RFID sustavi.

Za potrebe ovog istraživanja, čitač je bio opremljen *bluetooth* transmisijskim kanalom, kojim se uslijed identifikacije valutice kod šalje direktno na pametni telefon operatera. Time je izbjegnuto korištenje laptopa. Prilikom detekcije označene valutice, na pametnom telefonu pojavljuje se obavijest u obliku poruke uz emitiranje zvučnog signala.

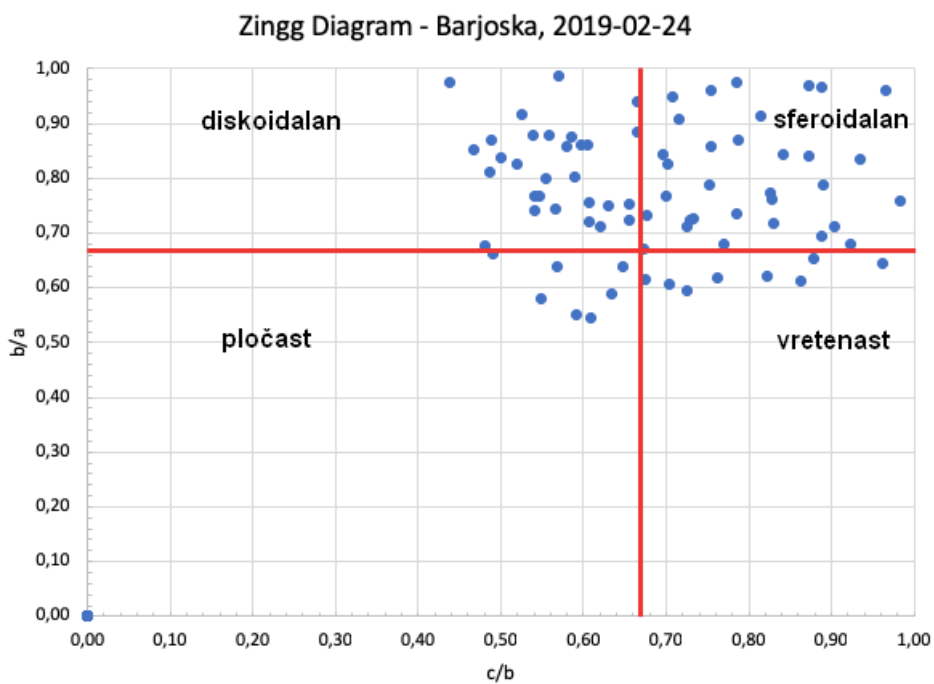
Valutice prikupljene za praćenje erozije su prethodno nasumično odabrane sa plaže Barjoška na otoku Visu. Veličina valutica bila je u rasponu od oko 10 – 15 cm. Bušenje valutica radi umetanja transpondera obavljeno je tijekom siječnja i veljače 2019. godine, na način da su dijamantnom krunom izbušene rupe promjera 32 mm pri čemu je sačuvan kameni čep svake valutice. U valutice su umetnuti pasivni niskofrekventni SOLTEC-ovi transponderi (Slika 5). Nakon umetanja transponderi su prekriveni kamenim čepom, te zaliveni dvokomponentnom epoksidnom vezom Novapox proizvođača Nova-Chem iz Karlovca.



Slika 5: Valutice sa umetnutim transponderima.

Prije polaganja na prethodno odabrana mjesta na plaži, valutice su izvagane, te oprane i posušene, kako bi se uklonila površinska prašina. Pomičnim mjerilom su izmjerene najduža, najkraća i srednja os valutica i na temelju Zinggovog dijagrama (Slika 6) (Zingg, 1935) odvojene su dvije populacije valutica: sferičnog i diskoidalnog oblika. Valutice pločastog i vretenastog oblika nisu uzete u obzir.

Nakon čišćenja populacije valutica su obojane žutom (diskoidalne) i crvenom (sferične) bojom (Slika 7) kako bi bile prepoznatljivije u kratkoročnom periodu praćenja (6, 24 i 48 h), čime bi se značajno smanjilo vrijeme provedeno u sakupljanju.



Slika 6: Oblik valutica klasificirana u Zinggovom dijagramu s obzirom na omjere osi.

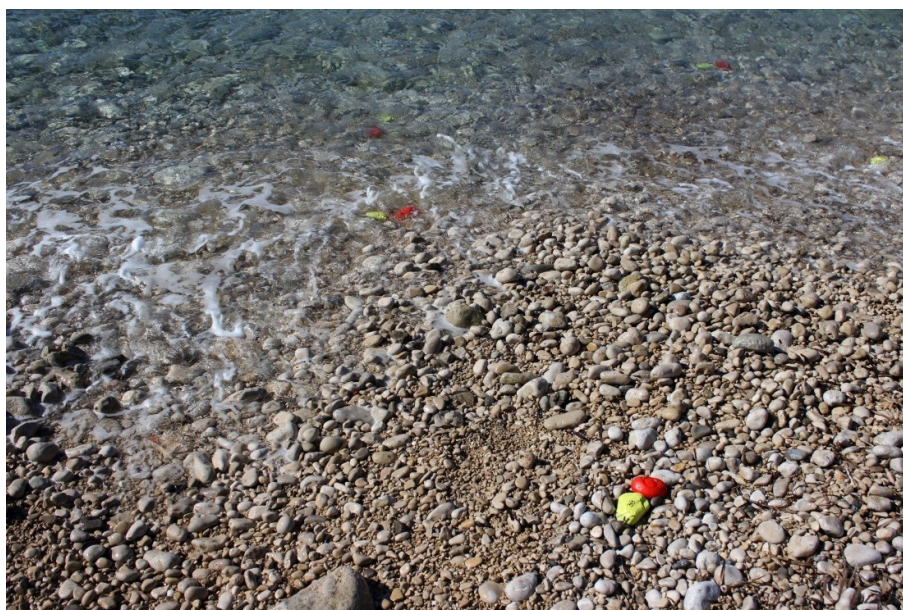


Slika 7: Diskoidalne (žute) i sferične (crvene) valutice.

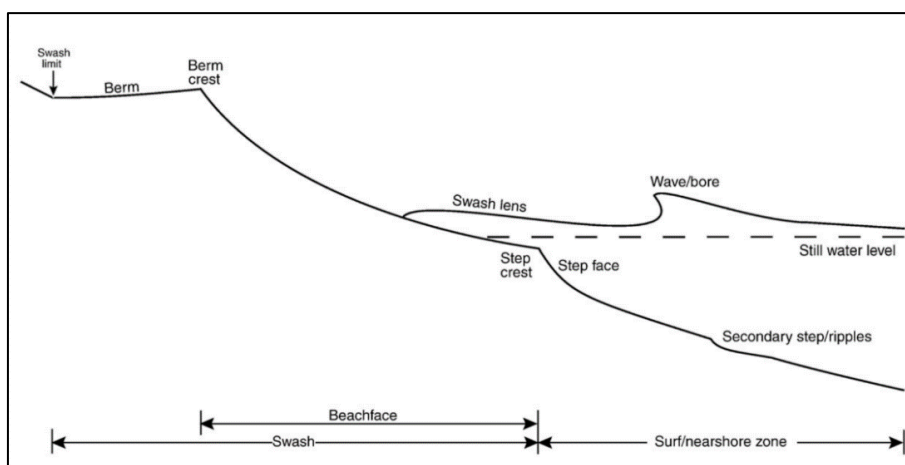
Valutice su zatim dodatno označene i brojevima, a potom skenirane antenom kako bi se iščitao identifikacijski kod svake od njih. Valutice su 25. veljače 2019. godine postavljene duž 10 profila okomitih na obalnu liniju na sljedeći način: po dvije valutice (1 sferična, 1 diskoidalna) su postavljene na bermu lijepog vremena, dvije (1 sferična, 1 diskoidalna) na zonu plime i oseke (*foreshore*) i dvije (1 sferična, 1 diskoidalna) na zonu loma valova (*beach step*) (Slika 8 i 9). Ova tri različita segmenta u morfologiji tipičnih šljunčanih plaža prikazana su na slici 10, a odabrana su kako bi bila usporediva s rezultatima sličnog istraživanja koje su proveli Grottoli i dr., 2019.



Slika 8: Polaganje valutica.



Slika 9: Polaganje valutica.



Slika 10: Skica tipične šljunkovite plaže (Austin i Buscombe, 2008).

Prilikom polaganja valutica svakom položenom paru određena je precizna pozicija (x , y , z) pomoću Trimble R8 GNSS prijemnika i kontrolera, dok su izmjerene pozicije korigirane putem CROPOS državne mreže referentnih GNSS stanica Republike Hrvatske (Slika 11 i 12). Točnost mjerenja pozicija bila je do 2 cm horizontalno i do 4 cm vertikalno.



Slika 11: Određivanje pozicije valutica u zoni berme.



Slika 12: Određivanje pozicije valutica u zoni loma valova.

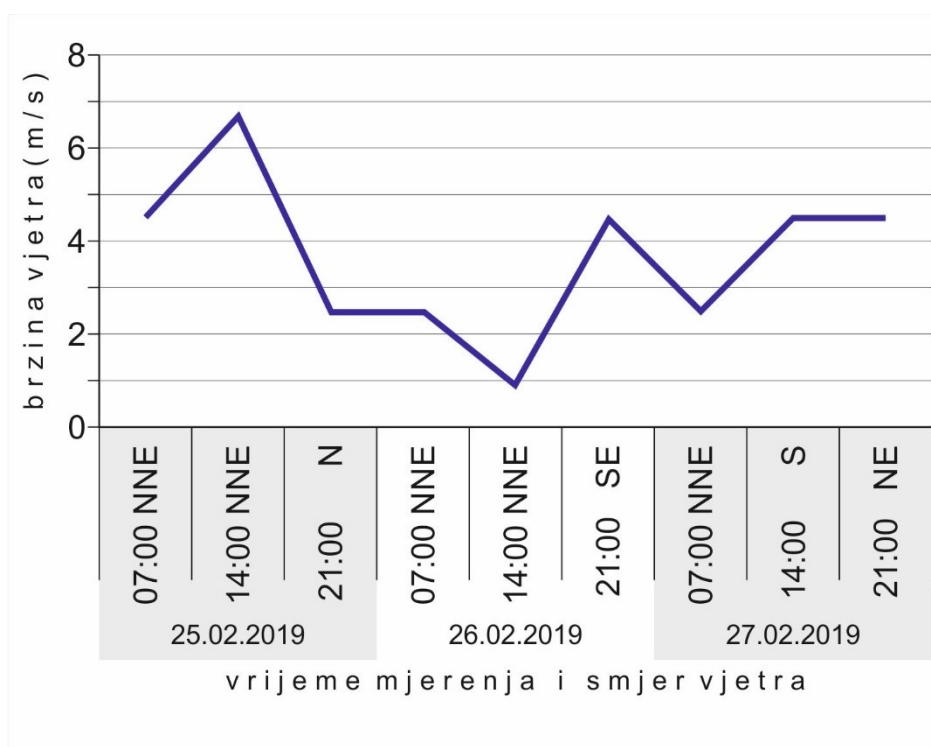
Promjene položaja valutica praćene su nakon 6 h, 24 h, 48 h, te nakon tri mjeseca, pri čemu je svaki put određena njihova nova pozicija. Pri zadnjem praćenju valuticama je izmjerena težina kako bi se utvrdio gubitak mase. Tijekom polaganja valutica napravljeno je profiliranje plaže pomoću GPS mjerenja na prethodno spomenutih 10 profila.

U lipnju je osim prikupljanja valutica, provedeno snimanje plaže bespilotnom letjelicom, te je ponovljeno profiliranje pomoću GPS mjerenja. Nakon terenskog rada, podaci o pozicijama valutica i topografiji plaže prikazani su na kartama izrađenima u QGIS-u.

5. Rezultati

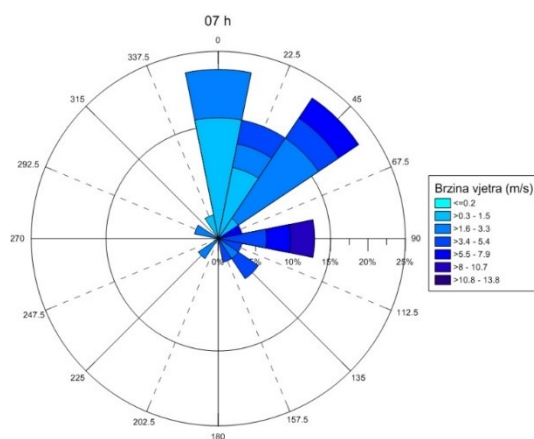
5.1. Vremenske prilike

Podaci o smjeru i brzini vjetra tijekom veljače, ožujka, travnja i svibnja, dobiveni su na zahtjev iz Državnog hidrometeorološkog zavoda u Zagrebu. Smjer i brzina vjetra tijekom 25., 26., i 27. veljače, prikazani su na slici 13. Najjači vjetar izmjeren je na dan polaganja valutica 25. veljače u 14:00 brzine 6,7 m/s iz NNE smjera.

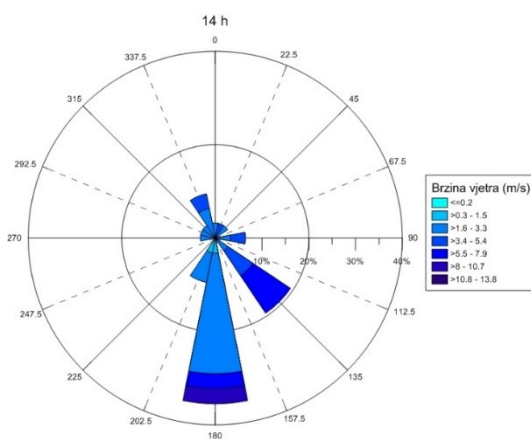


Slika 13: Brzina i smjer vjetra 25., 26. i 27. veljače 2019. godine.

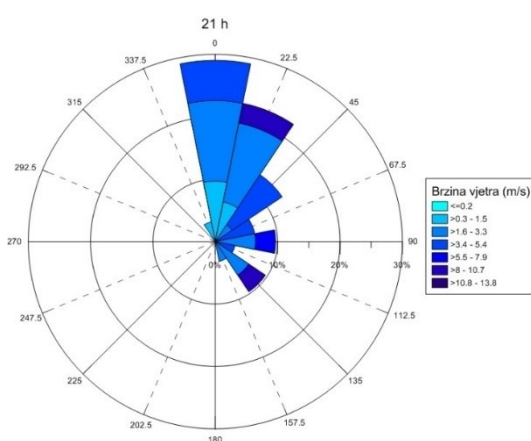
Smjer i brzina vjetra tijekom ožujka, travnja i svibnja 2019. godine, prikazani su na ružama vjetrova. Brzina i smjer vjetra mjereni su svaki dan u 7, 14 i 21 sat. Slično kao i na slici 13, podaci o vjetru prikazani na ružama vjetrova (slike 14–22) pokazuju da je tijekom tromjesečnog razdoblja dominantan vjetar bio iz sjevernog i sjeveroistočnog smjera, s rjeđim pojavama dominacije vjetra s jugoistoka, naročito u svibnju (slike 20–22).



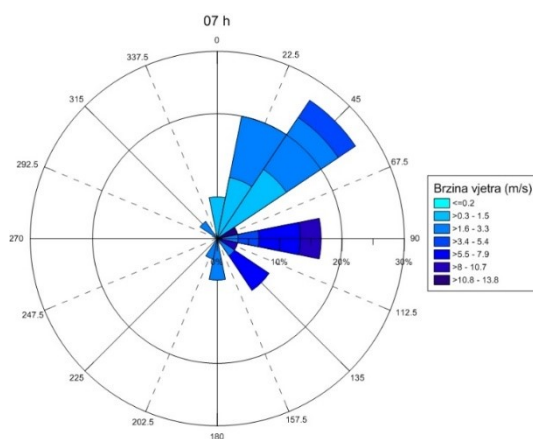
Slika 14: Brzina, smjer i učestalost vjetra (ožujak 2019., 7:00).



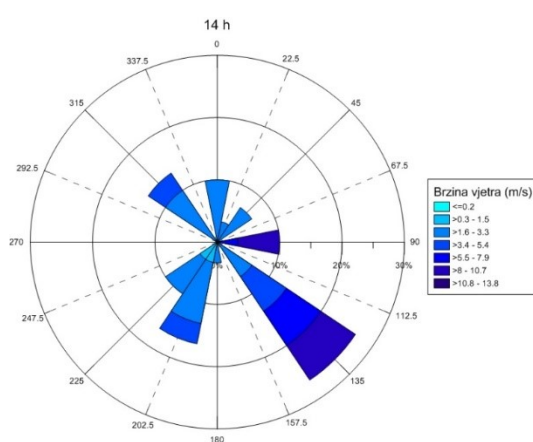
Slika 15: Brzina, smjer i učestalost vjetra (ožujak 2019., 14:00).



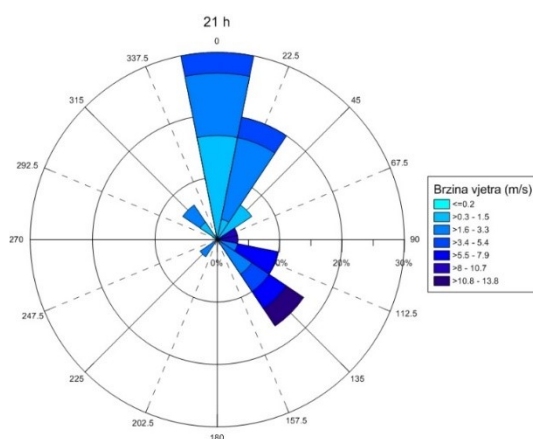
Slika 16: Brzina, smjer i učestalost vjetra (ožujak 2019., 21:00).



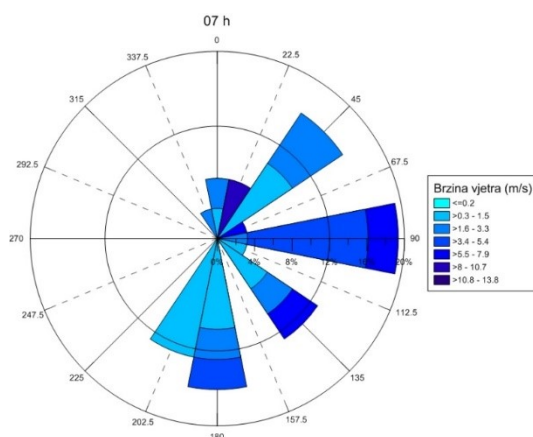
Slika 17: Brzina, smjer i učestalost vjetra (travanj 2019., 7:00).



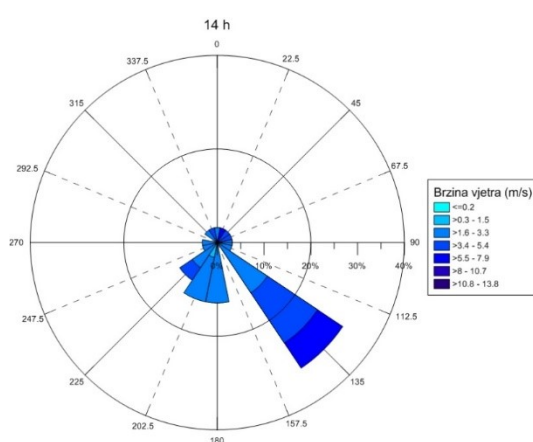
Slika 18: Brzina, smjer i učestalost vjetra (travanj 2019., 14:00).



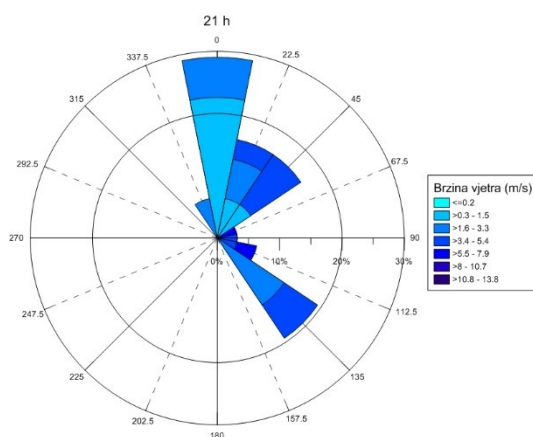
Slika 19: Brzina, smjer i učestalost vjetra (travanj 2019., 21:00).



Slika 20: Brzina, smjer i učestalost vjetra (svibanj 2019., 7:00).



Slika 21: Brzina, smjer i učestalost vjetra (svibanj 2019., 14:00).



Slika 22: Brzina, smjer i učestalost vjetra (svibanj 2019, 21:00).

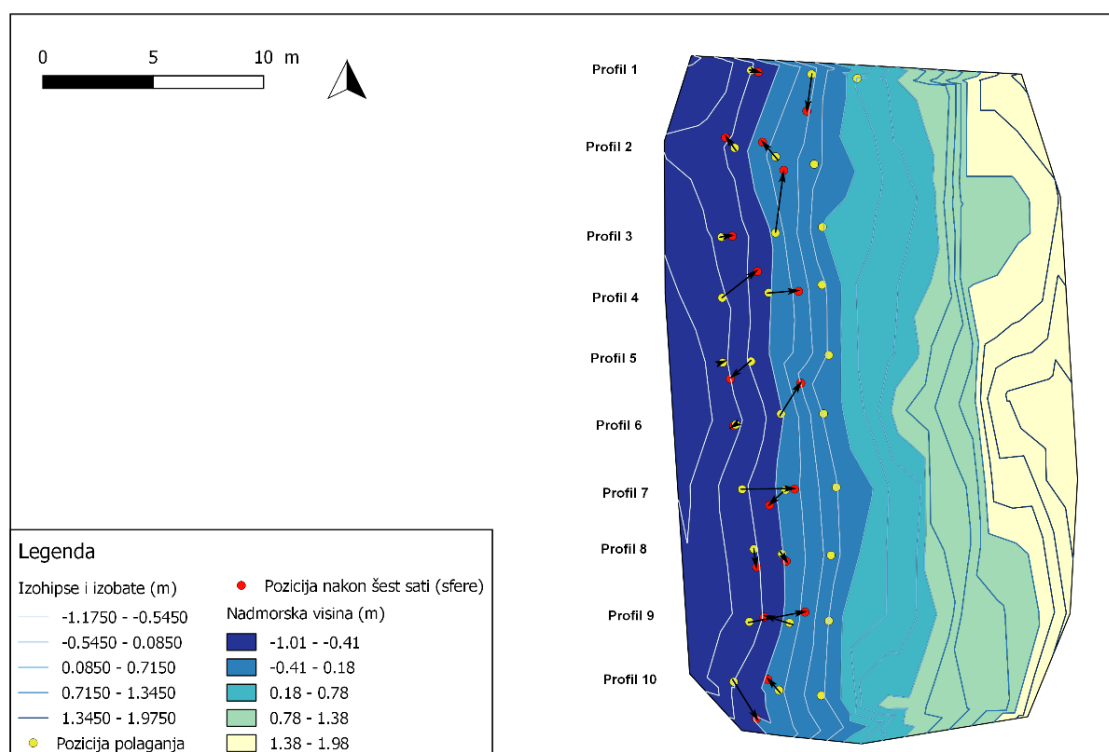
5.2. Vremenski period: 6 sati

Nakon šest sati prikupljeno je 100 % sferičnih valutica. Sve valutice položene na bermi lijepog vremena, ostale su na istoj poziciji nakon šest sati. Najdinamičnija se pokazala zona loma valova (*beach step*).

60 % sferičnih valutica položenih u navedenoj zoni, ostalo je u njoj. 40 % pomaknulo se do zone plime i oseke (*foreshore*). U tablici 1 i na slici 23 vidljiv je prikaz kretanja sferičnih valutica. Pomak sfera bio je uglavnom u rasponu od 0,5 – 3 metra, pri čemu nije uočen dominantan smjer kretanja.

Tablica 1: Pozicija polaganja i pozicija nakon šest sati (sfere).

		pozicija nakon 6 h (sfere)			
		berma lijepog vremena	zona plime i oseke (<i>foreshore</i>)	zona loma valova (<i>beach step</i>)	nisu pronađeni
pozicija polaganja	berma lijepog vremena	100	0	0	0
	zona plime i oseke (<i>foreshore</i>)	0	80	20	0
	zona loma valova (<i>beach step</i>)	0	40	60	0

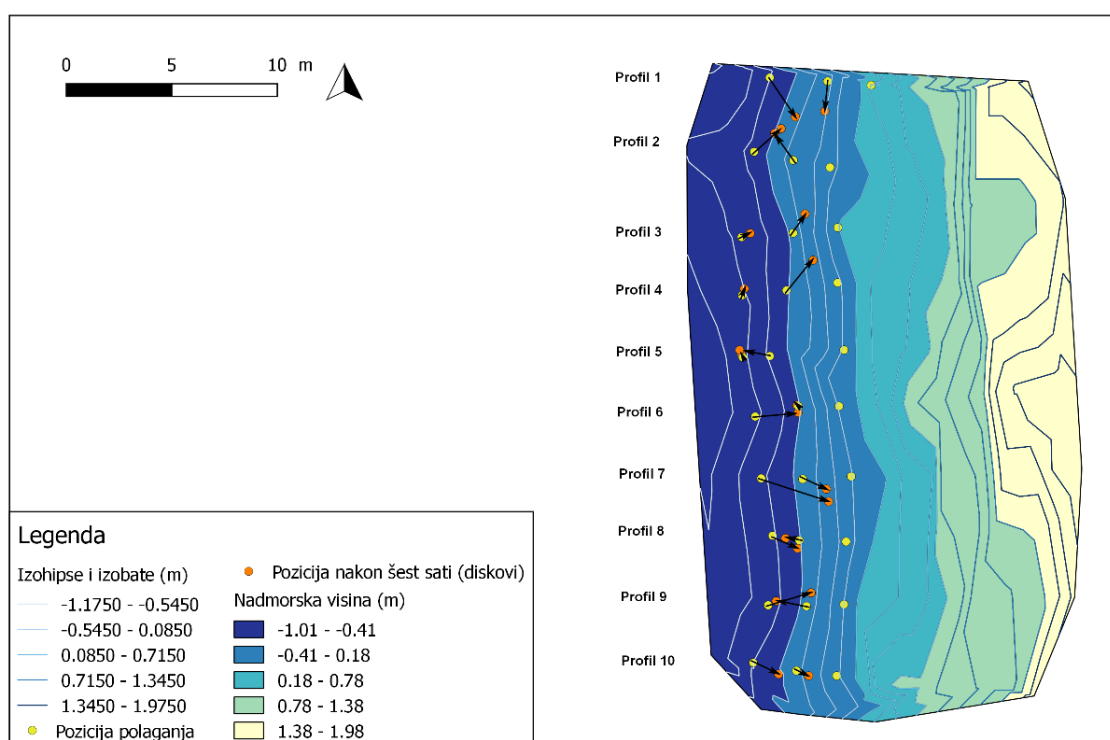


Slika 23: Pozicija polaganja i pozicija nakon šest sati (sfere).

Što se tiče diskoidalnih valutica, nakon šest sati, također ih je pronađeno 100 %. Sve valutice položene na bermi lijepog vremena ostale su na njoj. Najdinamičnija je zona loma valova (*beach step*). Čak 70 % diskoidalnih valutica umetnutih u toj zoni, pomaknulo se do zone plime i oseke (*foreshore*) (tablica 2 i slika 24). Pomak diskova uglavnom iznosi 0,5 – 3 m. Nije uočen dominantan smjer kretanja.

Tablica 2: Pozicija polaganja i pozicija nakon šest sati (diskovi).

		pozicija nakon 6 h (diskovi)			
		berma lijepog vremena	zona plime i oseke (foreshore)	zona loma valova (beach step)	nisu pronađeni
pozicija polaganja	berma lijepog vremena	100	0	0	0
	zona plime i oseke (foreshore)	0	80	20	0
	zona loma valova (beach step)	0	70	30	0



Slika 24: Pozicija polaganja i pozicija nakon šest sati (diskovi).

5.3. Vremenski period: 24 sata

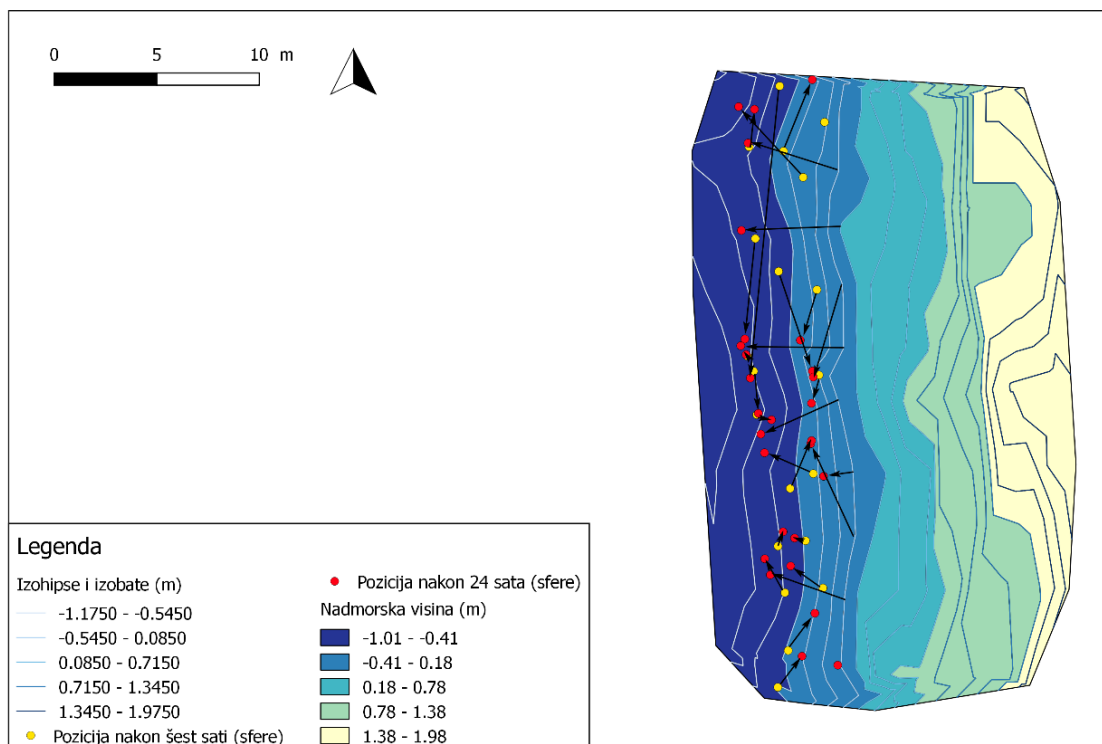
Položaj valutica nakon 24 sata prikazan je u odnosu na njihov položaj nakon 6 sati (tablica 3 i slika 25). Nakon 24 sata prikupljeno je 88 % valutica i to 90% sferičnih i 87% diskoidalnih.

U navedenom periodu čak 50% sferičnih valutica koje su se nalazile na bermi lijepog vremena, pomaknute su do zone loma valove. Sve sferične valutice koje su se nakon 6 sati nalazile u zoni loma valova, ostale su u toj zoni. U zoni plime i oseke također je ostala većina sferičnih valutica (75 %).

Nakon 24 sata, uočen je veći pomak sferičnih valutica u odnosu na period unutar 6 sati i to do nekoliko metara. Iako je primijećeno prema položaju valutica da je dužobalna komponenta kretanja postala dominantnija, nije bilo moguće odrediti u kojem je smjeru je bila dominantnija.

Tablica 3: Pozicija nakon šest sati i nakon 24 sata.

		pozicija nakon 24 sata (sfere)			
		berma lijepog vremena	zona plime i oseke (<i>foreshore</i>)	zona loma valova (<i>beach step</i>)	nisu pronađeni
pozicija nakon 6 sati (sfere)	berma lijepog vremena	0	30	50	20
	zona plime i oseke (<i>foreshore</i>)	0	75	17	8
	zona loma valova (<i>beach step</i>)	0	0	100	0

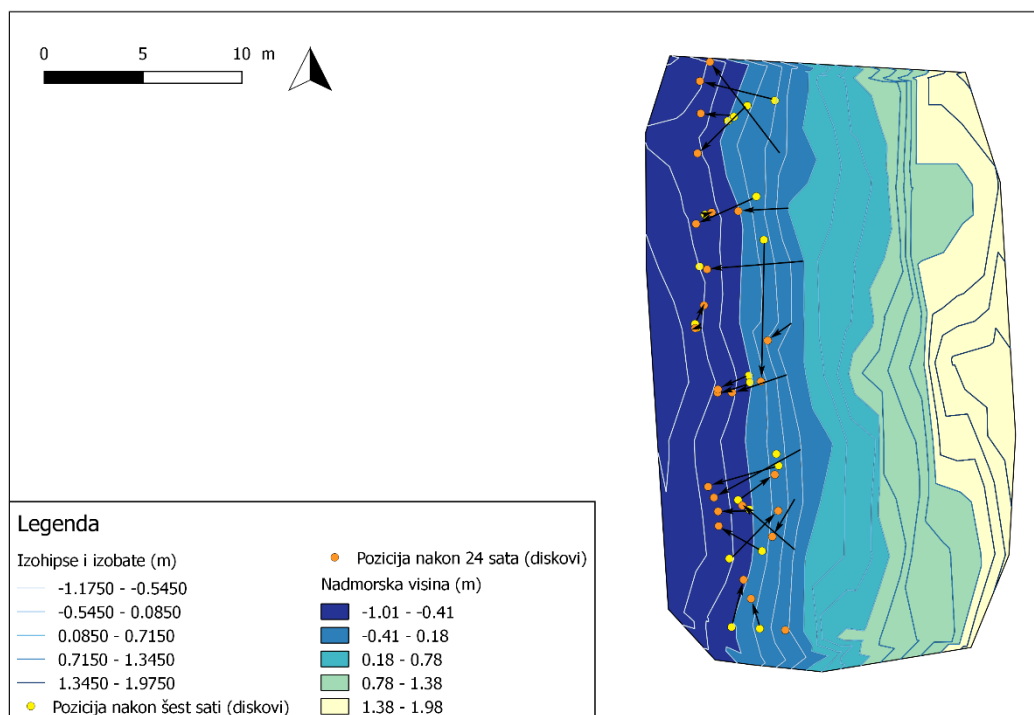


Slika 25: Pozicija nakon šest sati i pozicija nakon 24 sata (sfere).

U slučaju diskoidalnih valutica (tablica 4 i slika 26), također je velik broj njih koje su se nalazile na bermi lijepog vremena, pomaknut u zonu loma valova (50 %), dok je većina onih koje su se nalazile u zoni plime i oseke i zoni loma valova, tamo i ostala (67 % i 63 %). Pomak valutica je također veći u odnosu na prethodno razdoblje, međutim ovaj put je prepoznata dominantna komponenta kretanja diskova je istok – zapad.

Tablica 4: Pozicija nakon 6 sati i pozicija nakon 24 sata (diskovi).

		pozicija nakon 24 sata (diskovi)			
		berma lijepog vremena	zona plime i oseke (foreshore)	zona loma valova (beach step)	nisu pronađeni
pozicija nakon 6 sati (diskovi)	berma lijepog vremena	10	30	50	10
	zona plime i oseke (foreshore)	0	17	67	17
	zona loma valova (beach step)	0	25	63	13



Slika 26: Pozicija nakon šest sati i pozicija nakon 24 sata (diskovi).

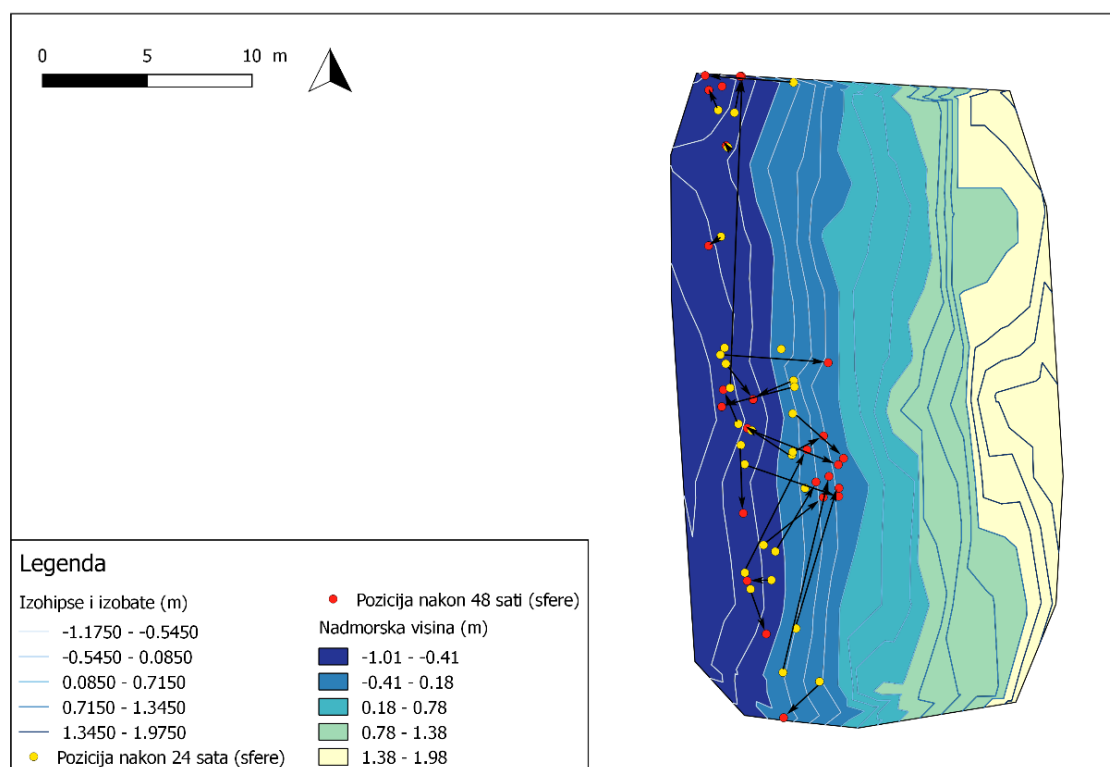
5.4. Vremenski period: 48 sati

Promatran je položaj valutica nakon 48 sati u odnosu na njihov položaj nakon 24 sata (tablica 5 i slika 27). Nakon 48 sati prikupljeno je 83 % valutica, 90 % sferičnih i 77 % diskoidalnih.

Zanimljivo je za uočiti da je u navedenom periodu došlo do pomaka značajnog broja sferičnih valutica iz zone plime i oseke i iz zone loma valova na bermu lijepog vremena.

Tablica 5: Pozicija nakon 24 sata i pozicija nakon 48 sati (sfere).

		pozicija nakon 48 sati (sfere)			
		berma lijepog vremena	zona plime i oseke (<i>foreshore</i>)	zona loma valova (<i>beach step</i>)	nisu pronađeni
pozicija nakon 24 sata (sfere)	berma lijepog vremena	0	100	0	0
	zona plime i oseke (<i>foreshore</i>)	30	10	40	20
	zona loma valova (<i>beach step</i>)	18	18	59	6

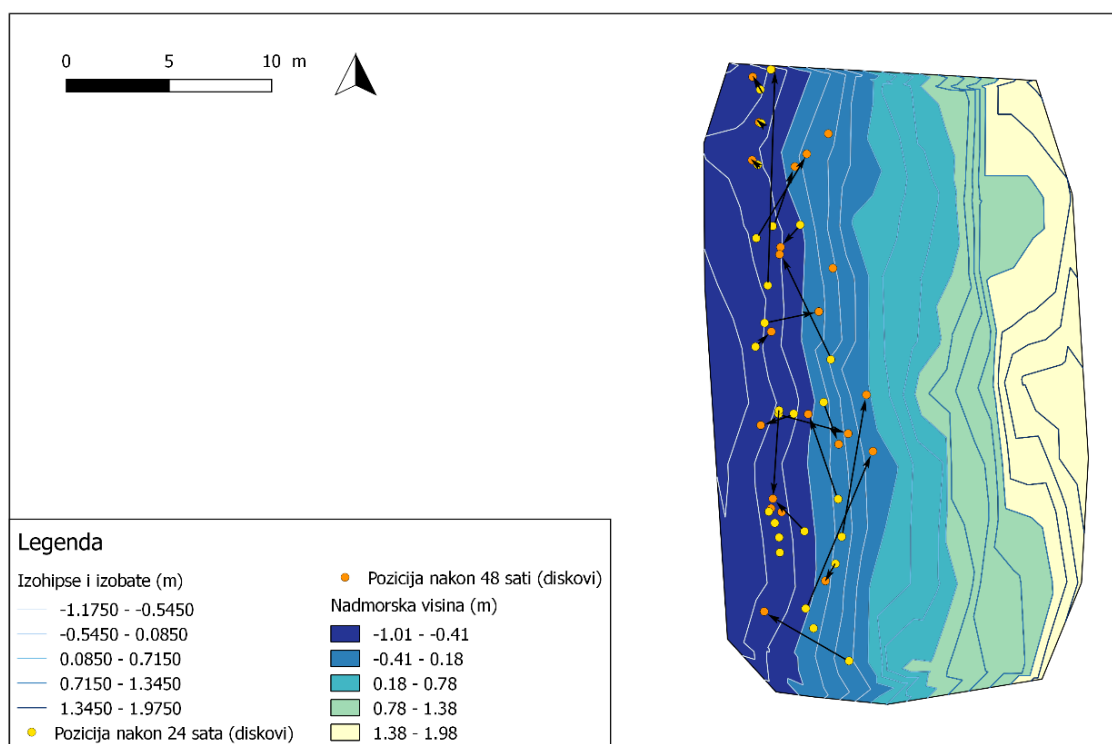


Slika 27: Pozicija nakon 24 sata i pozicija nakon 48 sati (sfere).

Položaj diskova prikazan je u tablici 6 i na slici 28. Čak 29 % diskova koji su se nalazili na zoni loma valova, nisu pronađeni. Diskovi su se u nešto manjoj mjeri pomaknuli iz zone plime i oseke i zone loma valova na područje berme.

Tablica 6: Pozicija nakon 24 sata i pozicija nakon 48 sati (diskovi).

		pozicija nakon 48 sati (diskovi)			
		berma lijepog vremena	zona plime i oseke (foreshore)	zona loma valova (beach step)	nisu pronađeni
pozicija nakon 24 sata (diskovi)	berma lijepog vremena	0	0	100	0
	zona plime i oseke (foreshore)	25	25	38	13
	zona loma valova (beach step)	0	24	47	29



Slika 28: Pozicija nakon 24 sata i pozicija nakon 48 sati (diskovi).

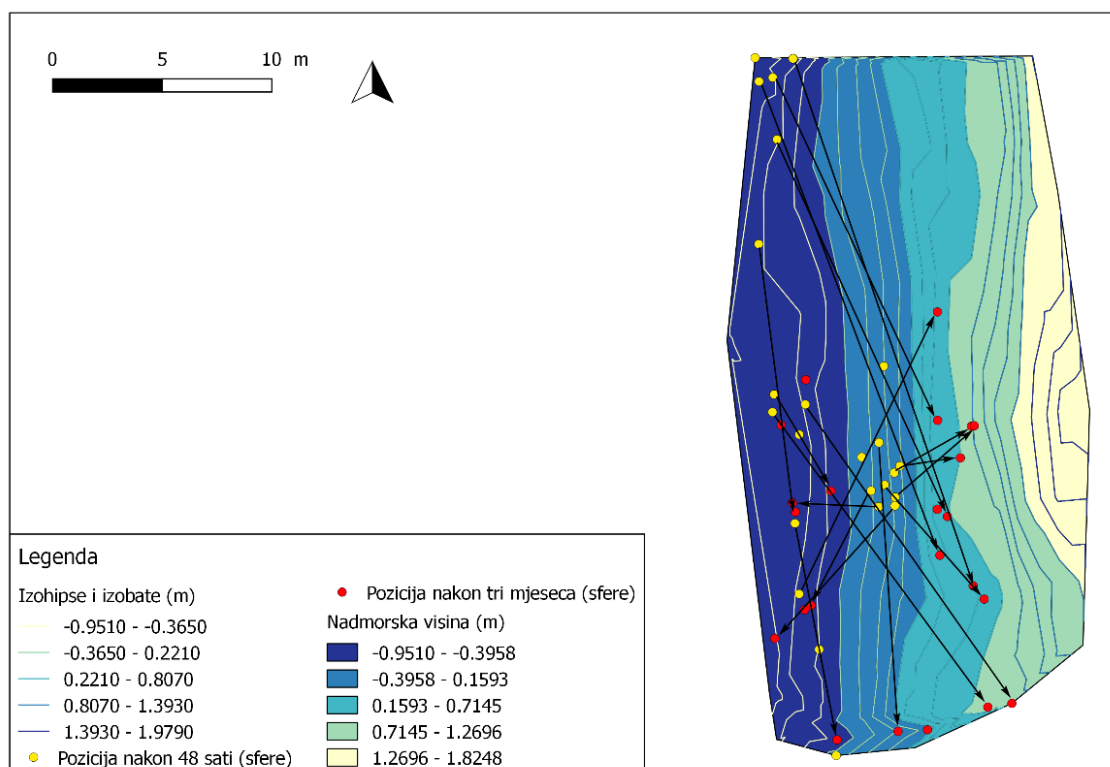
5.5. Vremenski period: tri mjeseca

Nakon 27. veljače, sljedeći period detektiranja valutica započeo je 10. lipnja. Valutice su prikupljane tijekom nekoliko dana. Ukupno je prikupljeno 75 % valutica (Slika 29), 77% sferičnih i 73% diskoidalnih. Pozicije valutica u lipnju u odnosu na 27. veljače prikazane su na slikama.



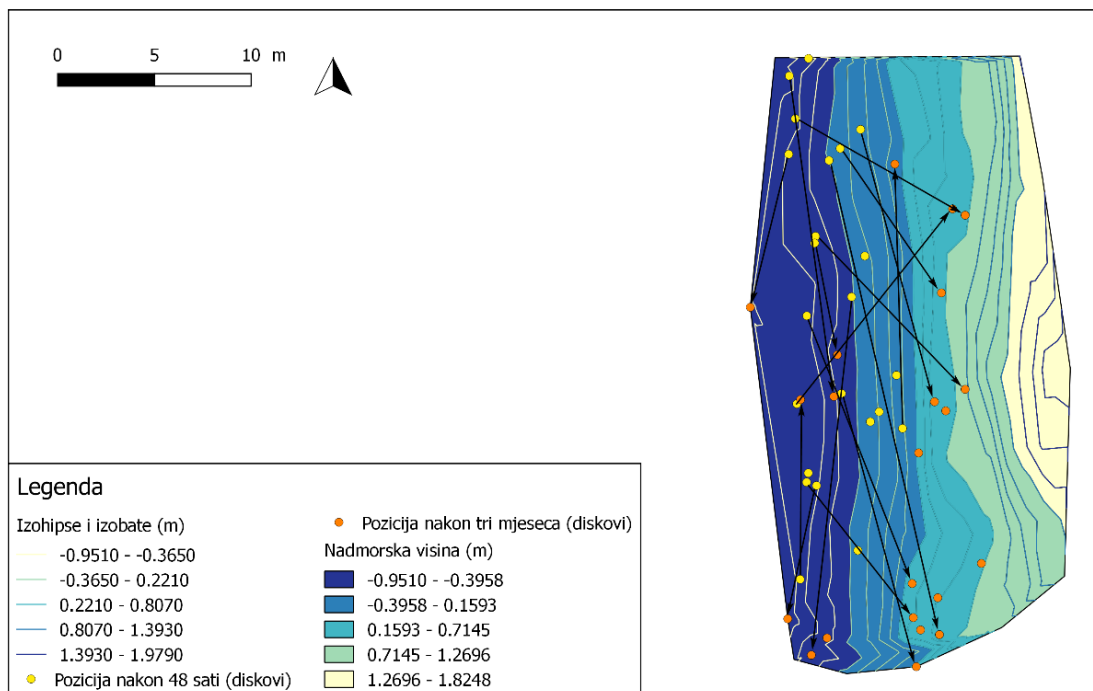
Slika 29: Valutice nakon tri mjeseca boravka na plaži.

Nakon tri mjeseca oko 60 % pronađenih sferičnih valutica nađeno je zakopano na plaži. Na karti se može uočiti da je dominantan smjer kretanja sfera prema jugu (slika 30).



Slika 30: Pozicija nakon 48 sati i pozicija nakon tri mjeseca (sfere).

Velik broj nađenih diskova također je nađen na plaži – oko 70%. Diskovi su se uglavnom kretali prema jugu (slika 31).



Slika 31: Pozicija nakon 48 sati i pozicija nakon tri mjeseca (diskovi).

Nakon tri mjeseca valutice su ponovno vagane. Rezultati su prikazani u tablici 7. Najveći broj pronađenih valutica izgubio je 1-2 % početne mase. Svega dvije diskoidalne valutice izgubile su 6% mase. Valutice koje su u tablici 7 označene žutom bojom se odnose samo na pronađene transpondere u epoxy smoli, dok je ostatak valutice u potpunosti otpao, pa razlika u masi nije mogla biti izračunata.

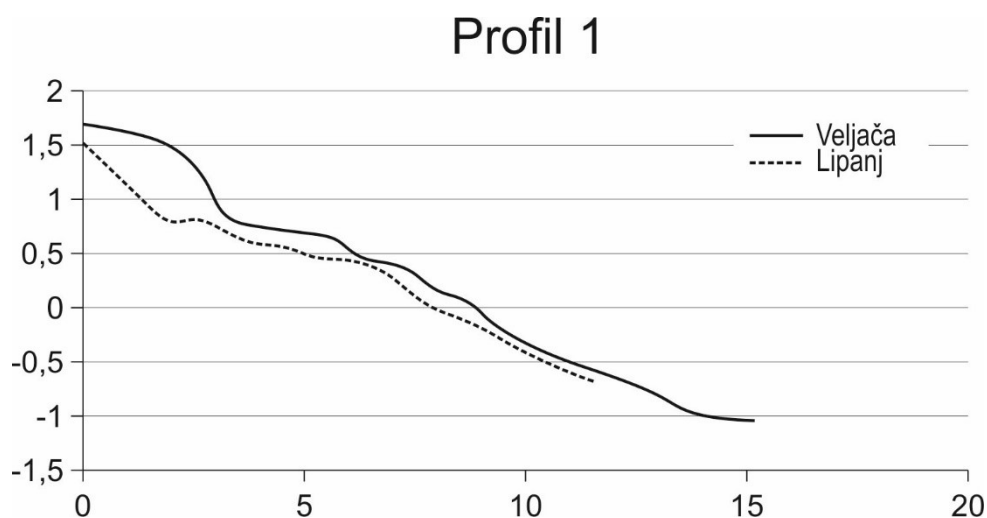
Tablica 7: Mase valutica u veljači i lipnju (u gramima) (nastavak tablice na idućoj strani).

#	ID KOD	OBLIK	TEŽ. 24. VELJ.	POZ. POLAGANJA	PROFIL	TEŽ. LIPANJ	RAZLIKA	% GUBITAK MASE
1	0112FF3748	sfera	1119	beach step	4	565		
2	0112FF0035	sfera	448	foreshore	4	438	10	2
3	0112FF1650	sfera	691	berma	10			
4	0112FF7AD1	sfera	1138	berma	6	1138	0	0
5	0112FF340E	sfera	393	beach step	3	346		
6	0112FF6745	sfera	520	foreshore	1	tag		
7	0112FF5989	sfera	560	beach step	8	556	4	1
8	0112FF16A7	sfera	271	foreshore	10	265	6	2
9	0112FF7A73	sfera	805	berma	3	804	1	0
10	0112FF1683	sfera	1557	foreshore	5	1549	8	1
11	0112FEFCCA	sfera	694	beach step	1	694	0	0
12	0112FF3065	sfera	583	berma	7	577	6	1
13	0112FF60AD	sfera	733	beach step	9	570		
14	0112FF5944	sfera	655	beach step	5			
15	0112FF298A	sfera	568	foreshore	3	565	3	1
16	0112FF5936	sfera	556	berma	2	556	0	0
17	0112FF5D65	sfera	507	berma	5			
18	0112FF6061	sfera	554	foreshore	9	293		
19	0112FF599C	sfera	469	beach step	6			
20	0112FF3060	sfera	637	foreshore	6	tag		
21	0112FEFCD8	sfera	316	berma	1	313	3	1
22	0112FF7AE1	sfera	342	berma	9	142		
23	0112FF3098	sfera	358	beach step	2	351	7	2
24	0112FF006A	sfera	362	berma	8			
25	0112FF3097	sfera	764	foreshore	2			
26	0112FF7ABD	sfera	755	foreshore	8	753	2	0
27	0112FF6077	sfera	424	foreshore	7	419	5	1
28	0112FF60B4	sfera	520	beach step	10	321		
29	0112FF59B5	sfera	782	beach step	7	tag		
30	0112FF5D90	sfera	634	berma	4	tag		

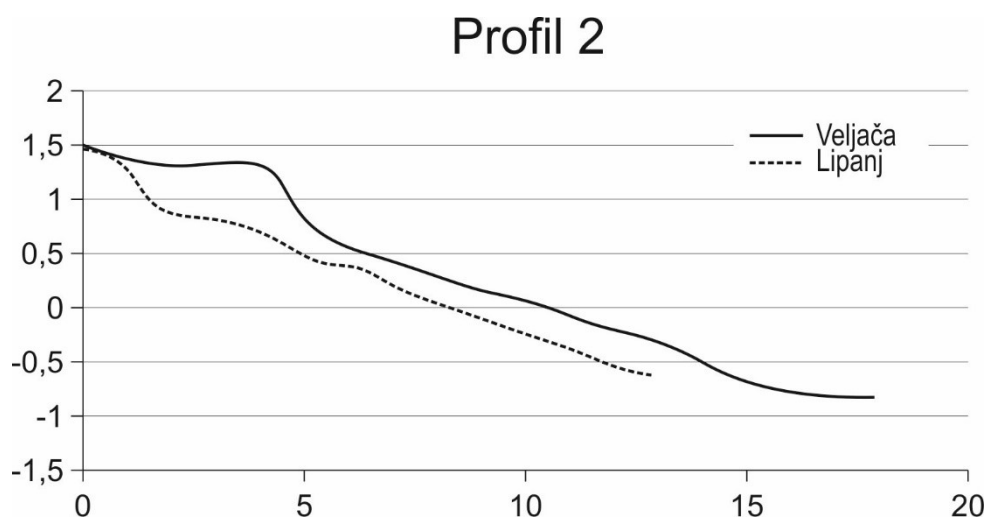
31	0112FF59C4	disk	801	foreshore	8	tag		
32	0112FF6578	disk	877	berma	3	871	6	1
33	0112FF7A67	disk	461	berma	5	458	3	1
34	0112FF6065	disk	631	foreshore	3	627	4	1
35	0112FF780A	disk	381	berma	9			
36	0112FF341A	disk	341	foreshore	10	335	6	2
37	0112FF3764	disk	449	foreshore	4			
38	0112FF16B8	disk	406	berma	8			
39	0112FF3440	disk	383	step	2	382	1	0
40	0112FF1639	disk	458	step	6			
41	0112FF6719	disk	408	step	3	407	1	0
42	0112FF5963	disk	349	berma	1	346	3	1
43	0112FF5951	disk	491	foreshore	1	491	0	0
44	0112FF16B5	disk	767	beach step	9	766	1	0
45	0112FF5D29	disk	593	beach step	8	590	3	1
46	0112FF3740	disk	894	beach step	4			
47	0112FF0085	disk	426	foreshore	7	423	3	1
48	0112FF7AD8	disk	668	berma	7	625	43	6
49	0112FF301C	disk	757	beach step	1	757	0	0
50	0112FF00BE	disk	477	beach step	10	475	2	0
51	0112FF348F	disk	541	foreshore	9			
52	0112FF5D03	disk	1109	foreshore	5	1040	69	6
53	0112FF5938	disk	585	berma	2	290		
54	0112FF3454	disk	671	berma	4			
55	0112FF5931	disk	719	foreshore	6	714	5	1
56	0112FF168F	disk	873	beach step	7			
57	0112FF5972	disk	740	berma	10	424		
58	0112FF306F	disk	853	foreshore	2	853	0	0
59	0112FF3062	disk	727	beach step	5	707	20	3
60	0112FF3475	disk	1054	berma	6	1054	0	0

5.6. Topografija plaže

U veljači i lipnju provedeno je profiliranje plaže pomoću GPS mjerenja, duž deset profila okomitih na obalu. Na slikama 32 - 41 prikazana je usporedba topografije plaže u veljači i u lipnju. Duž svih profila uočeno je da je visina plaže primjetno viša tijekom zime u odnosu na proljetni period. Berma olujnog vremena izražena na profilima u veljači primjetno je izraženija na profilima snimljenim u veljači, dok je na profilima u lipnju plaža zaravnjenija i nešto blažih nagiba.

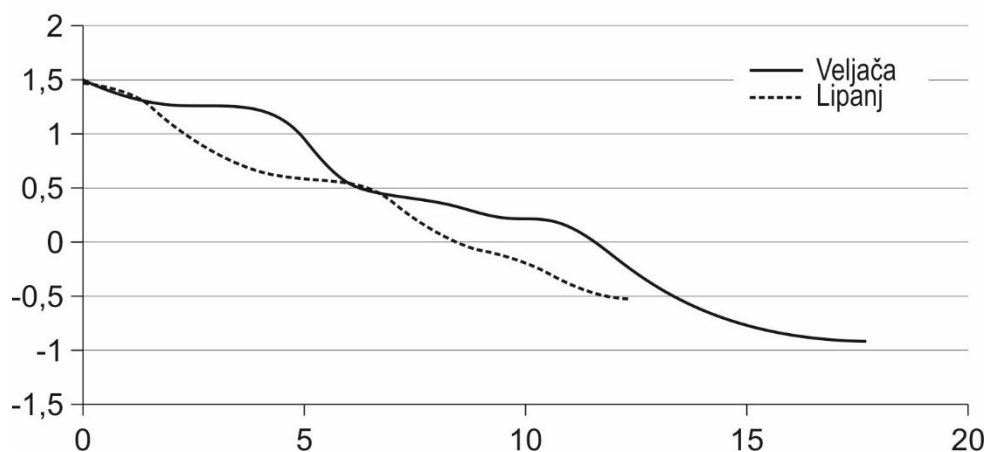


Slika 32: Profil 1.



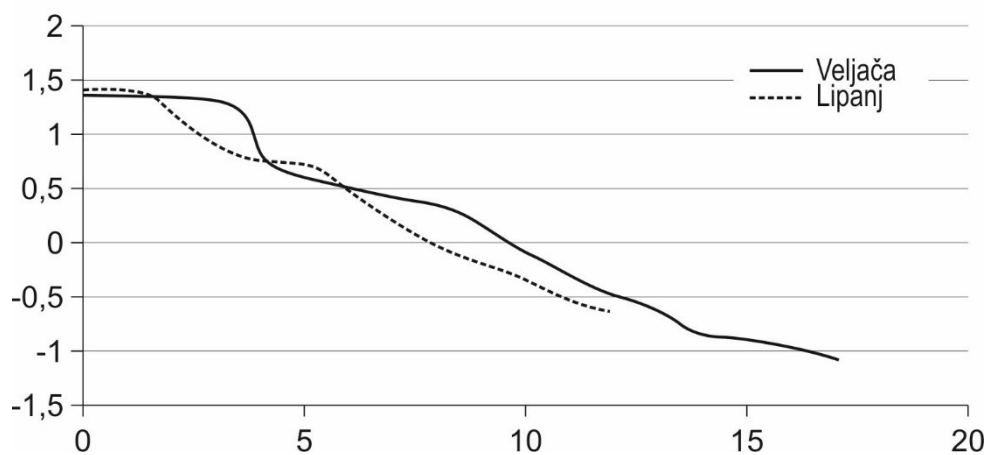
Slika 33: Profil 2.

Profil 3



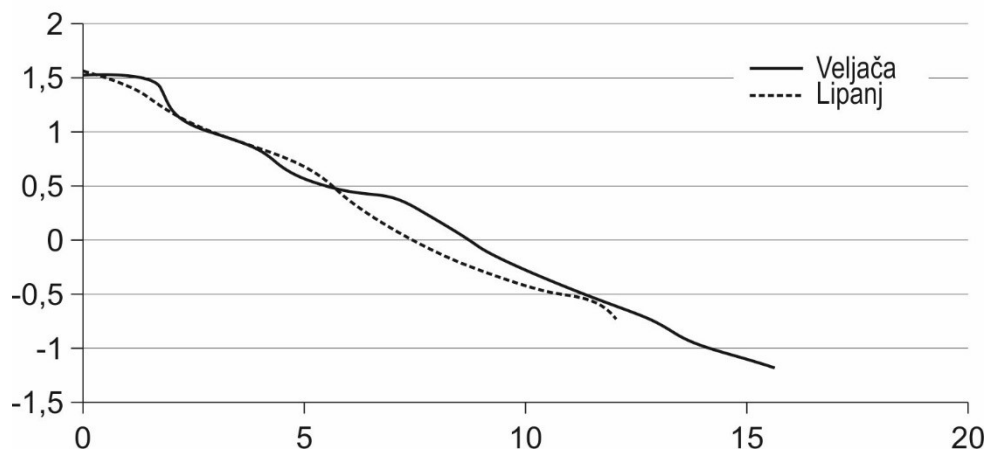
Slika 34: Profil 3.

Profil 4



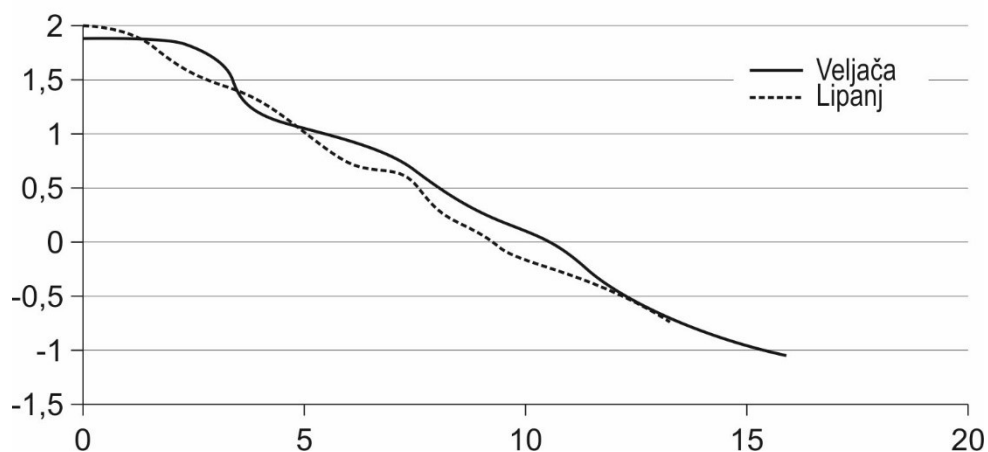
Slika 35: Profil 4.

Profil 5



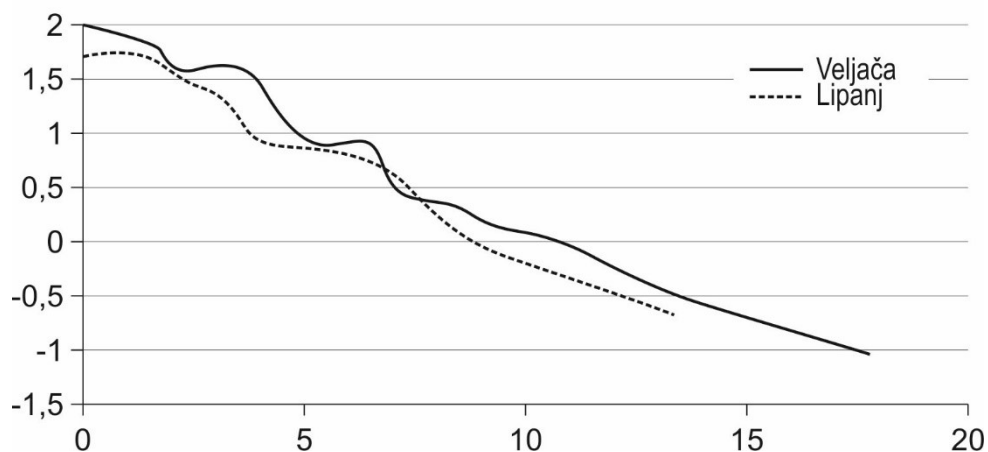
Slika 36: Profil 5.

Profil 6



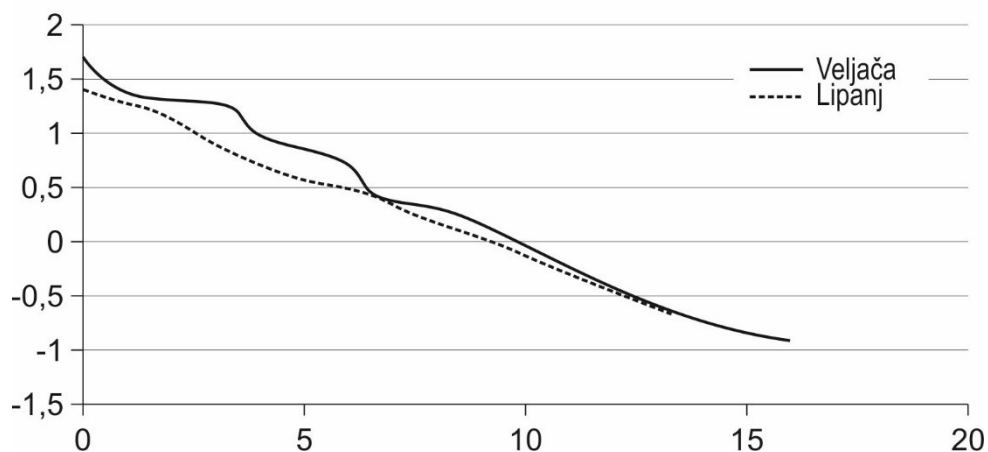
Slika 37: Profil 6.

Profil 7



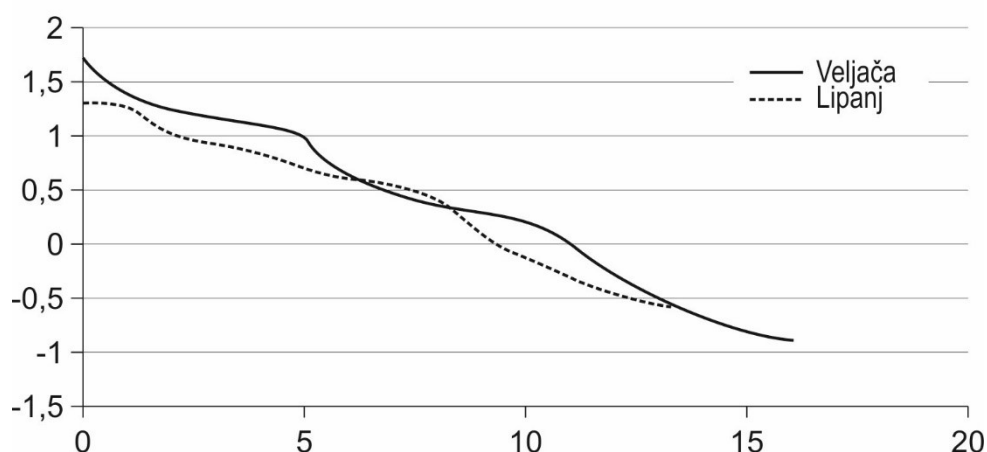
Slika 38: Profil 7.

Profil 8



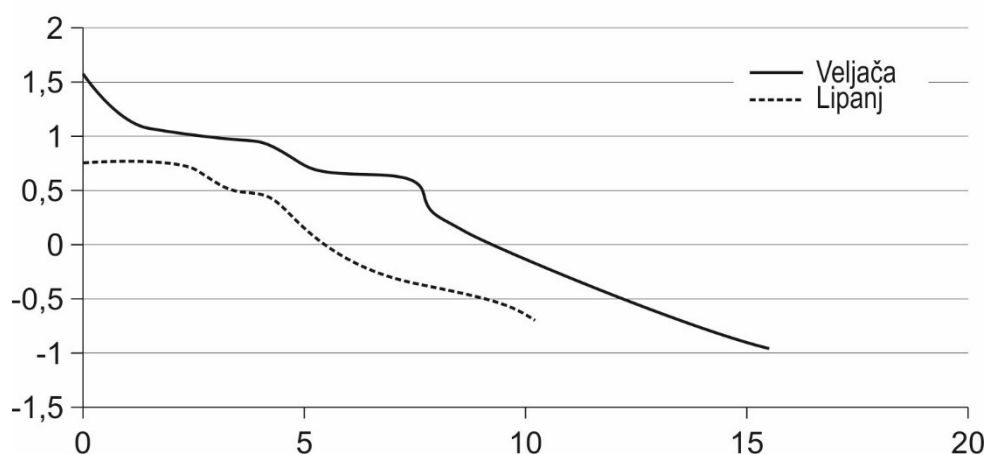
Slika 39: Profil 8.

Profil 9



Slika 40: Profil 9.

Profil 10

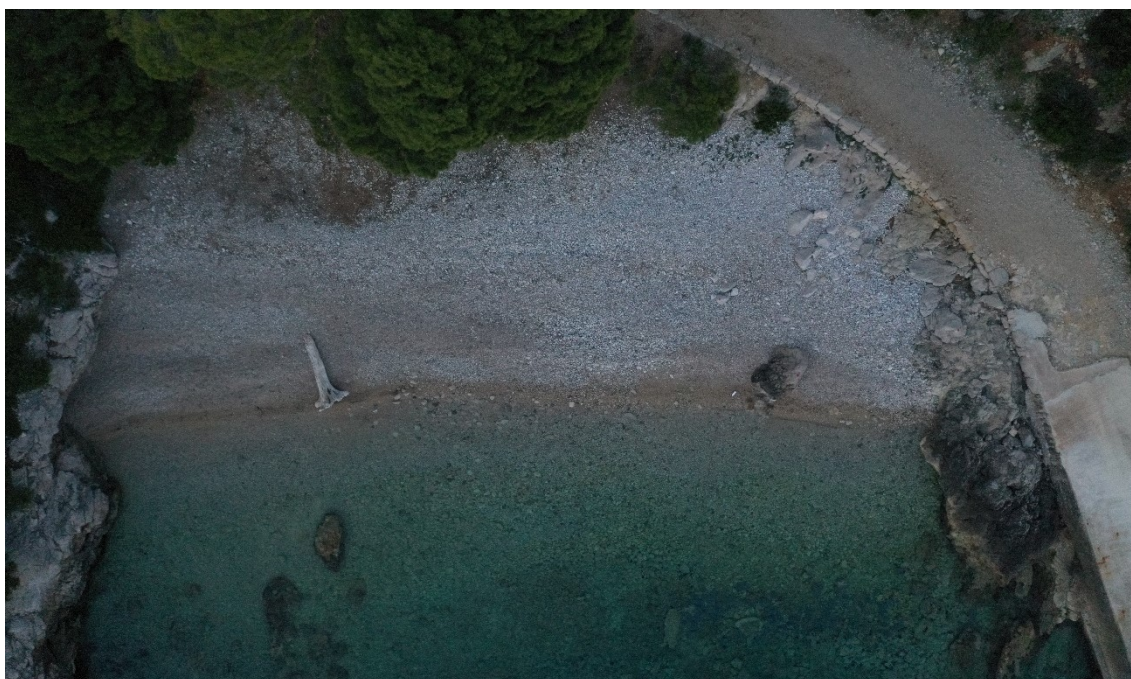


Slika 41: Profil 10.

Na slikama 42 i 43 također je vidljivo da je značajna količina materijala prekrivala desni (južni) dio plaže u veljači, dok je do snimanja u lipnju dio materijala erodiran. Osim toga na plaži je u lipnju vidljivije manja količina ostataka morske cvjetnice *Posidonia oceanica* (L.) Delile, a materijal nakupljen u veljači u zoni loma valova (Slika 42) pokazuje oštru granicu i razliku u boji u odnosu na materijal na morskom dnu prekriven algama. S druge strane, u lipnju ta oštra granica više nije vidljiva (Slika 43).



Slika 42: Plaža iz zraka u veljači 2019.



Slika 43: Plaža iz zraka u lipnju 2019.

6. Rasprava

Kako je prikazano na slikama 23 i 24 i tablicama 1 i 2, nakon šest sati pronađene su sve postavljene valutice. U promatranom periodu nije uočen njihov značajniji transport, niti kod diskoidalnih, niti kod sferičnih valutica. Sve valutice položene na bermi ostale su na istom mjestu, za razliku od rezultata u radu Grottoli i dr. (2019), kod kojih je već nakon šest sati uočen značajan pomak valutica, kao i njihov gubitak (prikupljeno ih je ukupno 88 %). Razlog tome svakako bi mogla biti činjenica da je Barjoška znatno manja i zatvorenija plaža u odnosu na izloženiju plažu u Portonovu koju opisuju Grottoli i dr. (2019). te je stoga i njena dinamika puno slabijeg intenziteta. S obzirom na otprilike jednak i relativno malen pomak sferičnih i diskoidalnih valutica te činjenicu da su sve pronađene nakon šest sati, nije bilo moguće donijeti zaključak o utjecaju oblika valutica na njihov transport. Ukoliko se uzme u obzir i smanjivanje jačine vjetrova (slika 13) od vremena postavljanja valutica i tijekom narednih šest sati, postoji mogućnost da je njihov minimalan pomak i odraz smanjivanja jačine valova.

Nakon 24 sata prikupljen je otprilike jednak broj sferičnih i diskoidalnih valutica. Ukupni pomak po valutici također je bio otprilike jednak za sfere i diskove i varirao u rasponu od jednog do pet metara, međutim, primijećena je općenito veća dinamika sferičnih u odnosu na diskoidalna zrna (slike 25 i 26), što se također pripisuje većem stupnju sferičnosti. Kao ekstrem, uočeno je da se jedna sferična valutica sa sjevernog dijela plaže pomaknula više od deset metara prema jugu. Što se tiče smjera pomaka, kod sferičnih valutica je nešto izraženija dužobalna komponenta, dok su se diskoidalna zrna primjetljivije kretala okomito na obalnu liniju i to uglavnom od istoka prema zapadu, tj. sa berme te zone plime i oseke prema zoni loma valova. Ovakav rezultat po prvi puta ukazuje na utjecaj oblika valutica na njihov domet i način transporta. Slično kretanje, ukoliko je bilo u istom pravcu (istok-zapad) pokazale su i sferične čestice. Na ovakvo kretanje zrna pretpostavlja se da je utjecaj imala i razlika plime i oseke tijekom promatrana 24 sata (slika 44). Naime, plima se pojavila u večernjim satima 25. veljače i u noćnim satima 26. veljače i bila je otprilike 15 – 20 cm viša u odnosu na oseku. Iako relativno malena, pretpostavlja se da je plima pomaknula mjesto djelovanja valova (*swash i backwash*) koji su svojim promijenjenim dometom obuhvatili valutice na bermi i povukli ih prema dijelu plaže na kojem se nalazi zona loma valova.

Rezultati nakon 48 sati pokazali su da su i diskovi i sfere premješteni iz zone loma valova u područje berme, međutim, broj sferičnih zrna koji je premješten je nešto veći u odnosu na diskoidalna (slike 27 i 28). Ovakvo kretanje također se može pripisati djelovanju plime u noći sa 26. na 27. veljaču. No, čini se da je za razliku od prethodne noći kada je djelovanje visoke vode imalo erozivan utjecaj na plažu, u noći sa 26. na 27. veljaču ono moglo imati suprotan efekt, zahvaljujući valovima, koji su u to vrijeme moguće bili oslabljeni uslijed smanjenja brzine vjetra (slika 13). Nakon 48 sati, prvi se puta može uočiti razlika u postotku prikupljenih sfera i diskova. Prikupljeno je 90 % sferičnih i 77 % diskoidalnih valutica. Ovakav rezultat ukazuje i na mogućnost da su diskoidalne valutice, nakon što su se zaustavile radi manje pokretljivosti bile vjerojatno zatrpane sedimentom koji je u svom sastavu imao više sferičnih zrna. Nakon tri mjeseca, razlika u postotku prikupljenih sferičnih i diskoidalnih valutica je minimalna. Velik dio obje vrste valutica nađen je na južnom dijelu plaže. Takvo nakupljanje je vrlo vjerojatno posljedica valova uzrokovanih jugom, koji inicijalno dolaze s jugoistoka. Pretpostavlja se da se u nekim okolnostima takvi valovi mogu reflektirati na sjeverozapadnom dijelu uvale i sa sjeverozapada doći na plažu (slika 45). S druge strane, moguća je i refrakcija valova juga (slika 46) kada smjer širenja valova može poprimiti sjevernu komponentu. Općenito, o stvarnoj razornoj snazi valova juga na plaži Barjoška svjedočili su i lokalni stanovnici.



Slika 46: Refleksija valova na sjeverozapadnom dijelu uvale.



Slika 47: Refrakcija valova juga.

Valovi jakog i izraženog juga djelovali su i na sfere i na diskove. Na ružama vjetrova (slike 14-22) moguće je uočiti da su se olujne epizode popraćene jugom odvijale tijekom ožujka, a posebice svibnja (prema priopćenju DHMZ (URL3) svibanj 2019. je bio iznimno hladan i vjetrovit mjesec s dominantnim jugom u području Srednjeg i Južnog Jadrana). Mnoge od valutica su nakon tri mjeseca nađene zakopane na dubinama i do 80 cm. Značajna dubina zakapanja ukazuje na turbulentno i možda višestruko miješanje sedimenta plaže tijekom razdoblja od tri mjeseca, što se može povezati s olujnim epizodama tijekom proljeća. Nakon tri mjeseca neke od valutica nađene su razlomljene i to ne samo na plaži, već i na stijenama na sjevernom dijelu plaže, što ukazuje na veliku energiju valova u razdoblju od veljače do lipnja. Osim velike energije valova, lomljenje označenih valutica moglo je biti uzrokovano njihovom oslabljenom strukturom do koje je došlo uslijed bušenja. Nakon ponovnog vaganja valutica u lipnju, pokazalo se kako je gubitak mase po zrnju gotovo nezamjetan: u prosjeku 1 – 2%. Posebnost su dvije valutice diskoidalnog oblika s prosječnim gubitkom mase od 6%. Ponovnim pregledom svih valutica primijećena je blaga razlika u litološkom sastavu tih dviju valutica (drugačija boja i površina valutice na opip) u odnosu

na ostatak populacije, pa se pretpostavlja da je moguće da su te dvije valutice sklonije bržem mehaničkom trošenju.

U eksperimentu provedenom u Marina di Pisi prosječni gubitak mase mramornih valutica na dvjema plažama iznosio je 2,4% i 8,5% (Bertoni i dr., 2012). Iako je mramor nešto tvrđi od vapnenca, gubitak mase mramornih valutica nakon dva mjeseca, bio je prilično veći u odnosu na gubitak mase vapnenačkih valutica na Barjoški nakon tri mjeseca. Ponovno se stoga može zaključiti da je razlog sporijem trošenju zrna na Barjoški to što je ona manja i zaštićenija u odnosu na plaže Cella i Barbarossa u Marini di Pisa.

Veliku zanimljivost predstavljaju profili plaže. Kao što je to uobičajeno za šljunkovite plaže (Jennings i Schulmeister, 2002) i Barjoška ima uglavnom konkavne profile i to u oba dijela godine. Za pretpostaviti je bilo da će ljetni profili biti viši, tj. da će se plaža u toplijem dijelu godine „graditi”. Međutim, plaža je bila viša tijekom zimskog razdoblja. Iako do sad Barjoška nije bila istražena, pretpostavlja se da se gubitak materijala dogodio uslijed proljetnih oluja, vjerojatno uzrokovanih valovima juga. S obzirom na vrlo neuobičajeno vrijeme s dosta olujnih nevremena tijekom proljeća 2019., kako je gore već navedeno, velika je vjerojatnost da je ovakvo snižavanje plaže iznimka. U prilog ovoj pretpostavci ide i činjenica da je velik broj valutica nađen zakopan i to na južnoj strani plaže.

7. Zaključak

Nakon prikupljanja označenih valutica u periodima nakon 6 h, 24 h, 48 h i tri mjeseca, može se zaključiti da je utjecaj oblika valutica na njihov transport vidljiv nakon kraćih razdoblja i u promjenjivim valnim prilikama. Diskoidalne valutice kreću se u prosjeku manje i uglavnom okomito na plažu (smjer istok-zapad), te su sklonije zakopavanju. Iz tog su razloga bile zatrpane pokretljivijim sedimentom i tijekom kraćih razdoblja. S druge strane, sferične valutice su pokazale veću dinamiku i češće kretanje duž plaže (u smjeru sjever-jug), a oboje se može pripisati obliku: s obzirom na viši stupanj sferičnosti, sferične čestice se lakše pokreću i dulje ostaju u pokretu. Unatoč tome, dvije diskoidalne valutice pokazale su višestruko veći gubitak mase, koji se pripisuje blagoj razlici u litološkom sastavu.

U duljim razdobljima olujnih prilika i sferične i diskoidalne valutice pokazale su značajno kretanje prema jugu i značajno zatrpavanje. Gotovo nezamjetan gubitak težine valutica ukazuje na sporu eroziju u odnosu na mramorne valutice u Marina di Pisa. Odraž je to vjerojatno zatvorenije plaže, odnosno manje izloženosti valovima. Raspolavljanje valutica je moguće značajan i važan način trošenja i općenito usitnjavanja šljunka, no za takvu tvrdnju potrebna su daljnja istraživanja. Ovim istraživanjem pokazano je kako je Barjoška (kao i svaka plaža) specifičan i jedinstven sustav, na kojem vladaju isto takvi uvjeti te kojeg je iz tog razloga potrebno promatrati kao zasebnu cjelinu.

8. Literatura

Austin, J., M., Buscombe, D., 2008. Morphological change and sediment dynamics of the beach step on a macrotidal gravel beach. *Marine Geology* 249, 167 – 183.

Benac, Č., Ružić, I., Ilić, S., 2010. Morphodynamics of pocket beaches (Kvarner, NE Adriatic Sea). U: Horvat, M. (ur.), *Knjiga sažetaka 4. Hrvatskog geološkog kongresa*. Šibenik, Croatia: Hrvatski geološki institut, Zagreb, 384 – 385.

Bertoni, D. i Sarti, G., 2011. On the profile evolution of three artificial pebble beaches at Marina di Pisa, Italy. *Geomorphology* 130, 244 – 254.

Bertoni, D., Sarti G., Benelli G., Pozzebon, A., Raguseo, G., 2012 (a). Transport trajectories of „smart pebbles” on an artificial coarse-grained beach at Marina di Pisa (Italy): Implications for beach morphodynamics. *Marine Geology* 291 – 294, 227 – 235.

Bertoni, D., Sart, G., Benelli, G., Pozzebon, A., 2012 (b). In situ abrasion of marked pebbles on two coarse-clastic beaches (Marina di Pisa, Italy). *Italian Journal of Geosciences* 131/2, 205-214.

Billi, P., Fazzini, M., 2017. Global change and river flow in Italy. *Global and Planetary Change* 155, 234 – 246.

Borović, I., Marinčić, S., Majcen, Ž., Magaš, N., 1977. Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100000, Tumač za listove Vis K33-33, Jelsa K33-34, Biševo 33-45, Inst. Geol. Istraž. Zagreb (1968), Sav. Geol. Zavod, Beograd.

Cipriani, L., E., Pranzini, E., Rosas, V., Wetzel, L., 2011. Landuse changes and erosion of pocket beaches in Elba Island (Tuscany, Italy). *Journal of Coastal Research, Special Issue No. 64*, 1774 – 1778.

EuroSION. 2004. *Living with Coastal Erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability. Part IV – A Guide to Coastal Erosion Management Practices in Europe: Lessons Learned*. Hague, The Netherlands: EuroSION, Directorate General Environment European commission.

Grottoli, E., Bertoni, D., Pozzebon A., Ciavola, P. (2019). Influence of particle shape on pebble transport in a mixed sand and gravel beach during low energy conditions: Implications for nourishment projects, *Ocean and Coastal Management* 169, 171 – 181.

Jennings, R. i Schulmeister, J., 2002. A field based classification scheme for gravel beaches. *Marine Geology*, 186, 189-201.

Juračić, M., Benac, Č., Pikelj, K. i Ilić, S., 2009. Comparison of the vulnerability of limestone (karst) and siliciclastic coasts (example from the Kvarner area, NE Adriatic, Croatia). *Geomorphology* 107(1–2), 90–99.

Kelletat, D. H. i Scheffers, A., 2005. Europe, coastal geomorphology. U: Schwartz, M. (ur.) *Encyclopedia of Coastal Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Dordrecht, The Netherlands: Springer pp. 452 – 462.

Korbar, T., Belak, M., Fuček, L., Husinec, A., Oštrić, N., Palenik, D., Vlahović, I., 2012. Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:50000. List Vis 3. Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Kovačić, M. i Komać, A., 2011. The Issues of Beach Management in Croatia, with Emphasis on Zadar County. *Naše more: znanstveni časopis za more i pomorstvo* 58/5 – 6, 244 – 255.

Lužar – Oberiter, B., Mikulić Pavlaković, S., Crnjaković, M., Babić, Lj., 2008. Variable sources of beach sands of north Adriatic islands: examples from Rab and Susak. *Geologia Croatica* 61/2 – 3, 379 – 384.

Palenik, D., 2005. Strukturni sklop otoka Visa., magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 112 str.

Pavičić, Lj., Babić, Lj., Crnjaković, M., Zupanić, J., 2000. The provenance of sands on north Dalmatian beaches: between ignorance and the need for coastal zone management. *Periodicum Biologorum*, 102 (Supplement 1), 349 – 354.

Pikelj, K. I Juračić, M., 2013. Eastern Adriatic Coast (EAC): Geomorphology and coastal vulnerability of a karstic coast. *Journal of Coastal Research*, 29 /4, 944 – 957.

Pikelj, K., Ilić, S., James, MR., Kordić, B., 2015. Application of SfM photogrammetry for morphological changes on gravel beaches: Dugi Rat case study (Croatia). *Revue Paralia* 3, 67-72.

Pikelj, K., Ružić, I., Ilić, S., James R. M., Kordić, B., 2018. Implementing an efficient beach erosion monitoring system for coastal management in Croatia. *Ocean and Coastal Management*, 156, 223 – 238.

Rajčić, S. T., Faivre, S., Buzjak, N., 2010. The changes in beaches surfaces in the Medići and Mimice area from 1960 till today. *Hrvatski Geografski Glasnik*, 72/2, 27 – 48.

Schaaf, A., 1996. Sea level changes, continental shelf morphology, and global paleoecological constraints in the shallow bentic realm: a theoretical approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 121, 259 – 271.

Shore Protection Manual, 1981. *Shore Protection Manual*, US Army Corps of Engineers, 3 volumes, Washington, DC, Government Printer.

Terzić, J., 2003. Hidrogeološki odnosi otoka Visa, magistarski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 106 str.

Internetski izvori:

URL1: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2017/05/Ocean-fact-sheet-package.pdf> (Pristupljeno: 21. kolovoza 2019.)

URL2: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=36830> (Pristupljeno: 21. kolovoza 2019.)

URL3: https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn¶m=objave&el=priopcenja&daj=pr13052019 (Pristupljeno: 27. rujna, 2019)

9. Popis slika

Slika 1: Geološka građa otoka Visa (modificirano prema Palenik, 2005).....	4
Slika 2: Geografski položaj plaže Barjoška.....	5
Slika 3: Plaža Barjoška iz zraka.....	6
Slika 4: Plaža Barjoška s jugozapada.....	6
Slika 5: Valutice sa umetnutim transponderima.....	10
Slika 6: Oblik valutica klasificirana u Zinggovom dijagramu s obzirom na omjere osi.....	11
Slika 7: Diskoidalne (žute) i sferične (crvene) valutice.....	11
Slika 8: Polaganje valutica.....	12
Slika 9: Polaganje valutica.....	12
Slika 10: Skica krupnozrnate šljunkovite plaže (Austin i Buscombe, 2008).....	13
Slika 11: Određivanje pozicije valutica u zoni berme.....	13
Slika 12: Određivanje pozicije valutica u zoni loma valova.....	14
Slika 13: Brzina i smjer vjetra 25., 26. i 27. veljače 2019. godine.....	15
Slika 14: Brzina, smjer i učestalost vjetra (ožujak 2019., 7:00).....	16
Slika 15: Brzina, smjer i učestalost vjetra (ožujak 2019., 14:00).....	16
Slika 16: Brzina, smjer i učestalost vjetra (ožujak 2019., 21:00).....	16
Slika 17: Brzina, smjer i učestalost vjetra (travanj 2019., 7:00).....	17
Slika 18: Brzina, smjer i učestalost vjetra (travanj 2019., 14:00).....	17
Slika 19: Brzina, smjer i učestalost vjetra (travanj 2019., 21:00).....	17
Slika 20: Brzina, smjer i učestalost vjetra (svibanj 2019., 7:00).....	18
Slika 21: Brzina, smjer i učestalost vjetra (svibanj 2019., 14:00).....	18
Slika 22: Brzina, smjer i učestalost vjetra (svibanj 2019, 21:00).....	18
Slika 23: Pozicija polaganja i pozicija nakon šest sati (sfere).....	20
Slika 24: Pozicija polaganja i pozicija nakon šest sati (diskovi).....	21
Slika 25: Pozicija nakon šest sati i pozicija nakon 24 sata (sfere).....	23
Slika 26: Pozicija nakon šest sati i pozicija nakon 24 sata (diskovi).....	24
Slika 27: Pozicija nakon 24 sata i pozicija nakon 48 sati (sfere).....	25
Slika 28: Pozicija nakon 24 sata i pozicija nakon 48 sati (diskovi).....	26
Slika 29: Valutice nakon tri mjeseca boravka na plaži.....	27
Slika 30: Pozicija nakon 48 sati i pozicija nakon tri mjeseca (sfere).....	28
Slika 31: Pozicija nakon 48 sati i pozicija nakon tri mjeseca (diskovi).....	29
Slika 32: Profil 1.....	32

Slika 33: Profil 2.....	32
Slika 34: Profil 3.....	33
Slika 35: Profil 4.....	33
Slika 36: Profil 5.....	33
Slika 37: Profil 6.....	34
Slika 38: Profil 7.....	34
Slika 39: Profil 8.....	34
Slika 40: Profil 9.....	35
Slika 41: Profil 10.....	35
Slika 42: Plaža iz zraka u veljači 2019.	36
Slika 43: Plaža iz zraka u lipnju 2019.	36
Slika 44: Plima i oseka na Visu tijekom 23., 24., 25. i 26. veljače 2019.....	38
Slika 45: Plima i oseka na Visu tijekom 26., 27. i 28. veljače 2019.....	38
Slika 46: Refleksija valova na sjeverozapadnom dijelu uvale.....	39
Slika 47: Refrakcija valova juga.....	40

10. Popis tablica

Tablica 1: Pozicija polaganja i pozicija nakon šest sati (sfere).....	19
Tablica 2: Pozicija polaganja i pozicija nakon šest sati (diskovi).....	21
Tablica 3: Pozicija nakon šest sati i nakon 24 sata.....	22
Tablica 4: Pozicija nakon 6 sati i pozicija nakon 24 sata (diskovi).....	23
Tablica 5: Pozicija nakon 24 sata i pozicija nakon 48 sati (sfere).....	25
Tablica 6: Pozicija nakon 24 sata i pozicija nakon 48 sati (diskovi).....	26
Tablica 7: Mase valutica u veljači i lipnju (u gramima).....	30