

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

Preučevanje rabe habitata velikih pliskavk (*Tursiops truncatus*) v Tržaškem zalivu s pasivnim akustičnim monitoringom

JURE ŽELEZNIK

Varstvo okolja in ekotehnologije

VELENJE, 2022

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

Preučevanje rabe habitata velikih pliskavk (*Tursiops truncatus*) v Tržaškem zalivu s pasivnim akustičnim monitoringom

JURE ŽELEZNIK

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: prof. dr. Boštjan Pokorny

Somentor: dr. Tilen Genov (Društvo Morigenos – Slovensko društvo za morske sesalce)

VELENJE, 2022

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Visoke šole za varstvo okolja **Železnik Jure** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Preučevanje rabe habitata velikih pliskavk (*Tursiops truncatus*) v Tržaškem zalivu s pasivnim akustičnim monitoringom.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

The study of habitat use by bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Gulf of Trieste with passive acoustic monitoring.

Mentor: **prof. dr. Boštjan Pokornj.**

Somentor: **mag. Tilen Genov.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Prof. dr. Boštjan Pokornj
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si





Izjava o avtorstvu

Podpisani/a _____, z vpisno številko _____,

študent/ka dodiplomskega / podiplomskega (obkrožite) študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije,

sem avtor/ica diplomskega dela z naslovom

ki sem ga izdelal/a pod mentorstvom _____ in

somentorstvom _____.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili FVO;
- da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili FVO;
- se zavedam, da je plagiatstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na FVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral mag. Tadej Ian;
- da dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani FVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne _____

podpis avtorja/ice _____

ZAHVALA

Najprej bi se rad zahvalil somentorju dr. Tilnu Genovu za vso strokovno pomoč in omogočanje izvajanja neverjetno zanimive diplomske naloge.

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Boštjanu Pokornemu za pomoč in mentorstvo pri izvajanju diplomske naloge.

Rad bi se zahvalil tudi Marjanu Makucu, Gaji Oman, Tomažu Ocepku, ostalim članom potapljaškega centra SUB-NET v Piranu in svojemu bratu Luki za vso pomoč pri izvajanju potapljaških vzdrževalnih del.

Zahvaljujem se tudi ostalim članom društva Morigenos za pomoč pri vzdrževalnih delih in ribogojnici Fonda, Krajinskemu parku Strunjan in Agenciji Republike Slovenije za okolje, ki so omogočili postavitev pasivnih akustičnih naprav na varnih in predvsem ekološko zanimivih lokacijah.



Fotografija delfina z imenom Morigenos. Morigenos je med raziskovalci v društvu Morigenos poznan že več kot 18 let in je bil v slovenskem morju opažen vsako leto od leta 2003.

Foto: Jure Železnik, Morigenos 2020

IZVLEČEK

Vode Tržaškega zaliva v severnem Jadranskem morju naseljujejo velike pliskavke (*Tursiops truncatus*), ki so edina redno prisotna vrsta morskih sesalcev na tem območju. Populacijo od leta 2002 podrobno preučuje Morigenos – slovensko društvo za morske sesalce z različnimi raziskovalnimi metodami (fotoidentifikacija, odvzem tkiv, opazovanje vedenja, obdukcije poginulih osebkov itd.). V letih 2020 in 2021 smo na tri priobalne in dve »pelagični« lokaciji namestili pasivne akustične naprave (C-POD), s katerimi smo želeli izboljšati monitoring velikih pliskavk in bolje razumeti sezonsko, prostorsko ter časovno uporabo njihovega habitata. Klasifikacija eholokacij je bila izvedena z uporabo klasifikatorja KERNO v programu CPOD. Za nadaljnje analize smo uporabili zgolj visoko in srednjo kakovost eholokacijskih klikov. Za analizo morebitnih soodvisnosti med detekcijami delfinov in ostalimi potencialnimi spremenljivkami (vzorčna lokacija, mesec, čas dneva, temperatura vode, naklon hidrofona) smo uporabili negativni binomski posplošeni aditivni model (GAM) v programu R. Največ detekcij je bilo na priobalni vzorčni lokaciji v neposredni bližini Pirana, kjer je bilo v celotnem obdobju zabeleženih 717 minut z detekcijami (*detection positive minutes* – DPM). Najmanj detekcij je bilo na pelagični vzorčni lokaciji Zora (41 DPM). Najvišji delež detekcij je bil v februarju (42 % vseh DPM), najmanjši pa v oktobru (0,5 % vseh DPM). Skoraj polovica (44,4 %) vseh zabeleženih DPM je bila v nočnem času. Končni GAM model je vključeval vzorčno lokacijo, mesec in temperaturo vode kot ključne pojasnjevalne spremenljivke. Pojasnjeval je 34,5 % deviance, pri čemer je bila temperatura vode najpomembnejša pojasnjevalna spremenljivka. Dolgoročni pasivni akustični monitoring velikih pliskavk na teh lokacijah bo pripomogel k boljšemu razumevanju vplivov turizma, pomorskega prometa in drugih antropogenih dejavnosti na (lokalno) biotsko raznolikost morskega ekosistema.

Ključne besede: velika pliskavka, *Tursiops truncatus*, C-POD, pasivni akustični monitoring, Tržaški zaliv, raba habitata.

ABSTRACT

The waters of the Gulf of Trieste in the northern Adriatic Sea are inhabited by common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), the only regularly present species of marine mammals in this area. This population has been thoroughly studied since 2002 by Morigenos – Slovenian Marine Mammal Society through boat-based and land-based surveys, focal follows, photo-identification, and biopsy sampling. During 2020–2021, we deployed passive acoustic devices (C-PODs) at three ‘coastal’ and two ‘offshore’ locations in the Gulf of Trieste, to improve the existing monitoring of bottlenose dolphins and get a better understanding of the seasonal and diel patterns of their habitat use. Dolphin classification was performed using the KERNO echolocation classifier in the CPOD program. For further analysis, we used only high and medium-quality of echolocation click trains. To explain the potential relationship between the presence of dolphins and predictor variables (sample location, month, time of day, water temperature, and angle of the hydrophone), we used a negative binomial generalized additive model (GAM) in the program R. The highest number of detections was at the coastal location near the town of Piran with 717 detection positive minutes (DPM) and the lowest at the offshore location Zora with 41 DPM. The highest number of detections was in February (42% of all DPM) and the lowest in October (0.5%). Almost half (44.4%) of DPM was during nighttime. The final GAM model included sample location, month of the year, and water temperature. It explained 34.5% of deviance, with water temperature being the most important explanatory variable. Future long-term passive acoustic monitoring of dolphins at these locations will help us better understand the impacts of tourism, maritime traffic, and other anthropogenic activities on the local marine biodiversity.

Keywords: bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, C-POD, passive acoustic monitoring, Gulf of Trieste, habitat use.

KAZALO VSEBINE

IZVLEČEK.....	
ABSTRACT.....	
KAZALO VSEBINE.....	I
KAZALO SLIK.....	II
KAZALO TABEL.....	III
KAZALO SIMBOLOV IN OKRAJŠAV.....	IV
1 UVOD.....	1
2 PREGLED OBJAV.....	2
2.1 Zobati kiti (Odontoceti).....	3
2.2 Velika pliskavka v Tržaškem zalivu.....	3
2.3 Eholokacija ali biosonar pri velikih pliskavkah.....	5
2.4 Statični pasivni akustični detektorji C-POD.....	7
3 MATERIALI IN METODE DE LA.....	8
3.1 Raziskovalne območje.....	8
3.2 Načrt postavitve pasivnih akustičnih naprav.....	14
3.3 Analize.....	16
4 REZULTATI.....	18
4.1 Število DPM glede na mesece v letu.....	19
4.2 Število DPM glede na čas dneva.....	20
4.3 Vpliv temperature morske vode na število DPM.....	21
4.4 Vpliv naklona naprave na število DPM.....	22
4.5 Binomski posplošeni aditivni model.....	23
5 RAZPRAVA.....	24
5.1 Delovanje pasivnih akustičnih naprav.....	24
5.2 Sezonski vzorci prisotnosti delfinov v slovenskem morju.....	25
5.3 Dnevno-nočni vzorci prisotnosti delfinov na raziskovalnem območju.....	25
5.4 Vpliv temperature.....	26
5.5 Vpliv tipa habitata na pojavljanje delfinov.....	27
5.6 Predlogi izboljšav.....	28
6 ZAKLJUČEK.....	29
7 SUMMARY.....	30
8 LITERATURA.....	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Fotografija delfina med med lovom oziroma t. i. hranjenjem na površini.....	2
Slika 2: Fotografiranje posameznih delfinov v Tržaškem zalivu za fotoidentifikacijo.	4
Slika 3: Prikaz organov, s katerimi delfini proizvajajo in sprejemajo zvoke.....	6
Slika 4: Prikaz ehelokacije pri orientaciji v prostoru in lovu.	6
Slika 5: Priprava pasivnih akustičnih naprav C-POD in SoundTrap.	7
Slika 6: Vzorčne lokacije v Tržaškem zalivu	10
Slika 7: Vzorčna lokacija 1 – rt Madona.	10
Slika 8: Vzorčna lokacija 2 – Krajinski park Strunjan.....	11
Slika 9: Vzorčni lokaciji 3 – oceanografska boja Zarja in 4 – oceanografska boja Zora.	12
Slika 10: Vzorčna lokacija 5 – ribogojnica Fonda.....	13
Slika 11: Načrt postavitve pasivnih akustičnih naprav na vzorčni lokaciji 1 – rt Madona.	14
Slika 12: Načrt postavitve pasivnih akustičnih naprav na vzorčnih lokacijah 2, 3 in 4.....	14
Slika 13: Načrt postavitve pasivnih akustičnih naprav na vzorčni lokaciji 5.	14
Slika 14: Postopek validacije ehelokacijskih klikov v programu CPOD.exe.....	16
Slika 15: Vsota DPM glede na vzorčne lokacije.	18
Slika 16: Vsota pozitivnih detekcij (DPM) v vseh mesecih izvajanja monitoringa.	19
Slika 17: Časovna dinamika pozitivnih detekcij (DPM) glede na čas dneva.	20
Slika 18: Vsota DPM v odvisnosti od temperature morske vode.	21
Slika 19: Vsota DPM v odvisnosti od naklon hidrofona v napravi.	22
Slika 20: Rezultati končnega binomskega posplošenega aditivnega modela.....	23

KAZALO TABEL

Tabela 1: Vzorčne lokacije v Tržaškem zalivu.	8
Tabela 2: Informacije o času beleženja pasivnih akustičnih podatkov.....	15
Tabela 3: Število in delež detekcij (DPM) na posameznih vzorčnih lokacijah.....	20

KAZALO SIMBOLOV IN OKRAJŠAV

AIC – Akaikejev informacijski kriterij

C-POD – pasivni akustični avtonomni detektorji ehlokacije proizvajalca Chelonia

DPM – minute pozitivnih detekcij delfinov (angl. *detection positive minutes*)

m – meter

kHz – kiloherc

°C – stopinj Celzija

KERNO – algoritem za klasifikacijo ehlokacijskih zvokov

GAM – binomski posplošeni aditivni model

h – ura (enota za čas)

KPS – Krajinski park Strunjan

1 UVOD

Najbolj pogoste raziskovalne metode preučevanja morskih sesalcev lahko izvajamo, ko nam to omogočajo pogoji na morju, dovoljšna sončna svetloba in ugodno vreme. Te metode vključujejo fotoidentifikacijo (ločevanje osebkov na podlagi različnih naravnih oznak na hrbtnih plavutih), merjenje časa potopov, opazovanje s plovila in kopenskih točk ter neposredno opazovanje vedenja (Genov in sod., 2008, 2019a; Janik in sod., 2013). Ker kiti in delfini večino svojega časa preživijo pod morsko gladino in nam takrat niso vidni, so raziskovalci morali razviti metode preučevanja z uporabo različnih naprav in instrumentov.

Z uporabo akustičnih naprav in instrumentov lahko merimo, zaznavamo številne različne zvoke (biološkega izvora, antropogenega izvora, premikanje sedimenta itd.), ki so prisotni pod morsko gladino. Vedno bolj pogosta metoda beleženja in preučevanja podvodnih zvokov je uporaba pasivnega akustičnega monitoringa (angl. *passive acoustic monitoring*; PAM). Z uporabo pasivnih akustičnih naprav, ki lahko več mesecev avtonomno beležijo zvoke brez prisotnosti raziskovalcev, so raziskovalci uspeli ugotoviti mnogo novih zanimivosti o biologiji in ekologiji različnih vrst kitov in delfinov (Lammers in sod., 2013; Risch in sod., 2014; Nuuttila in sod., 2018). Prav tako je uporaba teh naprav omogočila boljši monitoring in varstvo mnogih vrst, katerim grozi izumrtje, med drugim kalifornijske rjave pliskavke (*Phocoena sinus*) (Jaramillo-Legorreta in sod., 2017) in baltske rjave pliskavke (*Phocoena phocoena*) (Verfuß in sod., 2007).

Na območju Tržaškega zaliva in okoliških voda preučevanje morskih sesalcev že od leta 2002 izvaja društvo Morigenos (slovensko društvo za morske sesalce). Do danes so s pomočjo fotoidentifikacije prepoznali več kot 400 različnih osebkov velike pliskavke (Morigenos, neobjavljeni podatki). V mnogih letih neprekinjenega in podrobnega raziskovanja so uspeli dokumentirati redno rabo Tržaškega zaliva s strani več kot 100 različnih delfinov vrste velika pliskavka (*Tursiops truncatus*). Slednje tvorijo kompleksne socialne skupine (Genov in sod., 2008, 2019a), ki se na območju prehranjujejo, počivajo ter tudi razmnožujejo in kotijo.

V diplomski nalogi sem se posvetil pasivnemu akustičnemu monitoringu, bolj natančno analizi zvokov, ki jih velike pliskavke v Tržaškem zalivu uporabljajo pri orientaciji in lovu (t. i. eholokacija ali biosonar). S pomočjo statičnih avtonomnih pasivnih akustičnih detektorjev (C-POD), ki smo jih v društvu Morigenos sistematično postavili na pet lokacij v Tržaškem zalivu, sem s pridobljenimi podatki nadgradil dosedanje znanje o rabi habitata velikih pliskavk.

2 PREGLED OBJAV

Kiti (Cetacea) so red sesalcev, ki so se v evoluciji prilagodili življenju pod vodo. Hidrodinamično telo je oblike torpeda; prsne plavuti, ki pomagajo pri krmiljenju, so preoblikovane sprednje okončine; kosti zadnjih okončin so skrite pod površino telesa; razvili sta se še repna plavut kot glavno sredstvo premikanja skozi vodo ter hrbtne plavuti, ki je med drugim namenjena tudi povečani stabilnosti. Kot sesalce jih poznamo po kotenju živih mladičev, pitju materinega mleka in dihanju s pomočjo pljuč. Sprejem zraka poteka skozi nosno odprtino, ki je pri kitih zaradi učinkovitejšega prevzema dihanja pomaknjena vrh glave. Vrste kitov lahko najdemo v vseh morskih ekosistemih, od Severnega do Južnega pola. Poznamo pa tudi vrste, ki živijo izključno v rekah in jezerih (npr. Orinoška pliskavka, Bolivijski rečni delfin, Gangeški delfin).

Kite delimo v dva podreda:

- vosati kiti (Mysticeti): Balaenidae, Neobalaenidae, Balaenopteridae, Eschrichtiidae;
- zobati kiti (Odontoceti): Physeteridae, Kogiidae, Monodontidae, Ziphiidae, Delphinidae, Phocoenidae, Platanistidae, Iniidae, Lipotidae, Pontoporiidae.

Podreda se med seboj ločita v številnih značilnostih predvsem na podlagi razvoja ust, načina prehranjevanja in uporabe eholokacije. Zobati kiti imajo zobe, s katerimi lovijo posamezen plen (Slika 1), kot so manjše do srednje velike ribe, morski psi, ptice, drugi morski sesalci in celo druge vrste kitov (Jefferson in sod., 1991; Visser in sod., 2000; Pitman in Durban, 2010; Pitman in sod., 2015). Vosati kiti so namesto zob v ustni votlini razvili podolgovate niti, sestavljene iz keratina, imenovane vose. Te delujejo kot filter, v katere se ujame večja količina manjšega plena (Goldbogen in sod., 2017).



Slika 1: Fotografija delfina med lovom oziroma t. i. hranjenjem na površini.
Foto: Morigenos, 2016.

2.1 ZOBATI KITI (ODONTOCETI)

Zobati kiti predstavljajo kar 90 % vseh vrst kitov in jih lahko najdemo v vseh oceanih in morjih ter v nekaterih večjih rečnih sistemih, kot so npr. Amazonka, Yangtze, Ganges. Različne vrste zobatih kitov imajo poleg različnih morfoloških značilnosti tudi različne življenjske navade. Med seboj se razlikujejo po velikosti telesa, telesni masi, obarvanosti, načinu prehranjevanja, različnih življenjskih dobah itd. Za razliko od vosatih kitov so zobati kiti skozi evolucijski razvoj pridobili zelo drugačno prilagoditev, imenovano eholokacija ali biosonar, ki jim pomaga pri lovu in orientaciji.

Zobate kite ločimo v 10 družin in skupno 78 vrst (Committee on Taxonomy – Society for marine mammology, 2022):

Delfini (Delphinidae) predstavljajo najbolj vrstno pestro družino v podredu zobatih kitov, v katero danes uvrščamo 37 vrst.

2.2 VELIKA PLISKAVKA V TRŽAŠKEM ZALIVU

V Tržaškem zalivu in okoliških vodah severnega Jadrana je celo leto prisotna populacija delfinov vrste velika pliskavka (Genov in sod., 2008). Čeprav se občasno na tem območju pojavljajo tudi druge vrste morskih sesalcev (Genov in sod., 2009, 2012, 2020), velika pliskavka predstavlja edino redno prisotno vrsto morskih sesalcev na tem območju (Genov in sod., 2019a). Populacija je danes relativno dobro preučena (Genov in sod., 2019a, 2019b; Železnik in sod., 2019).

Posamezne osebkke delfinov je med seboj mogoče ločiti na podlagi naravnih oznak na hrbtnih plavutih (različne brazgotine, obarvanost, poškodbe itd.). S pomočjo fotoaparata in visokokakovostnega objektiva raziskovalci na terenu fotografirajo hrbtne plavuti različnih osebkov in jih med seboj primerjajo (t. i. fotoidentifikacija) (Slika 2). Posamezne živali lahko (do)ločimo tudi z uporabo akustičnega monitoringa, in sicer z medsebojno primerjavo »podpisnih žvižgov« (Janik in sod., 2013).

Velikost populacije velike pliskavke v Tržaškem zalivu je bila na podlagi fotoidentifikacije in metode ulova in ponovnega ulova (angl. *capture-mark-recapture*) ocenjena na približno 150 osebkov (Genov in sod., 2019a). Skupno število identificiranih osebkov na tem območju predstavlja preko 400 osebkov (Morigenos, neobjavljeni podatki), vendar je veliko število teh zgolj le občasni ali enkratni obiskovalcev.



Slika 2: Fotografiranje posameznih delfinov v Tržaškem zalivu za fotoidentifikacijo.
Foto: Morigenos, 2021.

Raziskovalci društva Morigenos so z dolgoletnim monitoringom uspeli ugotoviti, da vode Tržaškega zaliva uporabljajo tri različne socialne skupine velikih pliskavk, od tega dve večji in ena manjša. Dve večji skupini se prekrivata prostorsko, vendar ne časovno. Ena skupina uporablja te vode zgolj v dopoldanskih urah (t. i. »jutranja skupina«), druga skupina pa se pojavlja skoraj izključno v popoldanskih oz. večernih urah (»večerna skupina«). Takšna časovna delitev življenjskega prostora do zdaj še ni bila zabeležena pri kitih in delfinih nikjer drugje po svetu (Genov in sod., 2019a). Tretjo manjšo socialno skupino pa tvorijo posamezniki, ki se občasno priključujejo obema večjima socialnima skupinama ali pa se pojavljajo posamično. Raziskovalci so v letih opazili tudi, da se različne socialne skupine ne razlikujejo zgolj po časovni in prostorski uporabi habitata, temveč tudi po načinu njegove uporabe. Za razliko od osebkov »večerne skupine« so osebki »jutranje skupine« redno opaženi pri aktivnem sledenju ribiškim plovilom, ki za lov uporabljajo mreže s širilkami (Genov in sod., 2019a).

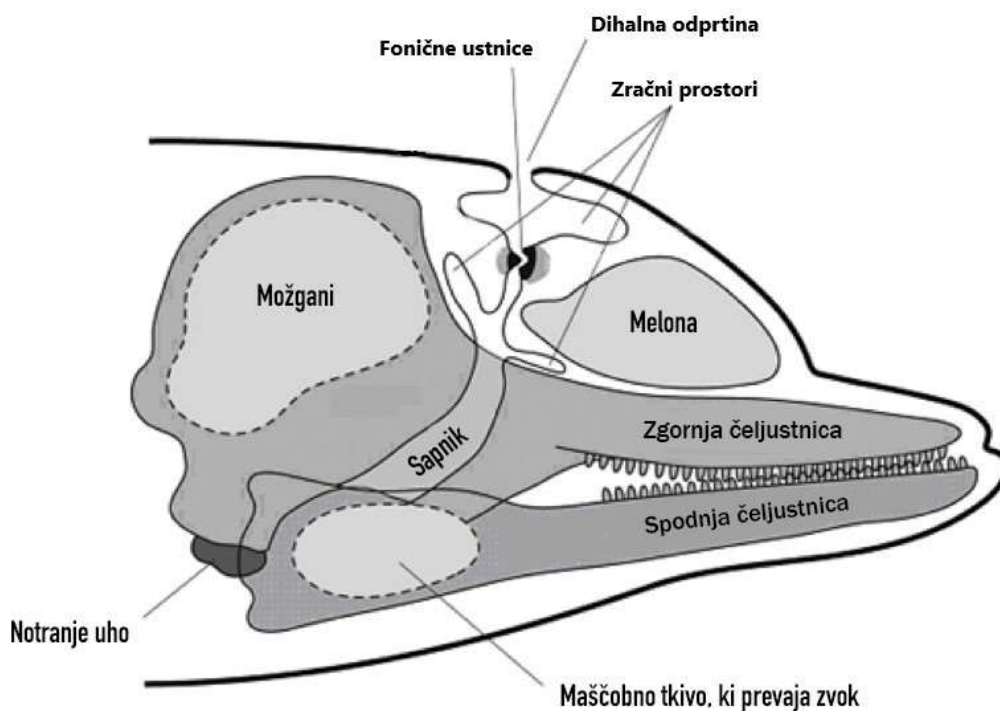
2.3 EHOLOKACIJA ALI BIOSONAR PRI VELIKIH PLISKAVKAH

Do danes so zobati kiti edini predstavniki morskih sesalcev, za katere vemo, da imajo sposobnost proizvodnje in zaznavanja eholokacijskih zvokov.

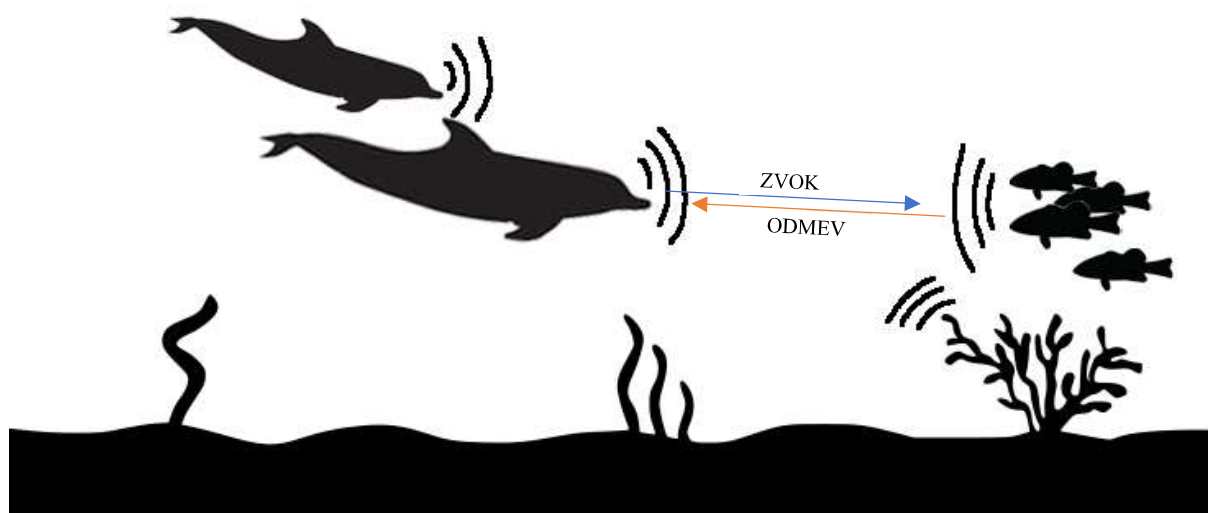
Eholokacija ali biosonar je sposobnost, pri kateri živali proizvajajo srednje do visoko frekvenčne zvoke in zaznavajo vračajoče se zvoke, ki se odbijejo od različnih objektov v okolici (Slika 4). Uporaba eholokacije zobatim kitom omogoča lažje opravljanje življenjsko pomembnih funkcij v okolju, kjer je vid zaradi različnih fizikalnih, bioloških ali kemijskih dejavnikov omejen.

Zobati kiti eholokacijske zvoke proizvajajo s pomočjo različnih organov in zračnih prostorov, ki sestavljajo dihalno pot (Slika 3). Proizveden zvok se okrepi in usmeri v vzorcu stožca skozi akustično maščobno tkivo v prednjem predelu glave, t. i. melono. Od živali nato potuje do različnih objektov v okolici, med drugim rib, drugih delfinov, morskega dna in potencialno nevarnih objektov. Odmevi teh eholokacijskih zvokov nato potujejo nazaj do živali, kjer po maščobnem tkivu znotraj spodnje čeljustnice (mandibule) potujejo do notranjega ušesa, od koder se informacija prenese v možgane. Velike pliskavke proizvajajo eholokacijske zvoke med frekvencami 20 kHz in 150 kHz (Jones in sod., 2019).

Eholokacija pri zobatih kitih ni namenjena zgolj lovu plena, ampak tudi splošni orientaciji v prostoru. Prostoživeči osebk, ki zaradi zdravstvenih ali drugih razlogov niso zmožni proizvajati ali zaznavati eholokacijskih zvokov, postanejo akustično »slepi« in domneva se, da zato hitro poginejo (Simmonds in sod., 2004).



Slika 3: Prikaz organov, s katerimi delfini proizvajajo in sprejemajo zvoke. Prirejeno po: Cranford in sod., 1996.



Slika 4: Prikaz ehlokacije pri orientaciji v prostoru in lovu.

2.4 STATIČNI PASIVNI AKUSTIČNI DETEKTORJI C-POD

Naprava C-POD (Slika 5) je avtonomni akustični detektor, ki uporablja digitalno karakterizacijo zvočnih valov za klasifikacijo eholokacijskih zvokov številnih vrst zobatih kitov. Pri karakterizaciji upošteva trajanje, raven zvočnega tlaka, moč centralne frekvence in pasovno širino vsakega eholokacijskega klika.

Naprava je sestavljena iz robustnega plastičnega ohišja. Za delovanje uporablja 10 alkalnih baterij tipa D; zabeleženi podatki se shranjujejo na spominsko kartico. V optimalnih pogojih lahko neprekinjeno beleži podatke o prisotnosti različnih vrst zobatih kitov tudi do štiri mesece. C-POD podatke beleži kontinuirano 24 ur na dan ne glede na pogoje na morju. Časovno delovanje naprave je pogojeno s količino shranjenih podatkov ali porabo baterijske energije.

Poleg eholokacije naprava istočasno beleži temperaturo morske vode na in naklon hidroфона v napravi. Ti dve informaciji nam lahko pri analizah pomagata pri boljši interpretaciji rezultatov beleženja. Detekcije delfinov so izražene kot »*Detection Positive Minutes*« ali DPM. DPM predstavlja vse minute, v katerih je bila zabeležena detekcija delfinov. Klasifikator klikov (KERNO *classifier*) v programu s pomočjo naprednega algoritma razdeli posamezne detekcije v veliko, srednjo in majhno kvaliteto.



Slika 5: Priprava pasivnih akustičnih naprav C-POD (velike sive naprave) in SoundTrap (manjše črne naprave) za transport in potopitev. Vrvi ob napravi na sliki so tesno nameščene zgolj zaradi lažjega transporta do lokacije postavitve.

Foto: Jure Železnik, Morigenos 2021

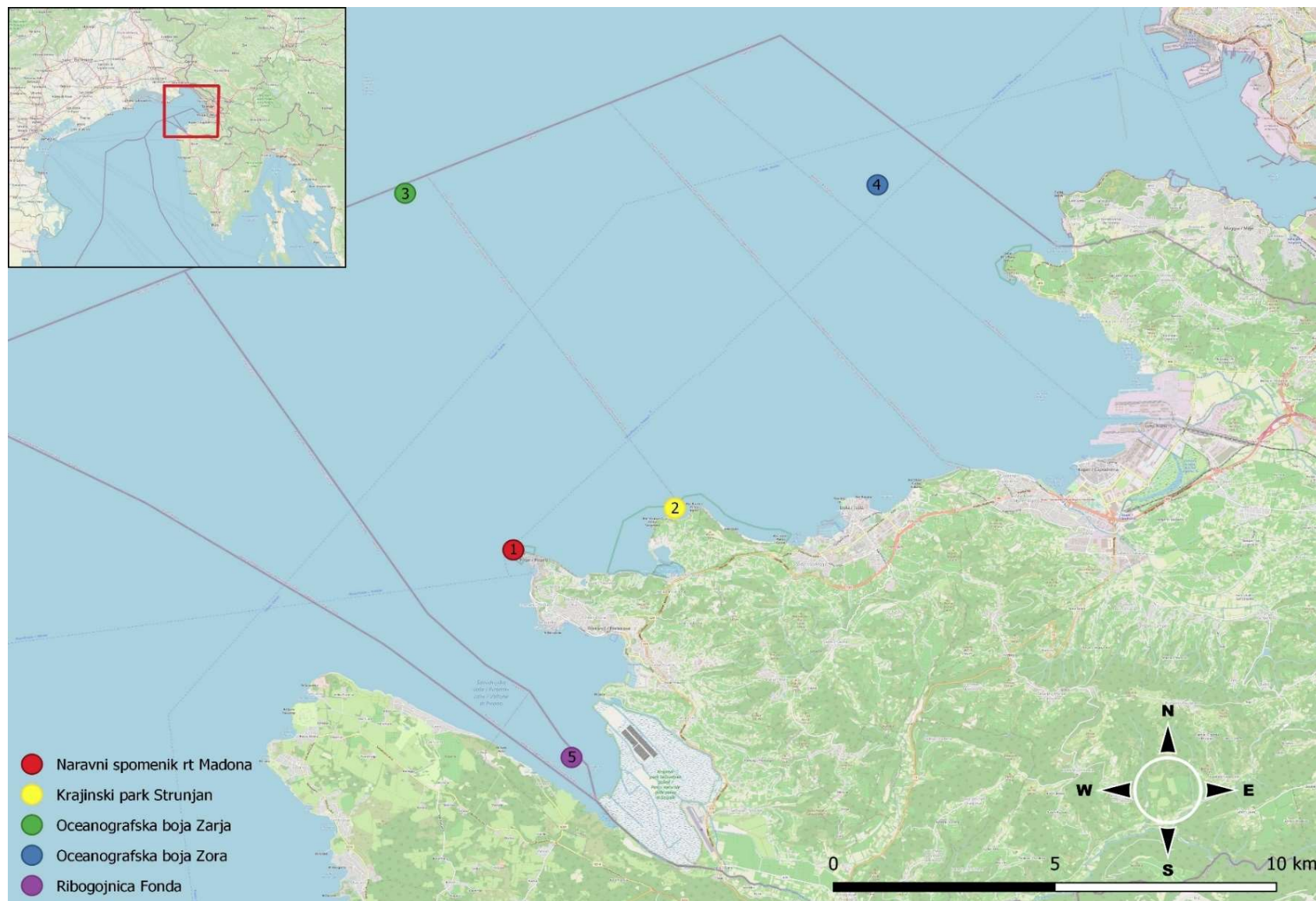
3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 RAZISKOVALNE OBMOČJE

Raziskovalno območje smo delili na pet vzorčnih lokacij v Tržaškem zalivu (Tabela 1, Slika 6). Za vzorčne lokacije smo se odločili na podlagi podatkov, pridobljenih iz predhodnih vizualnih opazanj delfinov, pokritosti območja Tržaškega zaliva, varnosti akustičnih naprav (pred zapleti v ribiške mreže, sidranimi plovili, naleti ali možnimi krajami) in logističnih možnosti med vzdrževalnimi deli (dostopnost s plovilom, potapljaške zahtevnosti). Nameščanje in vzdrževanje naprav sem opravil ob pomoči dodatnega potapljača.

Tabela 1: Vzorčne lokacije v Tržaškem zalivu.

Št. vzorčne lokacije	Ime vzorčne lokacije	Koordinate DMS koordinatni sistem	Tip habitata	Globina morskega dna	Tip morskega dna	Globina potopljene naprave	Barva oznake na zemljevidu
1	Rt Madona	45°31'52,0"N 13°33'42,2"E	Priobalno območje	26 m	Peščeno-muljasto dno z obstoječo zapuščeno infrastrukturo	18 m	Rdeča
2	Krajinski park Strunjan	45°32'23,5"N 13°36'29,9"E	Priobalno območje	18 m	Muljasto dno s pogostimi travniki in grebenom	13 m	Rumena
3	Oceanografska boja Zarja	45°36'21,2"N 13°31'49,8"E	Odprto morje	23 m	Muljasto dno	13 m	Zelena
4	Oceanografska boja Zora	45°36'27,5"N 13°40'00,5"E	Odprto morje	21 m	Muljasto dno	13 m	Modra
5	Ribogojnica Fonda	45°29'15,2"N 13°34'42,7"E	Priobalno območje	15 m	Muljasto dno z obstoječo infrastrukturo ribogojnice	8 m	Vijolična

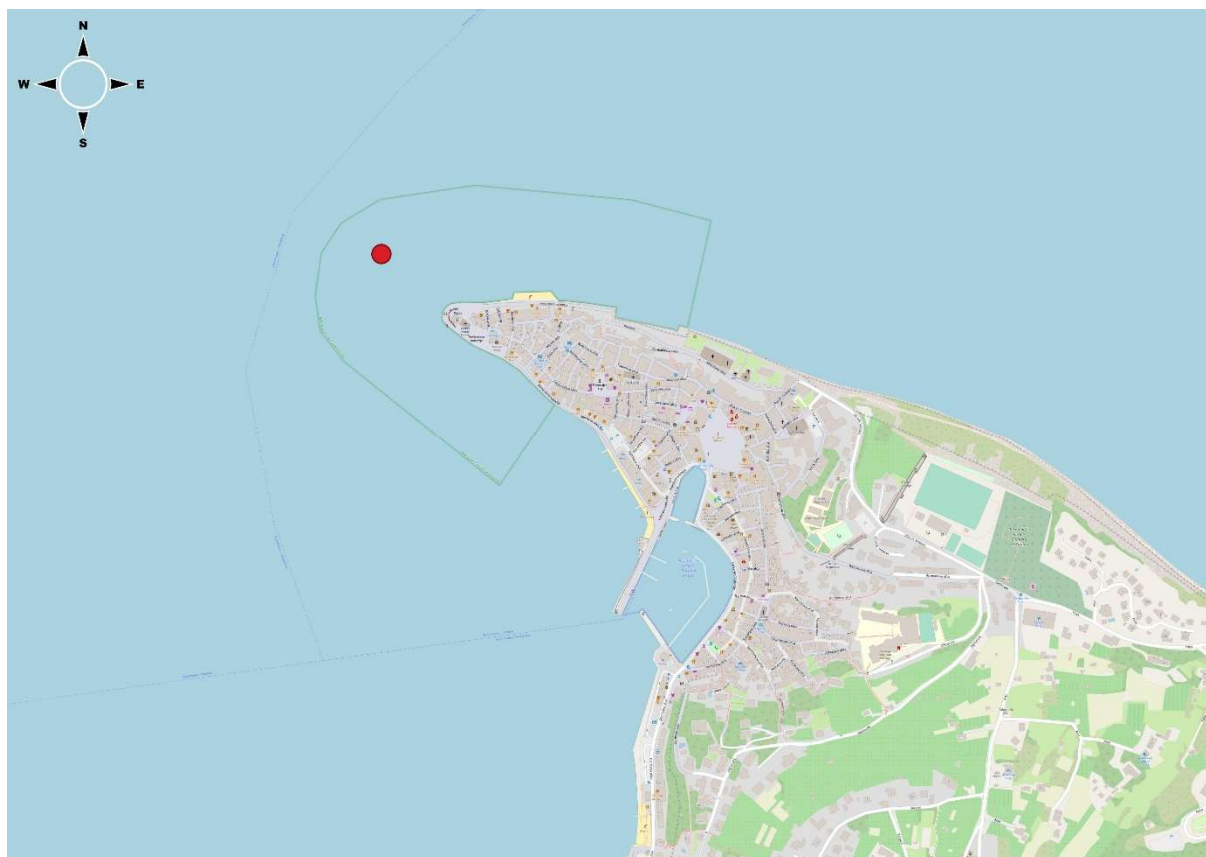


Slika 6: Vzorčne lokacije v Tržaškem zalivu

Vzorčna lokacija 1 – rt Madona

Vzorčna lokacija je bila določena na podlagi dolgoletnih podatkov o vizualnih opažanjih delfinov v neposredni bližini mesta Piran. Zaradi boljše varnosti akustične naprave smo jo namestili znotraj naravnega spomenika Rt Madona (Slika 7). Velja za zavarovano območje državnega pomena od leta 1990 (Naravovarstveni atlas id.: 221). Povprečna širina območja je med 150 in 200 m in obsega površino 12 ha. Območje vzdolž obale sestavlja kamnito dno, ki sega na severni strani do 18 m globine, nato pa se nadaljuje peščen sediment. Naravni spomenik Rt Madona predstavlja edinstveno raznolikost biodiverzitet v celotnem Tržaškem zalivu.

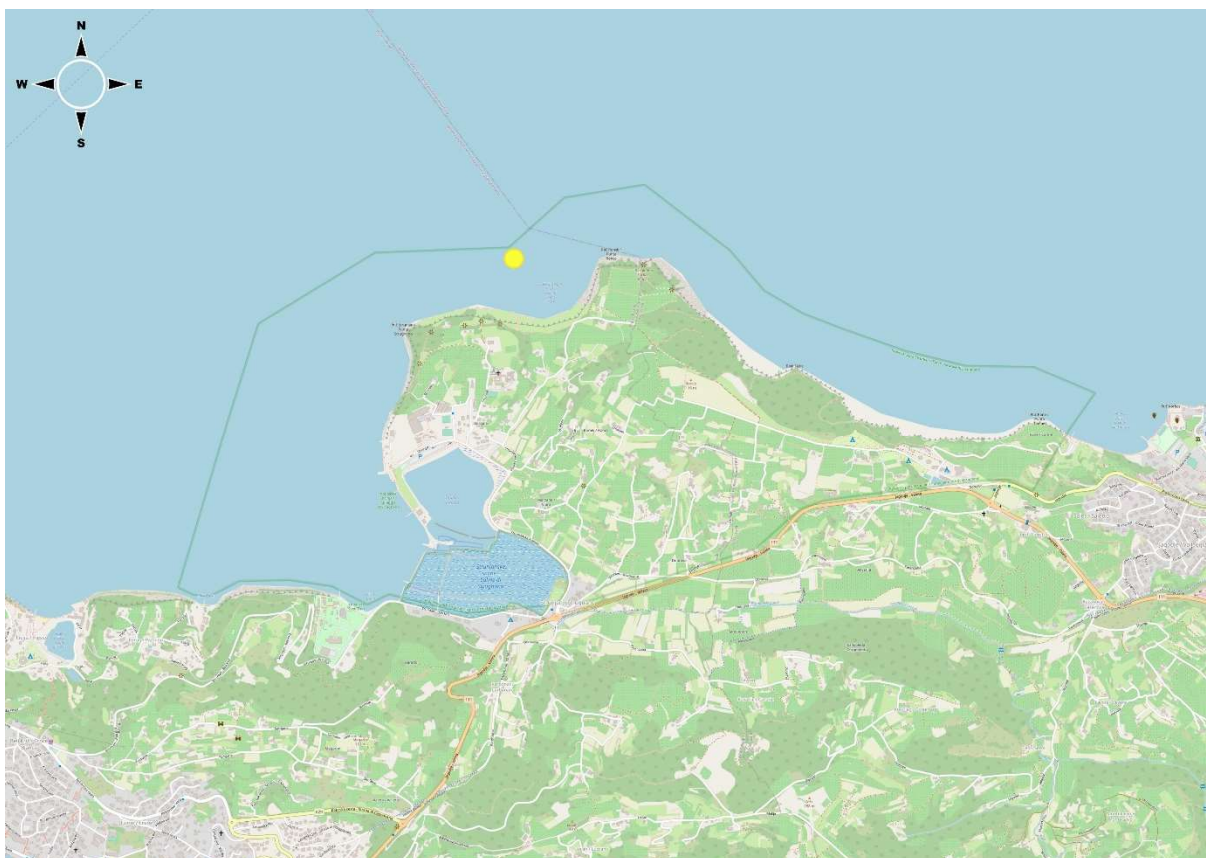
Znotraj naravnega spomenika je ribolov dovoljen zgolj s stoječimi mrežami v določenih letnih časih, plutje ali sidranje plovil pa je prepovedano. Na morskem dnu, ki sega do globine 26 m, so ostanki rigidne in jeklene konstrukcije stare kanalizacijske cevi. Slednjo izkoriščamo za postavitev pasivnih akustičnih naprav, s čimer omogočamo večjo zaščito pred močnimi tokovi in valovanjem. Zaradi splošnega znanja lokalnih ribičev o obstoječi podvodni konstrukciji je ribolov s stoječimi mrežami na območju ostankov cevi manj intenziven tudi v mesecih, ko je dovoljen, saj ribiči v nasprotnem primeru tvegajo zaplet ali uničenje mreže. Posledično je pritrjena naprava varnejša pred potencialnimi zapleti v ribiške mreže.



Slika 7: Vzorčna lokacija 1 – rt Madona.

Vzorčna lokacija 2 – Krajinski park Strunjan

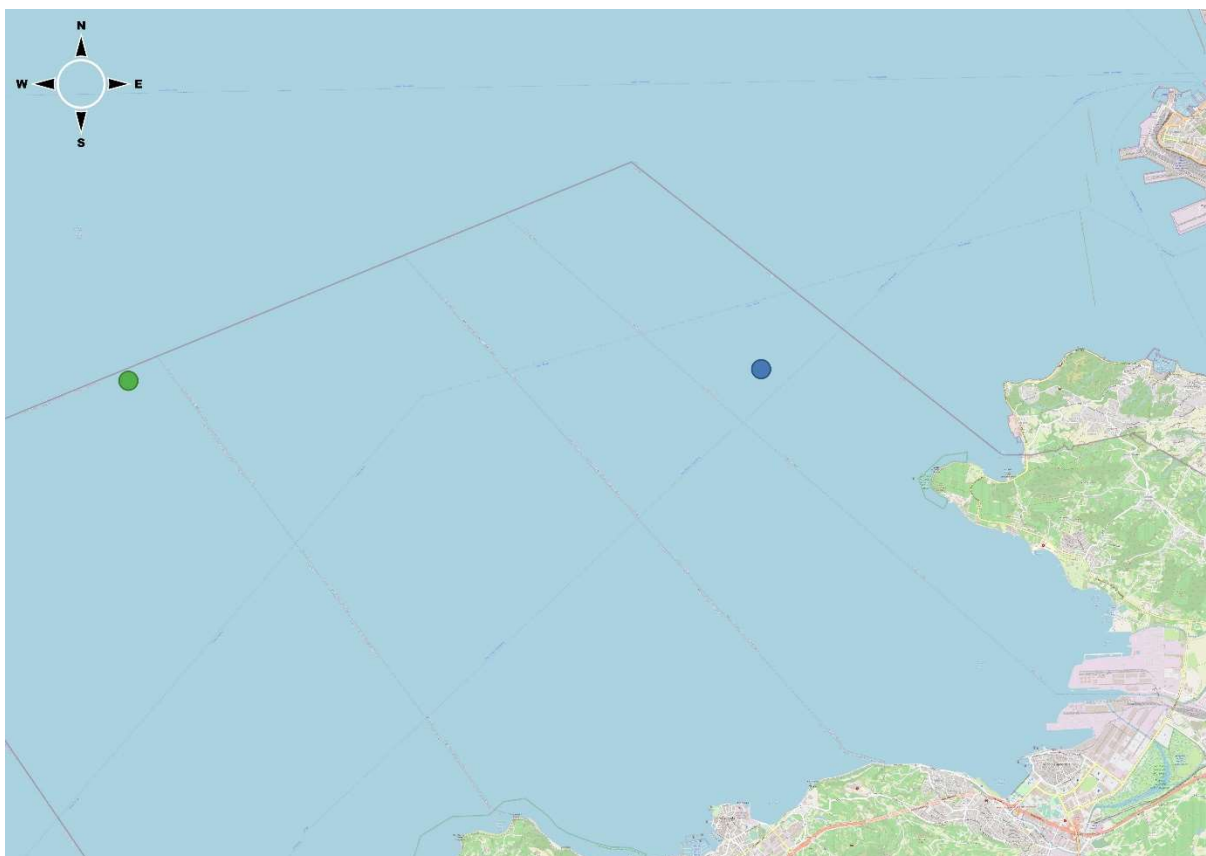
Gre za zavarovano območje (Naravovarstveni atlas – Natura 2000 id.: 5000031), ki je del Krajinskega parka Strunjan (KPS). Velik del tega območja predstavlja tudi rt Ronek, ki obsega podvodni greben (Naravovarstveni atlas – Natura 2000 id.: 3000249), ki je v veliki meri zgrajen iz mrtvih koralitov kamene korale (Bonaca in sod., 2017). Na območju Mesečevega zaliva so zaradi edinstvenega podvodnega ekosistema in tamkajšnje biodiverzitete plutje, sidranje in ribolov prepovedani. S postavitvijo naprave znotraj zavarovanega območja KPS smo zagotovili večjo varnost pred možnimi zapleti s sidranimi plovili ali ribiškimi mrežami (Slika 8).



Slika 8: Vzorčna lokacija 2 – Krajinski park Strunjan.

Vzorčni lokaciji 3 in 4 – oceanografski boji Zarja in Zora

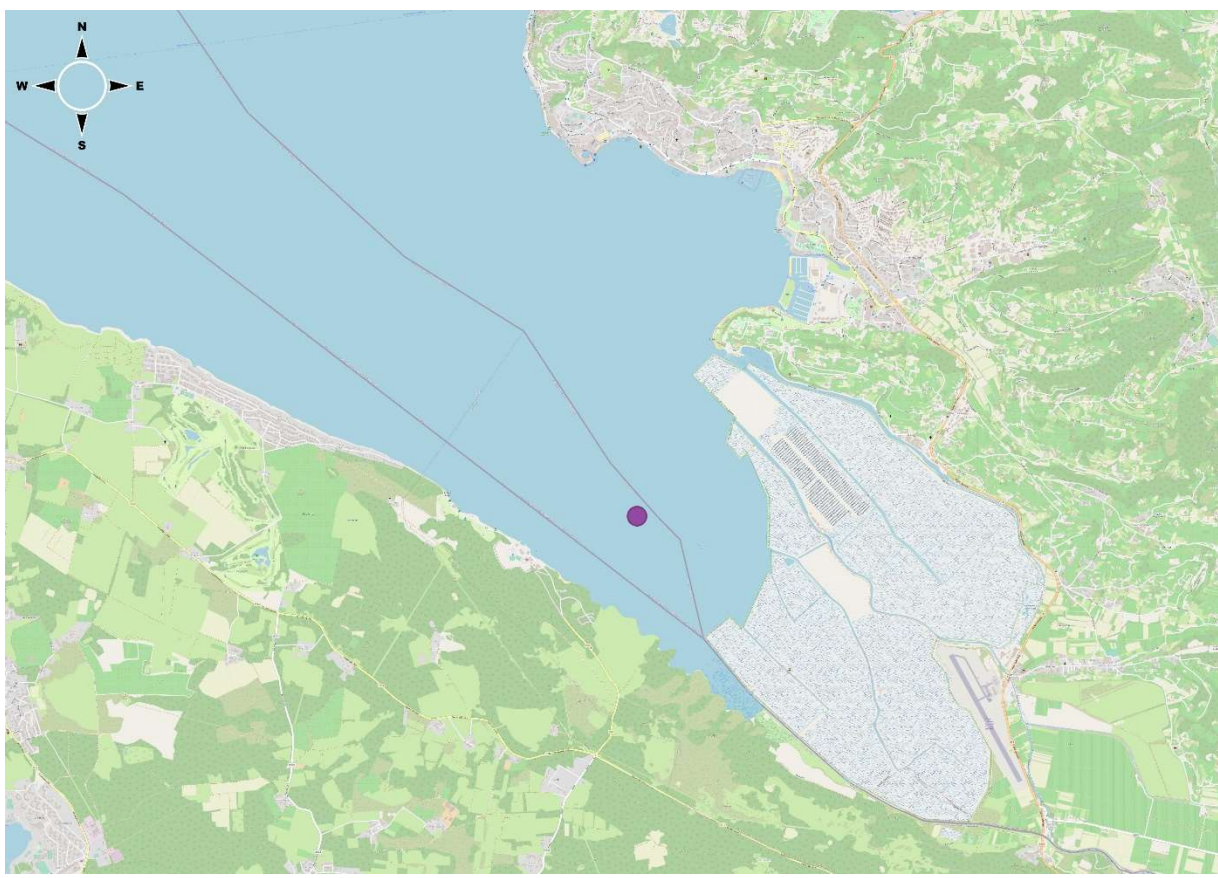
Morsko dno na vzorčnih lokacijah 3 in 4 je predvsem muljasto, globina pa se giblje med 20 in 25 m. Na odprtem morju zaplet postavljene naprave v ribiške mreže predstavlja večjo nevarnost, saj se poleg stoječih ribiških mrež prav tako kočari (način ribolova, kjer ribiško plovilo za seboj vleče mrežo). Na območju oceanografskih boj je ribolov v oddaljenosti manjši od 50 m prepovedan (Slika 9), zato smo naprave na vzorčnih lokacijah 3 in 4 namestili 50 m od označevalne boje.



Slika 9: Vzorčni lokaciji 3 – oceanografska boja Zarja (zelena barva) in 4 – oceanografska boja Zora (modra barva).

Vzorčna lokacija 5 – ribogojnica Fonda

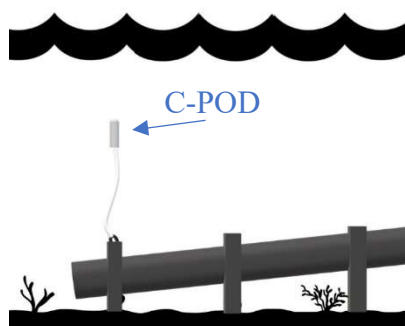
V širšem območju ribogojnice Fonda so sidranje, plutje in ribolov prepovedani. Akustična naprava je na vzorčni lokaciji 5 (Slika 10) postavljena na obstoječo infrastrukturo ribogojnice že od leta 2014. Čeprav gre za priobalni tip vzorčne lokacije, je morsko dno bolj podobno tistemu na odprtem morju (vzorčni lokaciji 3 in 4). Infrastrukturi ribogojnice in bližnjega školjčišča (vrvi, pritrditvene uteži na morskem dnu, mreže itd.) ustvarjata edinstven habitat številnim vrstam. S podatki, pridobljenimi na tej lokaciji, je društvo Morigenos v preteklosti že objavilo nekatere ugotovitve raziskav (Železnik in sod., 2019).



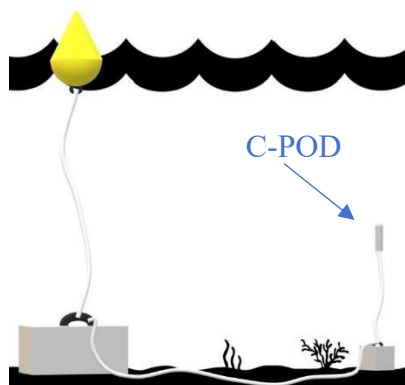
Slika 10: Vzorčna lokacija 5 – ribogojnica Fonda.

3.2 NAČRT POSTAVITVE PASIVNIH AKUSTIČNIH NAPRAV

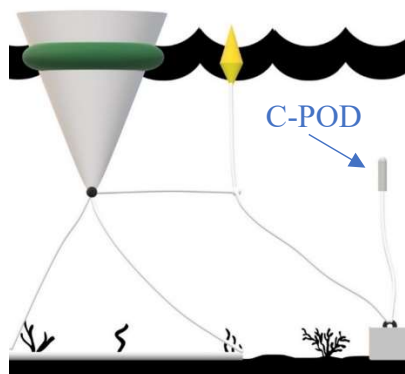
Metode postavitve pasivnih akustičnih naprav se lahko med seboj razlikujejo, saj moramo za ustrezno pridobivanje podatkov prilagajati načine postavitve pogojem na morju in tipu morskega dna na vzorčni lokaciji. Postopki postavitve so enaki za vzorčne lokacije 2, 3 in 4 (Slika 12). Za vzorčni lokaciji 1 in 5 (Sliki 11 in 13) sta postopka postavitve zaradi že obstoječih konstrukcij dodatno prilagojena.



Slika 11: Načrt postavitve pasivnih akustičnih naprav na vzorčni lokaciji 1 – rt Madona.



Slika 12: Načrt postavitve pasivnih akustičnih naprav na vzorčnih lokacijah 2 (KPS), 3 (oceanografska boja Zora) in 4 (oceanografska boja Zarja).



Slika 133: Načrt postavitve pasivnih akustičnih naprav na vzorčni lokaciji 5 (ribogojnica Fonda).

Postavitev akustičnih naprav je potekala z uporabo SCUBA potapljaške opreme. Na vzorčnih lokacijah 2, 3, 4, 5 (Sliki 12 in 13) je bila na morsko dno nameščena betonska utež dimenzije 25 cm x 25 cm x 15 cm; z najlonsko vrvjo debeline 8 mm je bila na utež pritrjena pasivna akustična naprava (C-POD). Pozitivno plovne naprave se dvignejo na približno polovico globine med morskim dnom in površino. Globine naprav so zaradi različnih morskih globin na vzorčnih lokacijah nekoliko drugačne in se gibljejo med 8 in 18 m. Uporaba preproste vrvi za pritrditev zmanjša možnost nastanka neželenega hrupa v času slabih pogojev na morju (npr. udarcev napenjajoče se vrvi in valovanja, premikanja zaradi spremembe tokov itd.) in omogoča hitrejšo odstranitev ter ponovno pritrditev akustične naprave na uteži. Preprosta vzdrževalna dela so ključna pri zmanjševanju možnosti nastanka dekompresijske bolezni, ki predstavlja ključni omejevalni faktor pri izvajanju varnih potapljaških del.

Tabela 2: Informacije o času beleženja pasivnih akustičnih podatkov. V tabeli so vpisani datumi vzdrževalnih del po posamezni lokaciji, vsota ur beleženja in vsota detekcij izraženih v DPM («minute pozitivnih detekcij delfinov» ali angl. »detection positive minutes») na posamezni lokaciji.

Vzorčna lokacija	Datum začetka beleženja	Datum konca beleženja	Čas beleženja (h)	Vsota DPM
1	5. 5. 2020 2. 10. 2020 23. 1. 2021 15. 3. 2021 14. 5. 2021	12. 8. 2020 26. 12. 2020 24. 2. 2021 9. 5. 2021 26. 6. 2021	7116 h	717
2	15. 8. 2020 22. 10. 2020 31. 12. 2020 15. 3. 2021	22. 10. 2020 30. 12. 2020 8. 3. 2021 9. 5. 2021	5717 h	426
3	13. 8. 2020 22. 10. 2020 31. 12. 2020 15. 3. 2021	21. 10. 2020 30. 12. 2020 8. 3. 2021 9. 5. 2021	5953 h	144
4	13. 8. 2020 22. 10. 2020 31. 12. 2020 15. 3. 2021	21. 10. 2020 30. 12. 2020 8. 3. 2021 9. 5. 2021	5883 h	41
5	10. 1. 2020 4. 5. 2020 18. 8. 2020 8. 1. 2021	27. 4. 2020 18. 8. 2020 4. 11. 2020 10. 3. 2021	8357 h	404

3.3 ANALIZE

Podatki z naprav C-POD so bili prenešeni s prostodostopnim programom CPOD.exe ver.2.044. V programu CPOD.exe je bil za identifikacijo, klasifikacijo, časovni pregled in analizo pridobljenih podatkov uporabljen KERNO klasifikator (algoritem za klasifikacijo ehoklacijskih klikov). Za zagotovitev kakovosti so bili odstranjeni vsi podatki, pri katerih naprava ni delovala polnih 60 minut (MinutesON), in tiste, pri katerih je odstotek časa prehodne omejitve beleženja števila zvokov presegal 5 % (TimeLost%). Za zagotavljanje dodatne zanesljivosti pridobljenih podatkov smo za analize uporabili zgolj detekcije visoke in srednje kakovosti, ki so bile dodatno vizualno preverjene po navodilih v priloženem priročniku (C-POD: *Validating cetacean detections*, navodila za uporabo, 2021) (Slika 14). Urejeni podatki so bili prenešeni v program MS Excel in vneseni v podatkovno bazo, ki je vključevala vse pridobljene podatke v času beleženja na vseh petih vzorčnih lokacijah.



Slika 14: Postopek validacije ehoklacijskih klikov v programu CPOD.exe
Vir: Jure Železnik, Morigenos 2022

DPM glede na čas dneva je bil izračunan na podlagi standardizacije celotnega časa beleženja na različnih vzorčnih lokacijah.

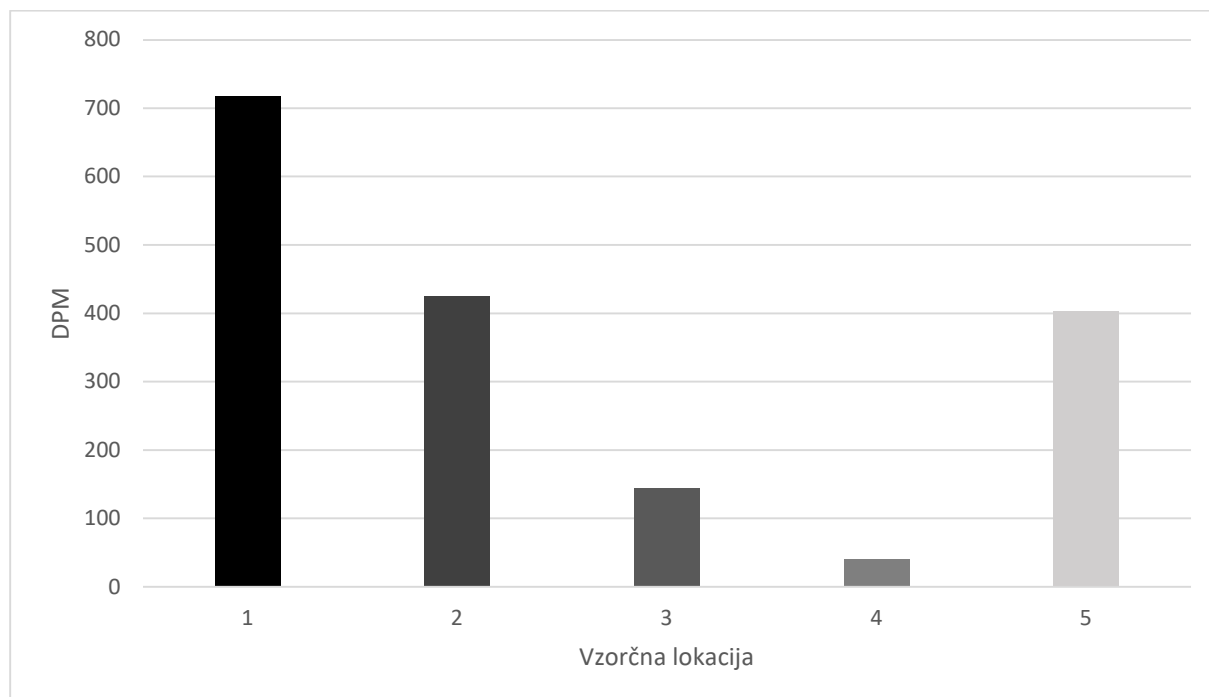
Statistične analize smo naredili v programih R (R Core Team, 2021) in Rstudio (RStudio Team, 2016). Za pripravo podatkov in statistične analize v programu R smo uporabili naslednje pakete (paketi oz. »knjižnice« so nabori specifičnih funkcij, sestavljene programske kode ali vzorčni podatki v programu R): *mgcv*, *nlme*, *gam*, *plotfunctions*, *itsadug*, *vif*, *carData*, *car*, *Rcpp*, *AICcmodavg*.

Pri pripravi statističnega modela sem za odvisno spremenljivko uporabil DPM, za pojasnjevalne spremenljivke pa sem vključil: vzorčno lokacijo, mesec v letu, uro, naklon hidrofona v napravi in temperaturo vode.

Kolinearnost podatkov se je testiralo s funkcijo *vif* (faktor inflacije variacije) (Naimi in sod., 2014), pri čemer je bila postavljena mejna vrednost 2 (Nuuttila in sod., 2018). Avtokorelacijo podatkov odvisne spremenljivke (DPM) se je ocenilo s testom ACF v paketu *itsadug* (van Rij in sod., 2015). Ker podatkovna baza zajema veliko količino podatkov, se je za pripravo posplošenega aditivnega modela (GAM) uporabila funkcija *bam* v paketu *mgcv* z negativno binomsko porazdelitvijo (Wood in sod., 2015). Pri ohranitvi pojasnjevalnih spremenljivk v končnem modelu se je spremljala vrednost AIC (Akaikejev informacijski kriterij) (Akaike, 1973) modela pri odstranjevanju vsake spremenljivke posebej. Za pojasnjevanje učinka vseh različnih spremenljivk in celotnega modela so bile uporabljene prilagojene vrednosti R-kvadrat (R^2) in devianca.

4 REZULTATI

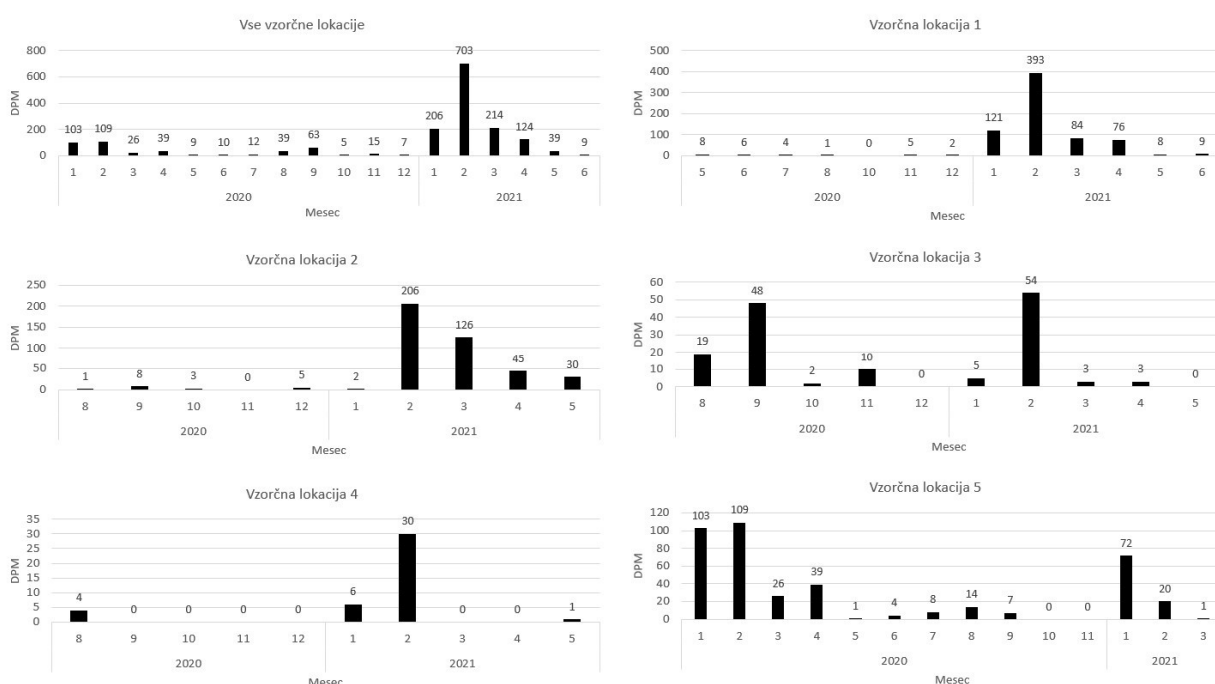
Najdaljše obdobje beleženja pasivnih akustičnih podatkov je bilo na vzorčni lokaciji 5 (ribogojnica Fonda), nato na vzorčni lokaciji 1 (rt Madona); na ostalih vzorčnih lokacijah (2, 3 in 4) je bil čas beleženja krajši, a enak (Tabela 2). Detekcije delfinov so bile zabeležene na vseh lokacijah. Največje število detekcij delfinov (DPM) je bilo na vzorčni lokaciji 1 (rt Madona), najmanjše pa na vzorčni lokaciji 4 (oceanografska boja Zora) (Slika 15).



Slika 15: Vsota DPM glede na vzorčne lokacije.

4.1 ŠTEVILO DPM GLEDE NA MESECE V LETU

S Slike 16 je razvidno, da so bile pozitivne detekcije zabeležene v vseh mesecih raziskovalnega obdobja, vendar ne na vseh vzorčnih lokacijah. Med vsemi meseci je bil februar 2021 tisti, ko je bilo zaznanih največ detekcij (DPM) na lokacijah 1, 2, 3 in 4. Na vzorčni lokaciji 5 je bilo največ detekcij februarja 2020. Skupno število detekcij v času vzorčenja je bilo največje v februarju 2021, ko je bilo skupno zabeleženih 703 DPM (42 % vseh detekcij). Najmanjše število detekcij je bilo v decembru 2020, ko je bilo zgolj 7 pozitivnih detekcij (0,5 % vseh detekcij).

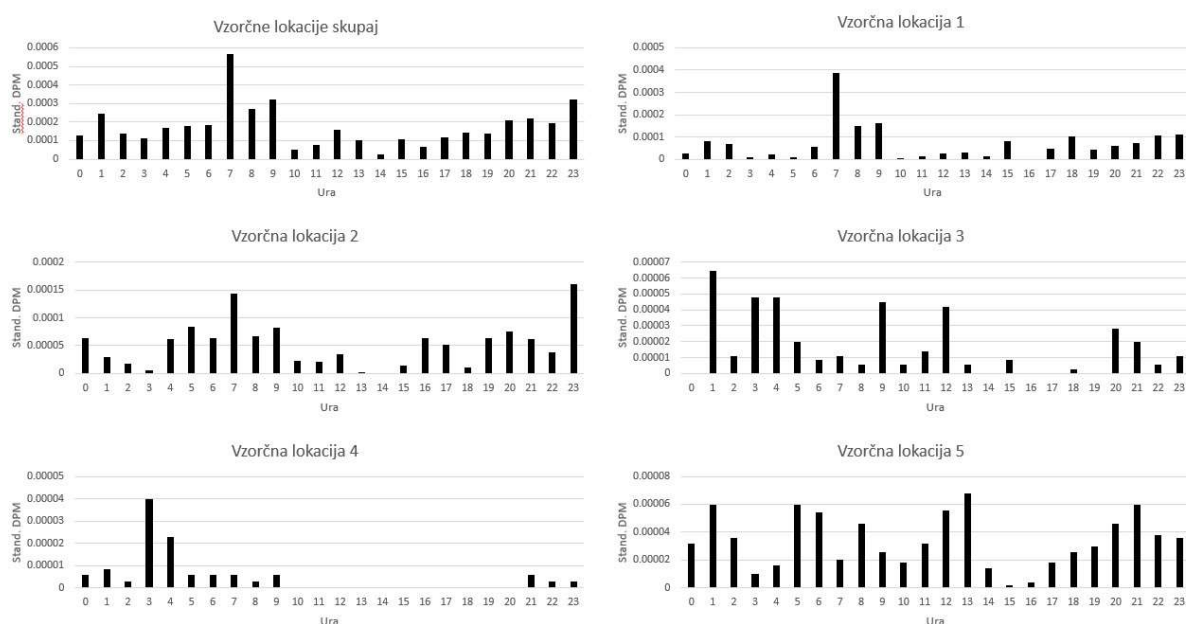


Slika 16: Vsota pozitivnih detekcij (DPM) v vseh mesecih izvajanja monitoringa.

4.2 ŠTEVILO DPM GLEDE NA ČAS DNEVA

S Slike 17 je razvidna časovna dinamika detekcij delfinov na vsaki vzorčni lokaciji znotraj dneva. Delfini so bili na vzorčnih lokacijah 1, 2, 3 in 5 zabeleženi v vseh urah dneva, na vzorčni lokaciji 4 pa zgolj v času noči in zgodaj zjutraj (21:00 do 10:00).

V Tabeli 3 so prikazane DPM v času, ko je dnevna svetloba prisotna (06:00 do 20:00) za vse dni v letu 2020 in 2021. Skupno število detekcij v času dnevne svetlobe je bilo na vseh vzorčnih lokacijah 963, kar predstavlja 55,6 % vseh zabeleženih detekcij. Največje število detekcij je bilo na vzorčni lokaciji 1 (rt Madona), in sicer med 07:00 in 08:00 uro.



Slika 17: Časovna dinamika pozitivnih detekcij (DPM) glede na čas dneva. X os predstavlja ure v dnevu, Y os predstavlja standardizirano število DPM za čas izvajanja beleženja na posamezni lokaciji.

V nočnih urah je bilo zabeleženih 769 DPM, kar predstavlja 44,4 % vseh zabeleženih detekcij delfinov. Največje število detekcij v času noči je bilo na vzorčni lokaciji 1 (rt Madona), in sicer 242 DPM, najmanj pa na vzorčni lokaciji 4 (oceanografska boja Zora), kjer je bilo zgolj 34 DPM.

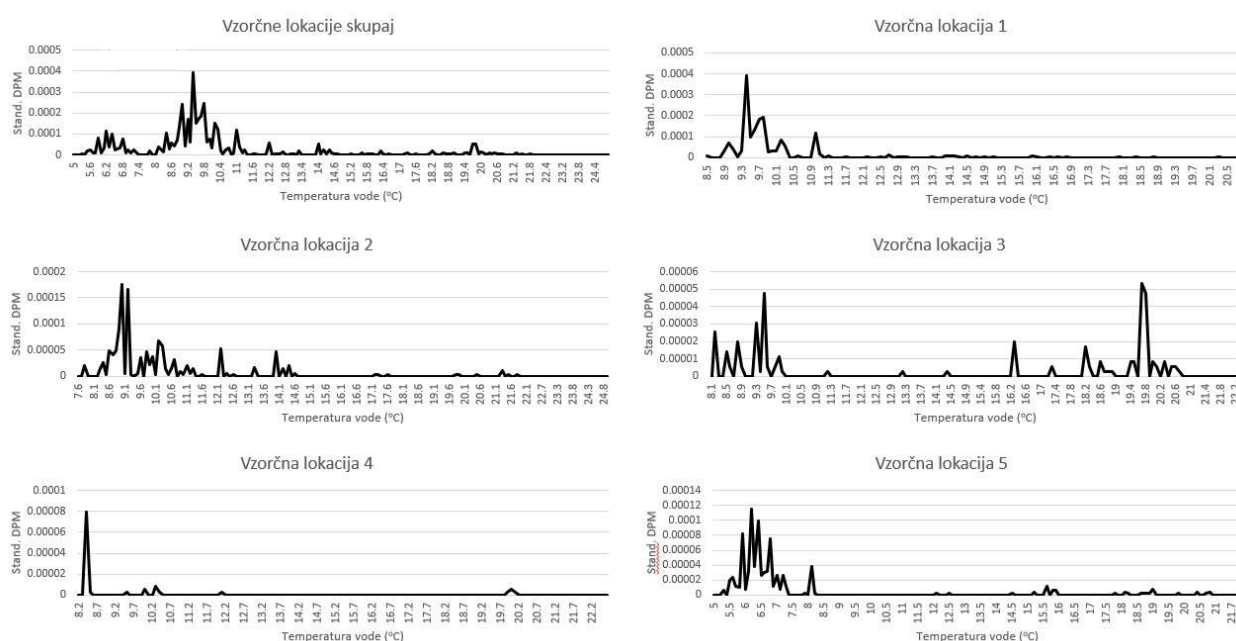
Tabela 3: Število in delež detekcij (DPM) na posameznih vzorčnih lokacijah v dnevnem (06:00 do 20:00) in nočnem času (21:00 do 05:00).

Čas	Vzorčna lokacija 1		Vzorčna lokacija 2		Vzorčna lokacija 3		Vzorčna lokacija 4		Vzorčna lokacija 5	
	DPM	%	DPM	%	DPM	%	DPM	%	DPM	%
06:00 – 19:00	475	66,2	221	51,8	53	63,0	7	17,1	207	51,2
20:00 – 06:00	242	33,8	205	48,2	31	37,0	34	82,9	197	48,8

Iz Tabele 3 je razvidno, da je na lokacijah 1, 2, 3 in 5 razmeroma enakomerna prisotnost detekcij med dnevom in nočjo, na vzorčni lokaciji 4 pa so bile detekcije zabeležene skoraj izključno v času noči.

4.3 VPLIV TEMPERATURE MORSKE VODE NA ŠTEVILO DPM

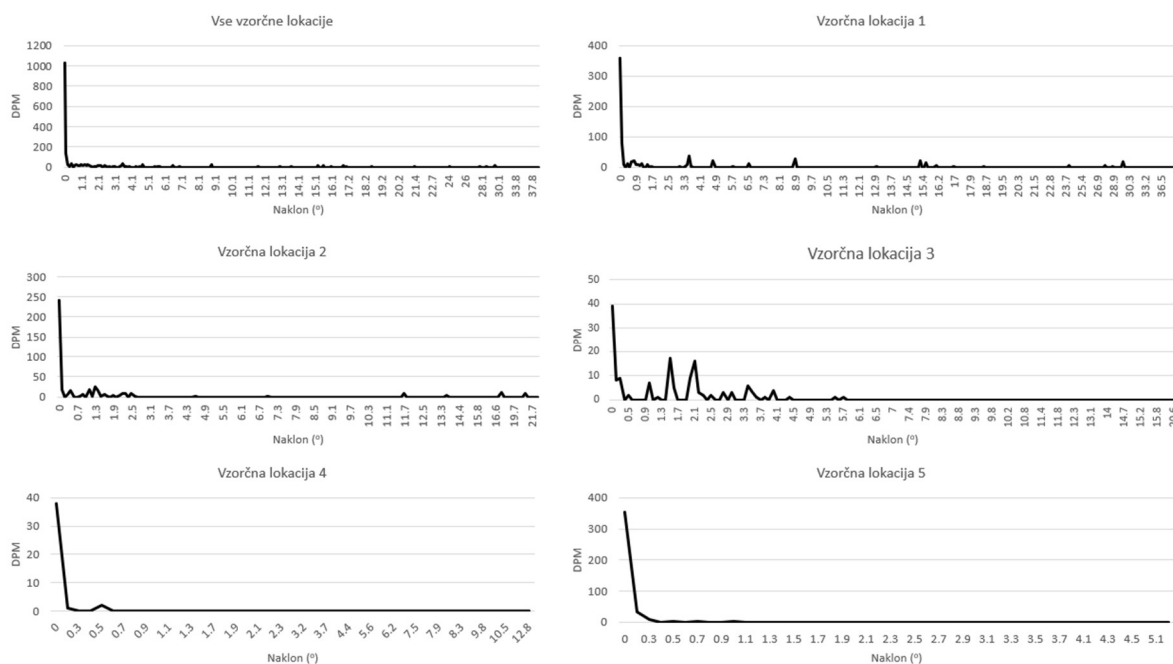
Najnižja izmerjena temperatura morja s pomočjo naprave C-POD je bila 5 °C na vzorčni lokaciji 5 (ribogojnica Fonda) v mesecu marcu, najvišja izmerjena temperatura pa je bila 24,9 °C na vzorčni lokaciji 2 (KPS) v mesecu avgustu. Največje število detekcij je bilo izmerjeno pri temperaturi morja 8,5–11 °C, in sicer 1076 DPM (Slika 18).



Slika 18: Vsota DPM v odvisnosti od temperature morske vode. X os predstavlja izmerjeno temperaturo v °C, Y os standardizirano število DPM za čas izvajanja beleženja na posamezni lokaciji. Vzorčna lokacija 1: maj 2020 – junij 2021; vzorčne lokacije 2, 3, 4: avgust 2020 – maj 2021; vzorčna lokacija 5: januar 2020 – marec 2021.

4.4 VPLIV NAKLONA NAPRAVE NA ŠTEVILO DPM

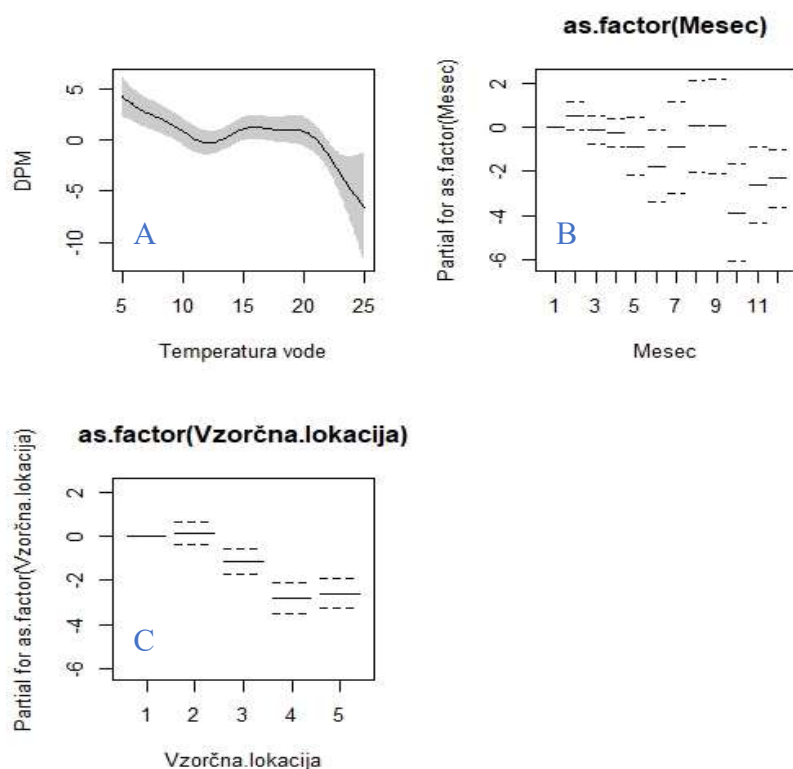
Meritve naklona hidrofona v napravah so pokazale, da so bile v času meritev naprave pokončno in so delovale pravilno (Slika 19). Če naklon hidrofona preseže 45°, naprava preneha z beleženjem podatkov (funkcija, ki omogoča lažji transport naprav na vzorčno lokacijo). Razvidno je, da je bilo največ detekcij delfinov v času, ko je bil hidrofona v napravi pokončno, kar mu omogoča, da lahko beleži ehlokacijske zvoke iz vseh smeri enakomerno.



Slika 19: Vsota DPM v odvisnosti od naklon hidrofona v napravi, izraženo v stopinjah (°). Vzorčna lokacija 1: maj 2020 – junij 2021; vzorčne lokacije 2, 3, 4: avgust 2020 – maj 2021; vzorčna lokacija 5: januar 2020 – marec 2021.

4.5 BINOMSKI POSPLOŠENI ADITIVNI MODEL

V končnem statističnem modelu (GAM) so bili uporabljeni vsi zbrani in očiščeni podatki (MinutesON = 60, Timelost% = <5 %). V končnem GAM so po postopnem odstranjevanju spremenljivk na podlagi AIC kriterija ostale naslednje spremenljivke: temperatura vode, mesec v letu in vzorčna lokacija. Ta model je pojasnjeval 34,5 % deviance. Graf A na Sliki 20 prikazuje, da z višjo temperaturo vode upada število DPM. Na grafu B je opazno, da gre za veliko variacijo detekcij v različnih mesecih leta; prav tako je na grafu C opazno, da je na vzorčnih lokacijah 1, 2 in 5 (priobalni habitatni tip) večje število DPM kot na vzorčnih lokacijah 3 in 4.



Slika 20: Rezultati končnega binomskega posplošenega aditivnega modela. A: DPM v odvisnosti od temperature vode na vseh vzorčnih lokacijah skupaj. B: DPM v odvisnosti od meseca v letu na vseh vzorčnih lokacijah skupaj. C: DPM v odvisnosti od posameznih vzorčnih lokacij.

5 RAZPRAVA

Na neuspešno beleženje zvokov v morju lahko vpliva vrsto dejavnikov (povečan hrup v obliki »maskiranja« zvoka, delovna razdalja naprave, neustrezna kalibracija naprave, oddaljenost in usmerjenost živali, glasnost proizvedenega zvoka itd.). Če naprava ni zabeležila zvokov živali, še ne moremo z gotovostjo trditi, da žival na tem območju ni bila prisotna. Pomembno je poudariti, da je akustično vedenje prostoživečih delfinov zelo kompleksno in o njem vemo razmeroma malo.

Med lovom delfini v zelo kratkih intervalih proizvedejo večje število zaporednih eholokacijskih zvokov, ki so bolj glasni in s tem povečajo možnosti, da jih pasivna akustična naprava zazna in pravilno zabeleži. Med počitkom je oglašanje (proizvajanje zvokov) manj pogosto; lahko so tudi povsem tiho, kar pomeni, da so lahko prisotni v območju delovne razdalje pasivne akustične naprave, vendar njihova prisotnost ne bo zabeležena.

5.1 DELOVANJE PASIVNIH AKUSTIČNIH NAPRAV

Rezultati so pokazali, da so pasivne akustične naprave C-POD primerne za monitoring velikih pliskavk v Tržaškem zalivu na vseh vzorčnih lokacijah, tudi tam, kjer so zaradi povečanega rekreativnega pomorskega prometa potencialno višje ravni podvodnega hrupa. Vmesna obdobja z daljšimi manjkajočimi podatki niso posledica neustreznega delovanja naprav, temveč oteženega dela v času epidemije covid-19, saj so bila potapljaška vzdrževalna dela onemogočena zaradi omejevalnih ukrepov.

Meritve naklona hidrofona v napravah nakazujejo, da so bile vse naprave v času meritev pokončno postavljene na vseh vzorčnih lokacijah, tudi v slabih vremenskih pogojih. Naprave so bile pritrjene na utež s pomočjo vrvi in so se lahko prosto gibale v vodnem stolpu, zato je pričakovati, da bo zaradi valovanja in tokov prihajalo do rahlega nihanja v meritvah naklona hidrofona. V poletnih mesecih se na napravah lahko zaraste večje število školjk in drugih organizmov, ki lahko negativno vplivajo na sposobnost beleženja zvokov, zato je skrbno in temeljito čiščenje naprav med vzdrževalnimi deli nujno.

Kljub vsem oteževalnim okoliščinam v času epidemije covid-19 se je nabralo veliko število podatkov. Ta nabor je izredno bogat in predstavlja prvo tovrstno podatkovno bazo v Sloveniji, Tržaškem zalivu in tem delu severnega Jadrana.

5.2 SEZONSKI VZORCI PRISOTNOSTI DELFINOV V SLOVENSKEM MORJU

Z opravljeno raziskavo smo želeli podkrepiti znanje o prisotnosti in rabi habitata velike pliskavke v Tržaškem zalivu (Genov in sod., 2008, 2019a; Železnik in sod., 2019). Iz rezultatov je razvidno, da so delfini v vodah Tržaškega zaliva prisotni celo leto (Slika 15). Največje število detekcij je bilo na vseh vzorčnih lokacijah v mesecu februarju (Slika 16). Rezultati na vzorčni lokaciji 5 (ribogojnica Fonda) so zelo podobni rezultatom predhodne pasivne akustične raziskave iz let 2015 in 2016 (Železnik in sod., 2019), kar nakazuje, da delfini habitat na opisani lokaciji uporabljajo že več let v podobnih sezonskih vzorcih. Za bolj natančne rezultate sezonskih vzorcev na vzorčnih lokacijah 1, 2, 3 in 4 pa bi bilo potrebno večletno beleženje podatkov.

Na vseh vzorčnih lokacijah je v času poletne turistične sezone povečana prisotnost rekreativnih plovil, ki med plutjem oddajajo visokofrekvenčni hrup in potencialno motijo ehelokacijske ali komunikacijske zvoke delfinov (Williams in sod., 2020). Na vzorčnih lokacijah 1, 2, 3 in 4 so istočasno potekale tudi meritve podvodnega hrupa in monitoring plovil, katerih preliminarni kratkoročni rezultati prikazujejo vzorec pojavljanja delfinov v času nižjih stopenj hrupa (Genov in sod., 2021a). Učinki hrupa lahko vplivajo na začasne spremembe slušne občutljivosti, izgubo habitata, maskiranje zvokov, pomembnih za prehranjevanje, in komunikacijo, povišanje ravni stresa in spremembe vedenja (Weilgart, 2007; Southall in sod., 2007; Clark in sod., 2009; Williams in sod., 2020).

V prihodnje bi bilo smiselno v raziskave sezonske rabe habitata pliskavk vključiti še več pasivnih akustičnih naprav na različnih lokacijah v Tržaškem zalivu, saj je s pasivno akustično napravo C-POD maksimalna zabeležena razdalja ehelokacije velike pliskavke od 1343 do 1779 m (Nuutila in sod., 2013), vendar se lahko ob prisotnosti povečanega podvodnega hrupa le-ta drastično zmanjša (Kaitlin J. Palmer, osebna komunikacija, 2021).

5.3 DNEVNO-NOČNI VZORCI PRISOTNOSTI DELFINOV NA RAZISKOVALNEM OBMOČJU

Najbolj pogoste metode raziskovanja morskih sesalcev na terenu (fotoidentifikacija, merjenje časa potopov, beleženje vedenja itd.) se opravlja zgolj ob prisotnosti raziskovalcev; hkrati te metode zahtevajo dnevno svetlobo, ustrezno vreme in pogoje za delo na morju. Zato so na svetu predvsem nočni vzorci rabe habitata kitov in delfinov relativno slabo preučeni. Pasivne akustične naprave neprekinjeno beležijo zvoke vse ure v dnevu, zato lahko z njihovo pomočjo bolje razumemo nočno rabo habitata.

Iz rezultatov je razvidno, da so delfini (velike pliskavke) na območju Tržaškega zaliva prisotni tako podnevi kot ponoči (Slika 17, Tabela 3). Območje Tržaškega zaliva uporabljata dve večji socialni skupini pliskavk v različnih delih dneva (»jutranja« in »večerna« skupina) in ena manjša (Genov in sod., 2019a). Čeprav na podlagi podatkov, pridobljenih z napravo C-POD, ni mogoče ugotoviti identitete delfinov, ki so prisotni v času detekcije, ali števila osebkov, nam podatek o prisotnosti vendarle poda veliko informacij o rabi habitata. Na vzorčnih lokacijah 1, 2, 3 in 5 je razvidna enakomerna raba habitata, kar pomeni, da delfini območje Tržaškega zaliva uporabljajo skoraj toliko v nočnih kot v dnevnih urah. Na vzorčni lokaciji 4 pa je razvidno, da so detekcije delfinov skoraj izključno v času noči. V poletnih mesecih je mogoče na vzorčnih lokacijah 1 in 2 tako podnevi kot ponoči zabeležiti povečano število rekreativnih motornih plovil (Morigenos, neobjavljeni podatki), kar bi zaradi povečanega visokofrekvenčnega hrupa motorjev lahko z »maskiranjem« zvoka eholokacije vplivalo na manjše število detekcij delfinov.

5.4 VPLIV TEMPERATURE

Končni statistični model je opredelil temperaturo kot zelo pomembno spremenljivko pri pojasnjevanju števila DPM (Slika 20). V vodah Tržaškega zaliva prihaja do izrazitih sezonskih temperaturnih nihanj. Podatki, pridobljeni iz arhivskih podatkov Agencije Republike Slovenije za okolje, prikazujejo povprečno temperaturo morske gladine v zimskih mesecih leta 2020 na 11,5 °C, v poletnih mesecih pa je temperatura presegla tudi 28 °C.

Temperatura morske vode lahko potencialno vpliva na rabo habitata in vedenje plena delfinov. Nižja temperatura vode vodi do manjše primarne in sekundarne produkcije, kar lahko povzroči manjšo razpoložljivost plena. Toda informacija o temperaturi sama po sebi ne pojasni številnejših detekcij delfinov v zimskem času.

Vpliv temperature morske vode utegne biti povezan s povišano jakostjo antropogenega hrupa v poletnem času (povečano število manjših rekreativnih plovil v času poletne turistične sezone). Podatki vizualnega monitoringa delfinov v Tržaškem zalivu prikazujejo številčno pojavljanje delfinov v območjih vzorčnih lokacij tako v zimskem kot tudi v poletnem času. Temperatura vode je najvišja v poletnih mesecih leta, predvsem v mesecu juliju in avgustu. Takrat je zaradi vrhunca turistične sezone na morju povečano število rekreativnega prometa na celotnem območju Tržaškega zaliva (Genov in sod., 2021a, 2021b). Območji vzorčnih lokacij 1 in 2 sta predvsem tranzitni območji med marinami v Portorožu, Piranu in Izoli. Znotraj teh območij (naravni spomenik rt Madona in Krajinski park Strunjan) je dovoljen ribolov z uporabo stoječih mrež v mesecih, ko ni visoke turistične sezone. Vzorčna lokacija 5 je v poletnih časih tudi priljubljena destinacija za sidranje, saj je zaradi geografske pozicije v

relativno zaščitenem delu morja in omogoča mirno sidranje. Manj številčno beleženje detekcij delfinov bi lahko bilo tako posledica »maskiranja zvoka« zaradi povišanih ravni podvodnega hrupa in ne odsotnosti delfinov v danem vzorčnem območju.

Rekreativna plovila za pogon uporabljajo motorje različnih moči in tipov. Ta med delovanjem oddajajo srednje- do visokofrekvenčni hrup, ki lahko potencialno zmanjša detekcijsko razdaljo naprav C-POD. Ob zadostni jakosti visokofrekvenčnega hrupa lahko pride do popolnega maskiranja eholoških zvokov in s tem se onemogoči napravi, da bi zaznala in zabeležila zvoke ehološke oz. prisotnost živali v bližini.

5.5 VPLIV TIPA HABITATA NA POJAVLJANJE DELFINOV

Dno slovenskega morja je večinoma sestavljeno iz cirkalitoralnega grobega sedimenta, cirkalitoralnega blata in peska (Lipej in sod., 2018). Vzorčni lokaciji 1 in 2 sta bili v neposredni bližini obale. Obe območji veljata kot posebni zaradi edinstvene biotske pestrosti v slovenskem morju. V njuni okolici je moč pričakovati večjo koncentracijo in številčnost različnih vodnih organizmov, ki predstavljajo delfinom potencialni plen. Pretekli podatki društva Morigenos, pridobljeni z vizualnim opazovanjem, kažejo, da je prehranjevanje znotraj ali v bližini vzorčnih lokacij 1 in 2 pogosto vedenje delfinov. Delfini se pogosto zadržujejo v bližini obale (tudi manj kot 50 m od obale na območju rta Madone) in znotraj zavarovanega območja Mesečevega zaliva. S fotografij, ki so bile posnete v bližini vzorčnih lokacij 1 in 2 in na katerih imajo delfini plen v ustih, lahko sklepamo, da opisani priobalni vzorčni lokaciji delfinom predstavljata pomemben habitat, namenjen lovu in prehranjevanju.

Vzorčni lokaciji 3 in 4 sta bili v bližini mednarodnih meja slovenskih odprtih voda (Slika 7). Tu je habitatni tip bolj pust od tistih v bližini obale. Dno je sestavljeno iz cirkalitoralnega blata (Lipej in sod., 2018) in ni razgibano. Globine morskega dna v okolici teh dveh vzorčnih lokacij so med 20 m in 25 m. V okolici je že vrsto let pogost komercialni ribolov z uporabo različnih tipov vlečnih mrež (t. i. kočarjenje), ki med ribolovom strugajo morsko dno in ga poškodujejo (Johnson in sod., 2015). Na teh lokacijah lahko pričakujemo manjšo pestrost in koncentracijo organizmov. Pretekli podatki vizualnih opazanj opisujejo pogosto vedenje delfinov kot potovanje ali sledenje ribiškemu plovilu, ki kočarijo. Posamezni delfini ali delfini v skupini med »potovalnim« vedenjem plavajo dlje časa v skoraj nespremenjeni smeri. V času potovanja delfini ne proizvajajo večjega števila eholoških zvokov, saj ne potrebujejo podrobne slike okolice.

Vzorčna lokacija 5 je lokacija, ki je zelo drugačna od drugih. Dno je sestavljeno iz cirkalitoralnega blata, vendar infrastruktura bližnje ribogojnice predstavlja edinstven življenjski prostor mnogim organizmom. Infrastruktura ribogojnice (vrvi, uteži, boje itd.), vnos dodatnih hranil zaradi hranjenja rib v ribogojnici, relativno nizka globina morskega dna z veliko sončne svetlobe in vnos dodatnega kisika prek izliva reke Dragonje lahko vplivajo na povečano število organizmov v okolici (Díaz López in sod., 2001, 2005). Pretekli podatki potrjujejo pogosta opazovanja delfinov na območju ribogojnice ali celo med mrežami ribogojnice (Morigenos, neobjavljeni podatki).

5.6 PREDLOGI IZBOLJŠAV

Društvo Morigenos od leta 2002 beleži prisotnost delfinov na celotnem območju Tržaškega zaliva, zato bi raziskavo preučevanja rabe habitata s strani delfinov lahko izboljšali predvsem z uporabo večjega števila pasivnih akustičnih naprav po celotnem območju Tržaškega zaliva (v slovenskih, hrvaških in italijanskih vodah). Prav tako bi bilo smiselno nadaljevati na vseh vzorčnih lokacijah istočasno izvajanje meritev podvodnih ravni hrupa, saj bi tako zagotovili bolj reprezentativne podatke o prisotnosti delfinov tudi ob visokih ravneh hrupa (Genov in sod., 2021a).

V času izvajanja raziskave so na potek vzdrževalnih del vplivali predvsem ukrepi proti covidu-19, zaradi katerih je posledično prišlo do manjkajočih podatkov. V prihodnosti se bo potrebno bolje prilagoditi podobnim omejevalnim delovnim pogojem, saj so pri pridobivanju neprekinjenih, dolgotrajnih in zanesljivih podatkov ključna redna ter temeljita vzdrževalna dela.

6 ZAKLJUČEK

Velika pliskavka je edina stalna in redno prisotna vrsta morskih sesalcev v Tržaškem zalivu, zato je vredna zaščite in ohranitve. Osebki se soočajo z različnimi negativnimi antropogenimi vplivi (organska onesnaževala, plastika, podvodni hrup, trki s plovili, prilov v ribiške mreže itd.). Nekateri negativni dejavniki (podvodni hrup, izčrpavanje plena, turizem itd.) morda ne ogrožajo življenja delfinov, vendar se skupni učinek le-teh stopnjuje in lahko zmanjša kakovost življenja ali celo potencialno ogrozi življenje živali. Antropogeni dejavniki lahko vplivajo na manjše število pojavljanj delfinov, kar ima lahko negativne posledice na lokalno biodiverzitetu.

Opravljena raziskava je pokazala, da uporabljajo delfini vode Tržaškega zaliva podnevi in ponoči celo leto. Rezultati statističnih analiz so pokazali, da so detekcije delfinov bolj pogoste na priobalnih vzorčnih lokacijah (vzorčne lokacije 1, 2 in 5) kot vzorčnih lokacijah na odprtem morju (vzorčni lokaciji 3 in 4). Končni statistični model prikazuje, da so temperatura vode, vzorčna lokacija in mesec v letu najbolj pomembne spremenljivke pri pojasnjevanju večjega števila detekcij in pojasnjuje 34,5 % deviance. Zakaj točno se število detekcij zmanjša v poletnem času, je zelo težko trditi s popolno gotovostjo. Detekcije delfinov so morda bolj številčne v zimskih mesecih leta, ker je tedaj na morju manj rekreativnega prometa kot v visoki turistični sezoni; s tem so negativni učinki povečanega pomorskega prometa na delfine znatno manjši. Obstaja tudi možnost, da se v poletnem času zaradi večjega pomorskega prometa in povečanega podvodnega hrupa detekcijska razdalja naprav C-POD zmanjša ali pa prisoten hrup popolnoma prekrije zvoke ehlokacije (t. i. maskiranje zvoka) in s tem onemogoči napravi, da bi pravilno zabeležila ciljne zvoke. Podatki vizualnega monitoringa delfinov prikazujejo, da se delfini v zimskih in v poletnih mesecih zadržujejo v bližini vzorčnih lokacij. Menim, da je glavni razlog za manjše število detekcij delfinov tedaj posledica maskiranja zvoka in ne manj številčno pojavljanje delfinov.

Razgiban in bolj kompleksen habitat priobalnih območij, kjer smo zaznali največje število detekcij, omogoča večjo biodiverzitetu in številčnost posameznih vrst plena ter tako predstavlja ugodnejši habitat za prehranjevanje delfinov. Številčnost detekcij je bila večja na vzorčnih lokacijah bližje obali oz. na priobalnih lokacijah, saj je zaradi bolj kompleksnega in razgibanega habitata tam večja biodiverzitetu in številčnost posameznih vrst plena, kar predstavlja bolj ugoden habitat za prehranjevanje delfinov.

Opravljena raziskava predstavlja prvo obširno raziskavo z uporabo pasivnih akustičnih metod na območju Tržaškega zaliva. Podatki, predstavljeni v diplomski nalogi, bodo zato dobro izhodišče za prihodnje raziskave društva Morigenos, s katerimi želimo bolje razumeti rabo habitata in vpliv podvodnega hrupa na delfine na tem območju ter jim zagotoviti boljše varstvo.

7 SUMMARY

The bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) is the only regularly present species of marine mammals in the Gulf of Trieste. Therefore, it needs good conservational actions based on well-conducted science. The population faces various negative anthropogenic threats, including organic pollutants, marine debris, underwater noise, collisions with vessels, and bycatch in fishing gear. Some of these threats are not necessarily directly lethal. Cumulatively, however, they may lead to diminished quality of life and consequently lower survival.

The present study showed that bottlenose dolphins use the waters of the Gulf of Trieste both during the day and night hours throughout the year. Dolphin detections were more frequent in coastal locations (locations 1, 2, and 5) than in offshore locations (locations 3 and 4). The final statistical model suggested that water temperature, location, and month of the year were the most important variables in explaining the number of detections and explained 34.5% of the deviance. It remains unclear why the number of detections decreases in summer. Detections may be more numerous in winter due to the lower intensity of recreational boat traffic and, thus, the negative effects of maritime traffic on dolphins are significantly lower. There is also a possibility that in the summertime, due to increased maritime traffic and increased underwater noise, the detection distance of the C-POD devices decreases or the noise present completely covers the echolocation sounds (through "sound masking") and, thus, makes it impossible for the devices to correctly detect echolocation sounds. The results from the visual observations of dolphins conducted by Morigenos show that dolphins are present in the area throughout all seasons. I believe that the main reason for the lower number of dolphin detections in the summer months is the result of sound masking and not a less frequent presence of dolphins.

The diverse and more complex habitat of the coastal areas where we detected the highest number of detections enables greater biodiversity and abundance of individual prey species and thus could represent a more favorable habitat for feeding. The number of detections was higher at coastal locations. Because of the more complex and diverse habitat, there is possible greater biodiversity and abundance of individual prey species which could represent a more favorable habitat for feeding dolphins.

The conducted study represents the first extensive study using passive acoustic methods in the area of the Gulf of Trieste. The findings presented in the thesis will, therefore, be a good starting point for future research conducted by Morigenos. This study will contribute to a better understanding of how dolphins use the habitat of the Gulf of Trieste and how the underwater noise impacts the dolphins in this area and will help design better conservation approaches in the future.

8 LITERATURA

Akaike, H. 1973. Maximum likelihood identification of Gaussian autoregressive moving average models, *Biometrika*, 60 (2): 255-265.

Bonaca, O. M., Mavrič, B., Lipej L., Kaleb, S., Falace., A., 2017. Coralline algae on biogenic formations in marine waters of Slovenia (Northern Adriatic Sea). *ANNALES Series Historia Naturalis*, 27(2): 89-96.

Clark, C. W., Ellison T., Southall B., Hatch L., Van Parijs, S. M., Frankel, A., Ponirakis., D. 2009. Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implication. *Marine Ecology Progress Series*, 395: 201-222.

Committee on Taxonomy. 2022. List of marine mammal species and subspecies. Society for Marine Mammalogy, www.marinemammalscience.org

C-POD user guide. 2021. *Manual*, (www.chelonia.co.uk).

Cranford, W. T., Amundin, M., Norris, S. K. 1996. Functional morphology and homology in the odontocete nasal complex: Implications for sound generation. *Journal of Morphology*, 228: 223-285.

Díaz López, B., Marini, L., Polo, F. 2005. The impact of a fish farm on a bottlenose dolphin population in the Mediterranean Sea. *An International Journal of Marine Sciences*, 21 (2): 65-70.

Díaz López, B., Marini, L., Polo, F. 2001. Evolution of a bottlenose population in the North-eastern waters of Sardinia (Italy). *European Research on Cetaceans 15*, European Cetacean Society, pp 70.

Genov, T., Železnik, J., Palmer J. K., Žlavs, N. 2021a. Priprava predloga pilotnega monitoringa ter izvedba pilotnega monitoringa za vrednotenje vplivov podvodnega hrupa zaradi plovbe (pomorski promet, rekreativna plovba) na morske sesalce ter monitoring pojavljanja morskih sesalcev ter rekreativnega prometa v slovenskem morju. Končno poročilo. Morigenos – Slovensko društvo za morske sesalce. Piran, 30 str.

Genov, T., Železnik, J. 2021b. Izvedba ekološkega monitoringa mobilnih vrst v Krajinskem parku Strunjan. Poročilo za Krajinski park Strunjan v okviru Interreg projekta MPA Networks. Morigenos – Slovensko društvo za morske sesalce. Piran, 44 str.

Genov, T., Centrih, T., Kotnjek, P., Hace A. 2019a. Behavioural and temporal partitioning of dolphin social groups in the northern Adriatic Sea. *Marine Biology*, 166: 1-14.

Genov, T., Jepson, P. D., Barber, J. L., Hace, A., Gaspari, S., Centrih, T., Lesjak, J., Kotnjek, P. 2019b. Linking organochlorine contaminants with demographic parameters in free-ranging common bottlenose dolphins from the northern Adriatic Sea. *Science of the Total Environment*, 657: 200-212.

Genov, T., Bearzi, G., Bonizzoni, S., Tempesta, M. 2012. Long-distance movement of a lone short-beaked common dolphin *Delphinus delphis* in the central Mediterranean Sea. *Marine Biodiversity Record*, 5, E9.

Genov, T., Wiemann, A., Fortuna, M., C. 2009. Towards identification of the bottlenose dolphin population structure in the north-eastern Adriatic Sea. *Varstvo narave*, 22: 73-80.

Genov, T., Kotnjek, P., Lesjak, J., Hace, A., Fortuna, M., C. 2008. Bottlenose dolphins in Slovenian and adjacent waters, *ANNALES Series Historia Naturalis*, 18: 227-244.

Goldbogen, J., A., Cade, D., E., Calambokidis, J., Friedlaender, A., S., Potvin, J., Segre, P., S., Werth, A., J. 2017. How Baleen Whales Feed: The Biomechanics of Engulfment and Filtration. *Annual Review of Marine Science*, 9: 367-386.

Janik, V., M., King, S., L., Sayigh, L., S., Wells, R., S. 2013. Identifying signature whistles from recordings of groups of unrestrained bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Marine Mammal Science*, 29: 109-122.

Jaramillo-Legorreta, A., Cardenas-Hinojosa, G., Nieto-Garcia, E., Rojas-Bracho, L., Ver Hoef, J., Moore, J., Tregenza, N., Barlow, J., Gerrodette, T., Thomas, L. and Taylor, B. 2017. Passive acoustic monitoring of the decline of Mexico's critically endangered vaquita. *Conservation Biology*, 31: 183-191.

Jefferson, T., A., Stacey, P., J., Baird, R., W. 1991. A review of Killer Whale interactions with other marine mammals: predation to co-existence. *Mammal Review*, 21: 151-180.

Jones, B., Myrta, Z., M., Samuelson, M., Ridgway, S. 2019. Sounds produced by bottlenose dolphins (*Tursiops*): a review of the defining characteristics and acoustic criteria of the dolphin vocal repertoire. *Bioacoustics*, 29 (4): 399-440.

Johnson, A. F., Gorelli, G., Jenkins, S. R., Hiddink, J. G., Hinz, H. 2015. Effects of bottom trawling on fish foraging and feeding. *Proceedings of the Royal Society B*, 282: 20142336.

Lammers, O. M., Castellote, M., Small, J. R., Atkinson, S., Jenniges, J., Rosinski, A., Oswald, N. J., Garner, C. 2013. Passive acoustic monitoring of Cook Inlet beluga whales (*Delphinapterus leucas*). *Acoustical Society of America*, 132: 2497-2504.

Lipej, L., Bonaca, O. M., Šiško, M., Mavrič, B. 2018. Kartografski prikaz in opis bentoških habitatnih tipov v slovenskem morju vključno s kartografskim prikazom in opredelitvijo najverjetnejših območij vpliva na habitatne tipe. Nacionalni inštitut za biologijo, morska biološka postaja. Poročilo. Piran, 42 str.

Naimi, B., Hamm, N. A. S., Groen, T. A., Skidmore, A. K., Toxopeus, A. G. 2014. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling? *Ecography*. 37: 191-203.

Nuuttila, H., Bertelli, C. M., Mendzil, A., Nessa, D. 2018. Seasonal and diel patterns in cetacean use and foraging at a potential marine renewable energy site. *Marine Pollution Bulletin*, 129: 633-644.

Nuuttila, H., Thomas, L., Hiddik, G. J., Meier, R., Turner, R. J., Bennell, D. J., Tergenza, N., Evans, G. H. P. 2013. Acoustic detection probability of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, with static acoustic dataloggers in Cardigan Bay, Wales, *Acoustical Society of America*, 134: 2596-2609.

Pitman, R. L., Durban W. J. 2010. Killer whale predation on penguins in Antarctica. *Polar Biology*, 33: 1589-1594.

Pitman, R. L., Totterdell, J. A., Fearnbach, H., Ballance, L. T., Durban, J. W., Kemps, H. 2015. Whale killers: Prevalence and ecological implications of killer whale predation on humpback whale calves off Western Australia. *Marine Mammal Science*, 31: 629-657.

R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RStudio Team. 2016. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA, ver. 1.3.1093

Risch, D., Castellote, M., Clark, C. W. 2014. Seasonal migrations of North Atlantic minke whales: novel insights from large-scale passive acoustic monitoring networks. *Movement Ecology*, 2 (24): 1-17.

Simmonds, M., Dolman, S., Weilgart, L. 2004. Oceans of noise. *WDCS Science report*, 199 str.

Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene, C. R., Kastak, D., Ketten, D. R., Miller, J. H., Nachtigall, P. E., Richardson, W. J., Thomas, J. A., Tyack, P. L. 2007. Marine mammal noise exposure criteria - Initial scientific recommendations. *Aquatic Mammals*, 33: 411-521.

van Rij, J., Wieling, M., Baayen, R., van Rijn, H. 2015. itsadug: Interpreting Time Series and Autocorrelated Data Using GAMMs, *R package*, version 1.0.1.

Verfuß, U., Honnef, C., Meding, A., Dähne, M., Mundry, R., Benke, H. 2007. Geographical and seasonal variation of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) presence in the German Baltic Sea revealed by passive acoustic monitoring. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87: 165-176.

Visser, N. I., Berghan, J., van Meurs, R., Fertl, D. 2000. Killer whale (*Orcinus orca*) predation on shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*) in New Zealand waters. *Aquatic Mammals*, 26: 229-231.

Weilgart, L. 2007. A brief review of known effects of noise on marine mammals. *International Journal of Comparative Psychology*, 20: 159-168.

Williams, R., Cholewiak, D., Clark, C. W., Erbe, C., George, C., Lacy, R., Leaper, R., Moore, S., New, L., Parsons, C., Rosenbaum, H., Rowles, T., Simmonds, M., Stimmelmayer, R., Suydam, R. S., Wright, A. 2020. Chronic ocean noise and cetacean population models. *Journal of Cetacean Research and Management*, 21: 85-94.

Železnik, J.: Preučevanje rabe habitata velikih pliskavk (*Tursiops truncatus*) v Tržaškem zalivu s pasivnim akustičnim monitoringom, FVO, Velenje 2022

Wood, S. N., Goude, Y., Shaw, S. 2015. Generalized additive models for large data sets. *Royal Statistical Society*, 64: 139-155.

Železnik, J., Pajnhart, J. K., Nuuttila, H. K., James, A., Genov, T. 2019. Acoustic presence of bottlenose dolphins (*T. truncatus*) around a fish farm in the Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea. *World Marine Mammal Conference*, Barcelona, 9.–12. december.