

Snimanje jezera side-scan multi beam sonarom

- izvještaj -

Referenca: Jelić, Dušan, Vucić, Matej, Blažević, Marina (2021): Snimanje jezera side-scan multi beam sonarom. Izvještaj projekta, BIOTA jdoo, Zagreb, pp 52.

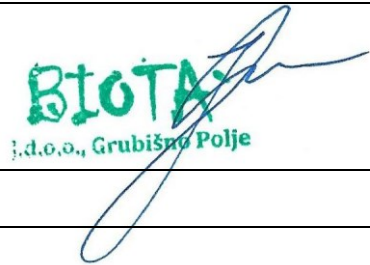
Zagreb, siječanj 2021.

Popis mapa s projektantima i suradnicima

Mapa 1:	GEODETSKO SNIMANJE
Izradili:	Vodoprivredno-projektni biro d.d.
Zajednička oznaka projekta:	VPB-TGS-19-0018
Projektant:	dr.sc. Slaven Marasović, dipl.ing.geod.
Suradnici:	Jure Šimundić, dipl.ing.geod. Hrvoje Brao, dipl.ing.geod. Tomislav Šikić, ing.geod. Damir Čižmek, geod.teh. Nina Grbić, mag.ing.aedif.
Mapa 2:	PSALMOLOŠKA KARAKTERIZACIJA (Snimanje jezera side-scan multi beam sonarom)
Izradio:	BIOTA j.d.o.o.,
Zajednička oznaka projekta:	VPB-TGS-19-0018
Oznaka mape:	2021-3-1801-3
Projektant:	dr. sc. Dušan Jelić
Suradnici:	Matej Vucić, mag. oecol. et prot. nat., Marina Blažević, mag. ex. biol.
Mapa 3:	PSALMOLOŠKA KARAKTERIZACIJA (Izveštaj o provedenim ispitivanjima uzoraka tla)
Izradio:	Geotest d.o.o.
Zajednička oznaka projekta:	VPB-TGS-19-0018
Oznaka mape:	LI-02-11-20
Projektant:	Toma Morović, ing. građ., teh. voditelj laboratorija
Suradnici:	Marijan Međed, teh., Siniša Trkulja geol.teh.

Pregledni list mape

Izrađivač:	BIOTA j.d.o.o. 43290 Grubišno Polje, Braće Radića 128 OIB: 00559208747
Naručitelj:	Hrvatske vode 10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001
Projekt:	BATIMETRIJSKA, PSALMOLOŠKA I MORFOLOŠKA KARAKTERIZACIJA PRIRODNIH JEZERA U REPUBLICI HRVATSKOJ KLASA 325-01/19-10/95 URBROJ 374-1-2-19-9 Evidencijski broj ugovora 10-49/19
Broj ugovora:	
Vrsta zahvata:	JEZERA
Lokacija:	OPĆINA BILJE, OPĆINA PLITVIČKA JEZERA, OPĆINA OMIŠALJ, OPĆINA MALINSKA-DUBAŠNICA, OPĆINA CRES, OPĆINA PAKOŠTANE, DIO TERITORIJALNOG MORA (PROKLJANSKO JEZERO), GRAD SKRADIN, GRAD DRNIŠ, GRAD PLOČE, k.o. Kopačevo, k.o. Plitvička jezera, k.o. Omišalj-Njivice, k.o. Miholjice, k.o. Podol, k.o. Vrana, Prokljansko jezero, k.o. Rupe, k.o. Bogatić Miljevački, k.o. Brištani, k.o. Dubravice, k.o. Drinovci, k.o. k.o. Konjevrate, k.o. Baćina
Razina razrade:	SNIMANJE JEZERA SIDE-SCAN MULTI BEAM SONAROM
Oznaka mape:	2021-3-1801-3
Redni broj mape:	2/3
Redni broj sveska:	1
Projektant :	dr. sc. Dušan Jelić
Suradnici na izradi mape:	Matej Vucić, mag. oecol. et prot. nat. Marina Blažević, mag. exp. biol.
Mjesto i datum:	Zagreb, siječanj 2021. g.
Broj izmjene:	0
Direktor:	dr. sc. Dušan Jelić.

Naručitelj	Vodoprivredni projektni biro d.d.
Projekt	Snimanje jezera side-scan multi beam sonarom
Vrsta dokumenta	Izvještaj
Zajednica ponuditelja	BIOTA j.d.o.o., Braće Radića 128/A, 43290 Grubišno Polje
Voditelj projekta	dr. sc. Dušan Jelić 
Odgovorna osoba	dr. sc. Dušan Jelić
Autori	dr. sc. Dušan Jelić Matej Vucić, mag. oecol. et prot. nat. Marina Blažević, mag. exp. biol.
ID dokumenta	2021-3-1801-3



*Braće Radića 128,
43290 Grubišno Polje
OIB: 00559208747*

1. Uvod

BIOTA j.d.o.o. je tvrtka specijalizirana za konzultacije u okviru bioloških znanosti, te za stručno znanstvena istraživanja biološke raznolikosti. Tvrtka je osnovana od strane znanstvenika angažiranih u Hrvatskom institutu za biološku raznolikost (HIB) u svrhu provođenja gospodarskih djelatnosti proizašlih iz znanstvenih istraživanja. Naša je vizija da budemo promotori i provoditelji znanstveno zasnovane zaštite prirode u Republici Hrvatskoj.

Za potrebe projekta koji provodi Vodoprivredni projektni biro d.d., BIOTA j.d.o.o. je provela snimanje devet jezera side-scan multi beam sonarom te uzorkovanje dna jezera metodom ronjenja (Tablica 1.). U okviru projekta provedena je izrada dubinometrskih karata kao podloga za izradu karti debljine nataloženog finog mulja. Projekt je imao i eksperimentalnu komponentu, te su testirane i metodologije izrade karte vegetacije i kartiranja bioloških elemenata.

Tablica 1. Popis jezera uključenih u projekt.

Jezero	Površina (km ²)
Vransko jezero	30.7
Prokljansko jezero	11.1
Visovačko jezero	7.7
Jezero Vrana na Cresu	5.8
Baćinska jezera	1.9
Jezero Kozjak (Plitvička jezera)	0.8
Jezero Prošće (Plitvička jezera)	0.6
Kopačevsko jezero	3.5
Jezero kod Njivica na otoku Krku	0.4

2. Ciljevi:

- Snimanje jezera side-scan multi beam sonarom
- Analiza podataka i prikaz u GIS sustavu
- Uzrokovanje dna jezera

3. Metode:

3.1. Side-scan multi beam sonar

Side-scan multi beam sonari (Slika 1. i Slika 2.) su u upotrebi već dulji niz godina, ali njihova upotreba u civilne svrhe još uvijek je značajno ograničena. Side-scan uređaji se koriste u svrhu snimanja dubinskog presjeka vodenih tijela s kutem od 180° i na dubinama do 60 m (cijeli profil riječnog korita), dok se multi beam uređaji koriste za dubinska snimanja dna s mogućnošću kuta 360° do 300 m dubine. Multi beam side-scan sonar je prilagođen i korišten u znanstveno-istraživačke svrhe na primjeru jezera snimljenog ovom tehnologijom.



Slika 1. Instalacija sonara na čamac

Izvršitelji su kalibrirali opremu za skeniranje slatkovodnih vodenih tijela (rijeka i jezera) i njihov prijenos u Geografski informacijski sustav (GIS). Tehnički je oprema za skeniranje montirana na 7-metarski aluminijski čamac s izvanbrodskim motorom. Čamcem se upravlja po unaprijed određenim linijama snimanja. Tijekom snimanja kombiniramo više tipova snimanja koji omogućuju prikaz dubine vodenog tijela, profila dna i svih struktura većih od 30-40 cm, tvrdoću

materijala koji je snimljen (interpretacija za kartu staništa), te čak i prikaz živog svijeta (pr. riba većih od 30-40 cm ili plova). Snimljeni podaci su prebačeni u GIS sustav i interpretiraju kako bi se dobili: 1) dubinometrijsku kartu vodnog tijela s preciznim konturama (razlučivost ovisi o ulaznim podacima, odnosno gustoći mreže snimanja) do 0,5 m, 2) kartu staništa baziranu na tipu dna (kamen, šljunak, mulj, vegetacija) i prisutnim strukturama (stupovi, stabla itd.), 3) kartu biološki važnih staništa (zimovnici, hranilišta, mrjestilišta), 4) 3D model vodenog tijela i izračunavanje zapunjenosti (muljem, nanosom itd.).



Slika 3. Snimanje jezera Kozjak side-scan multi beam sonarom.

3.2. Uzorkovanje dna ronjenjem

Za potrebe analize sedimenta dna svih istraživanih jezera, odrađeni su uroni na svim jezerima te ručno prikupljeni uzorci sedimenta na pojedinim lokacijama. Uroni su odrađeni uronom s čamca, a provedeni od strane licenciranog ronioca do maksimalne dubine od 25 metara (Slika 4.). Lokacije uzorkovanja su određene na terenu na temelju dobivenih sonarskih snimki dna side-scan multi beam sonarom te jednoliko raspoređene po istraživanim lokacijama kako bi se dobio što reprezentativniji uzorak i pokrili svi mogući tipovi dna.



Slika 4. Priprema ronioca za uron.

Sa svakog lokaliteta je uzeto do 0,5 L uzorka te pohranjeno u plastičnu bočicu (Slika 5.). Uzorci su nakon sedimentacije fotografirani te potom dio uzorka odvojen i konzerviran u 96% etanolu radi daljnje analize.



Slika 5. Izgled uzorka sedimenta.

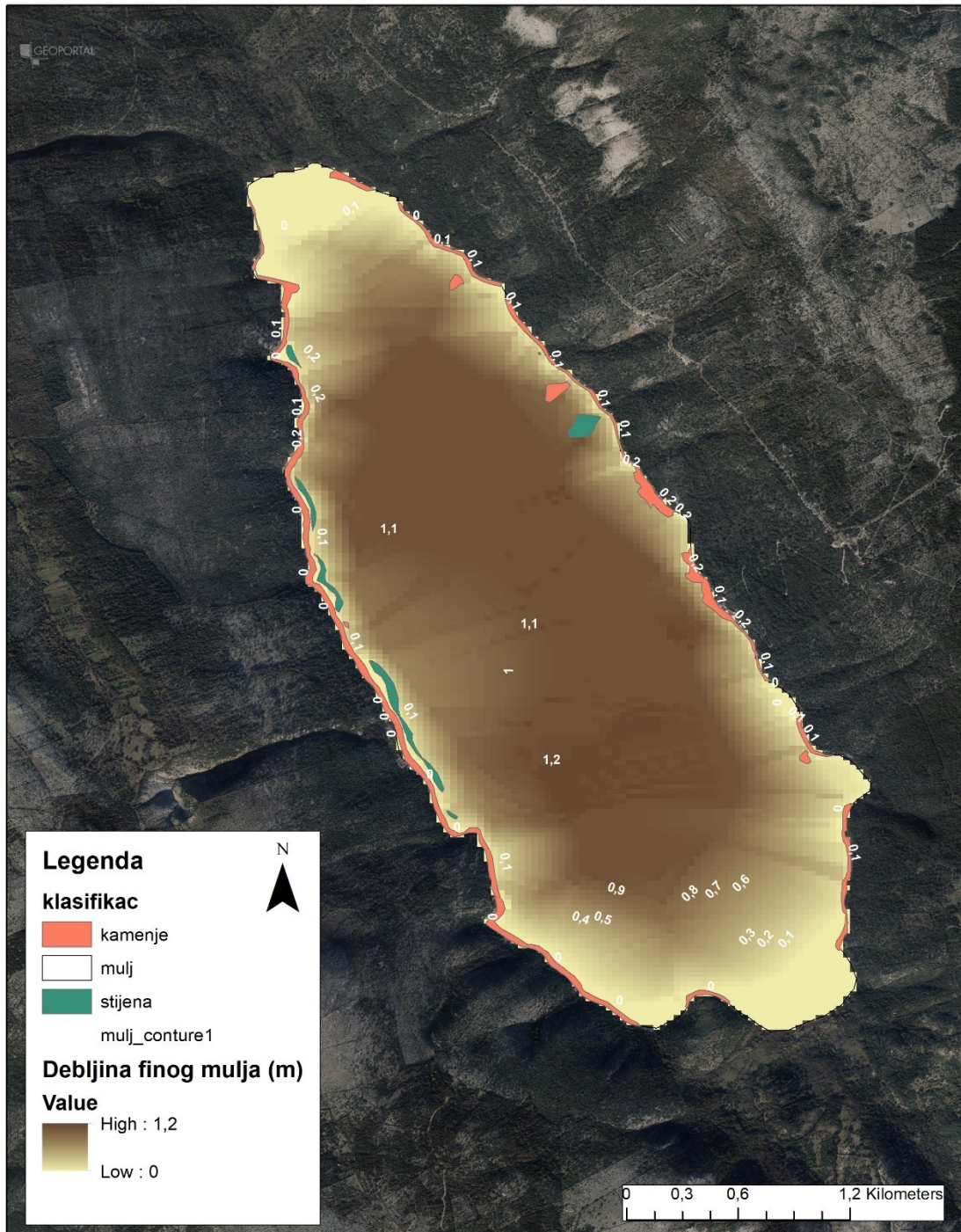
3.3. Analiza podataka

Nakon terenskog prikupljanja podataka i snimanja jezera, podatci su dalje obrađivani u programu ArcGIS. Rezultati projekta pohranjeni su kao vektorski ili rasterski podatci spremljeni unutar geobaze podataka.

3.3.1. Debljina finog mulja

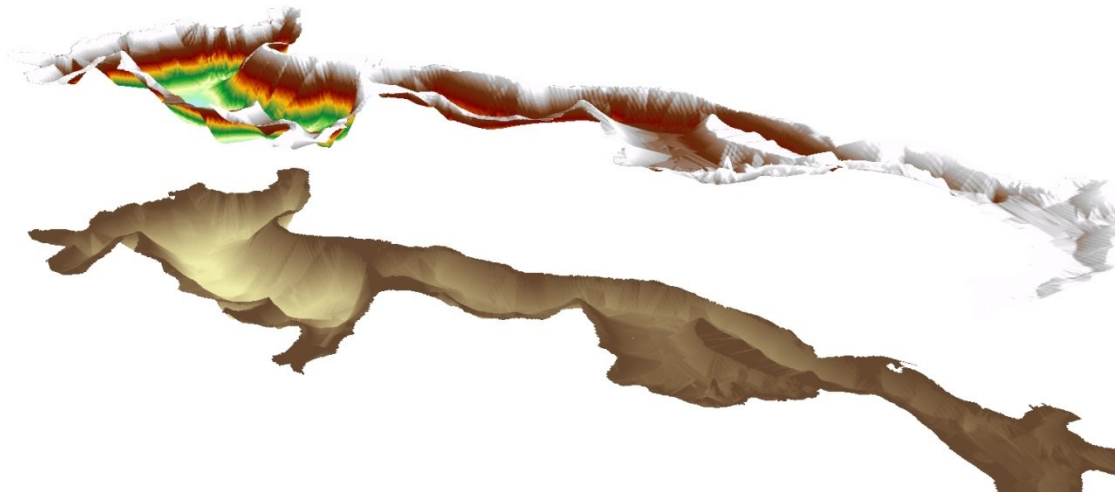
Debljina finog sloja mulja izračunata je na osnovu mjernih postaja na kojima je ronjenjem definirana dubina mulja (mehanički mjereno koliko duboko se može ostvariti prodor u fini mulj pritiskom ruke). Na temelju podataka prikupljenih tijekom urona (i do nekoliko mjerenja po uronu) na različitim dubinama izrađen je model korelacije dubine i debljine sloja finog mulja. Koeficijent korelacije između ova dva faktora korišten je za korekciju podataka u dubinometrijskim slojevima (dubina x koeficijent) i time su dobivene referentne točke dubine mulja za interpolaciju u TIN (Create TIN) a zatim i za pretvorbu u rastersku podlogu (Tin to raster) i za izradu kontura (Create contour)(Slika 6.). Na područjima gdje podacima nije specificiran tip dna (npr. stijena, kamen, pijesak) smatra se da se radi o finom mulju.

Iz kreiranih rastera dubine i debljine mulja moguće je kreirati i zanimljive 3D vizualizacije (pr. Slika 7.) koje se mogu koristiti za daljnji prikaz zainteresiranoj javnosti. Iz 3D modela mogu se stvarati i videosadržaji ili izvlačiti prikazi iz raznih perspektiva.



Slika 6. Finalni prikaz rezultata za Vransko jezero (Cres) sa preklopljenim vektorskim slojem

„tip_dna“ i rasterskog sloja koji pokazuje debljinu finog mulja

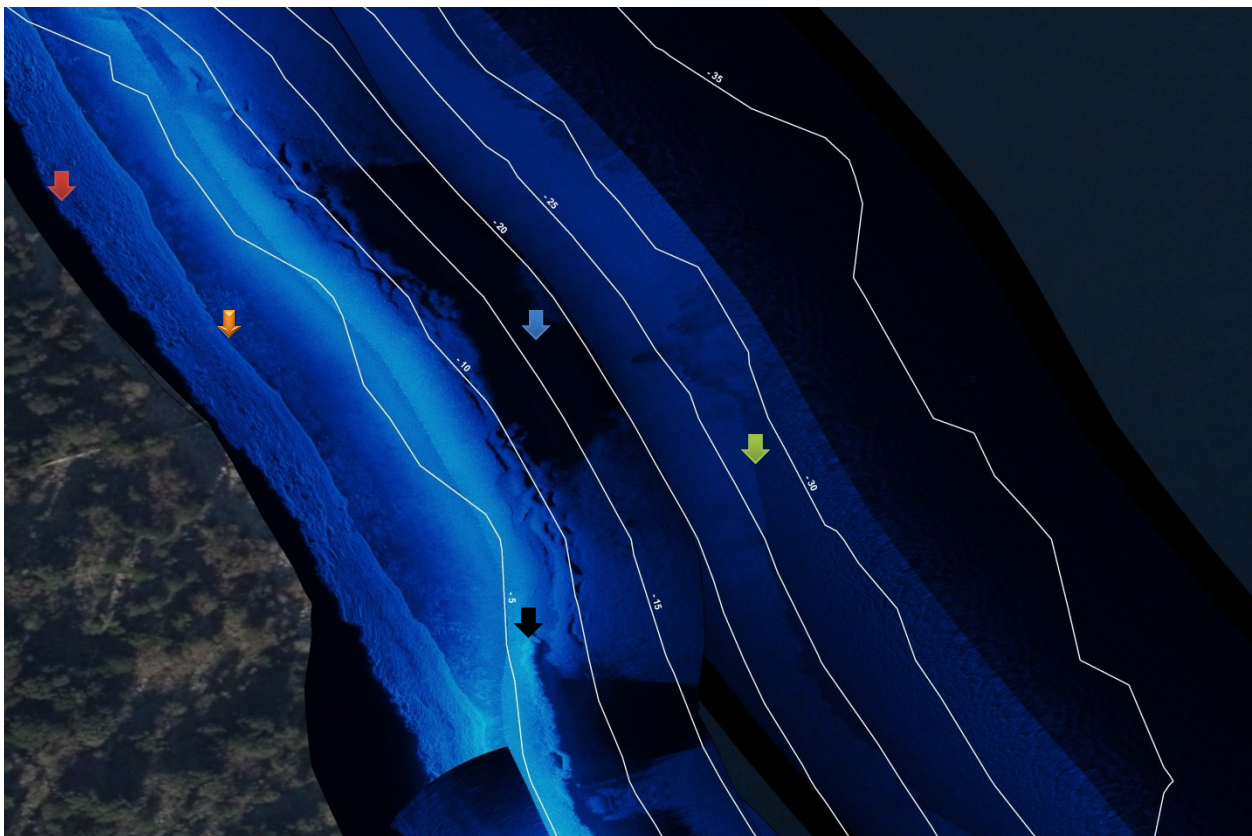


Slika 7. Prikaz dubinometrije jezera Kozjak (gornji sloj) i debljine naslaga finog mulja (donji sloj) prikazano programom. Isti prikaz može se pripremiti za sva jezera korištenjem podataka iz geobaze pojedinog jezera.

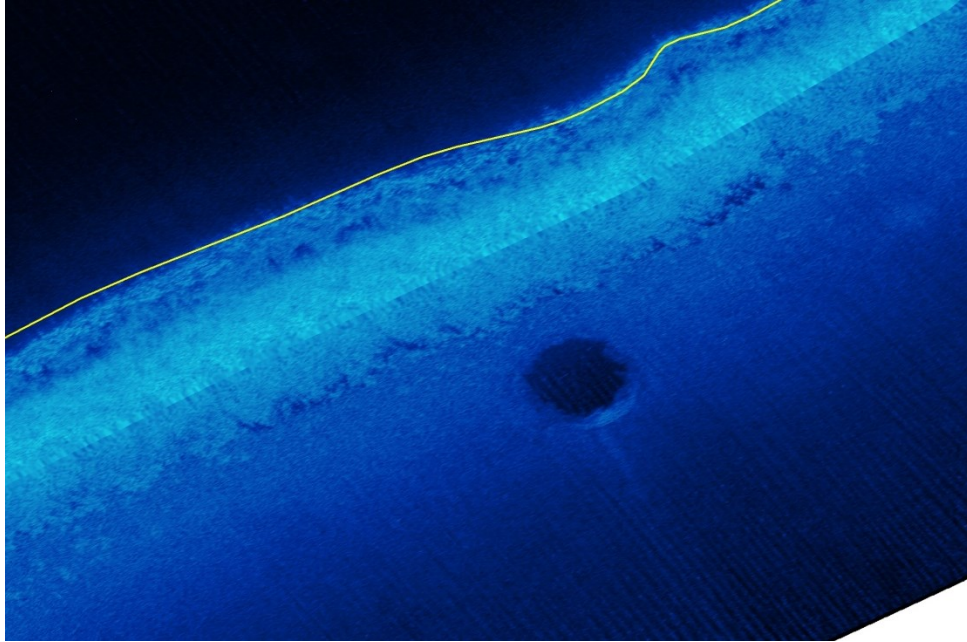
3.3.2. Klasificiranje tipa dna

Tip dna (Slika 6.) izrađen je aktivnim pregledom sonarskih snimki (Slika 8.) s kojih su bilježeni svi važni objekti, promjene u terenu ili vidljive strukture. Uglavnom se klasifikacija svodila na definiranje dijelova dna koji nisu pokriveni finim muljem. Na jezerima kao što je Visovačko jezero, velik udio obala činile su vertikalne stijene (kanjonski dijelovi) koje su se na pojedinim mjestima spuštale do -25 m. Kao zanimljive pojave na mnogim jezerima pojavljivale su se vrlo duboke depresije (ponikve) za koje nije moguće sa sigurnošću reći radi li se o ulazima u špiljske

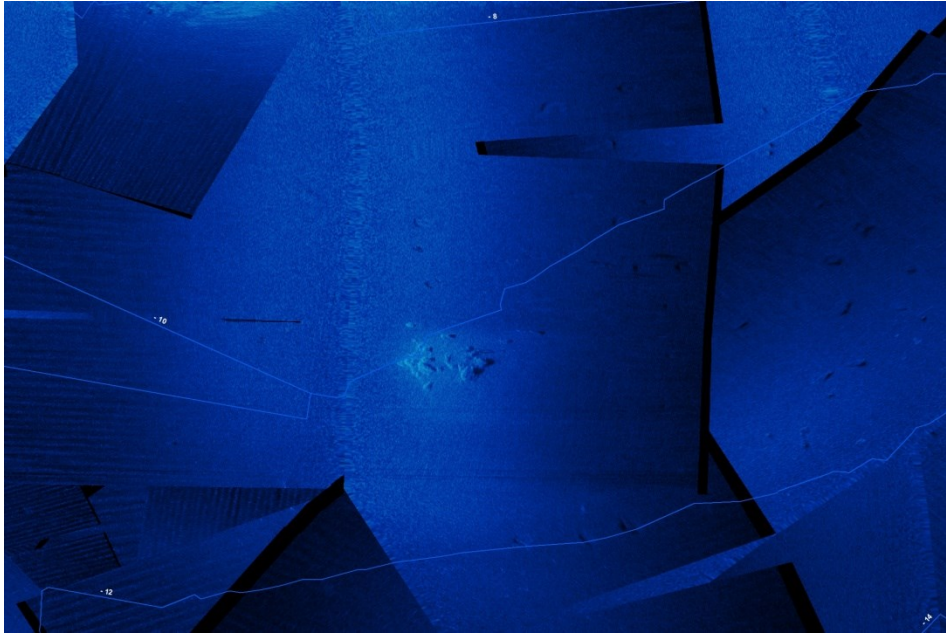
objekte ili depresijama koje su ispunjene vrlo finim muljem (u oba slučaja nema povratnih zraka sonara i područje je na prikazu u potpunosti crno). Na Visovačkom jezeru takve dvije vrlo duboke depresije nalaze se u kanjonskom dijelu jezera (nizvodno od Roškog slapa) i s obzirom na dubinu, moglo bi se raditi o potopljenim izvorima/estavelama čiji se oblik održava sezonskim radom vode, a koji ujedno ne dopušta niti da se zatrpaju finim muljem (Slika 9.).



Slika 8. Interpretacija sonarske snimke Vranskog jezera na Cresu. S lijeva na desno strelice pokazuju: crvena – obalna linija čisti kamen (0 m); narančasta – donja granica obalne padine sastavljena od kamenih oblica, vidljiva zapuna mulja ~30%; crna – potopljeni hrbat – osedrena stijena; plava – druga stepenica obalne padine s vrlo velikim nagibom, tamna površina ukazuje na depresiju iz koje nema povratnih zraka sonara (veća dubina); zelena – treća stepenica obalne padine na -30 m



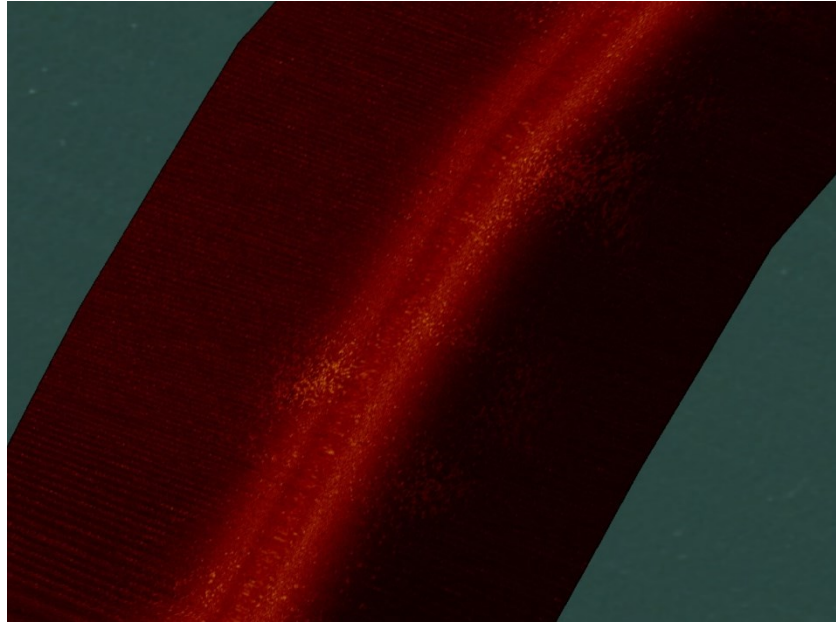
Slika 9. Depresije/ponikve u jezerima. Moguće da se radi o potopljenim izvorima u kojima strujanje vode sprječava deponiranje finog mulja.



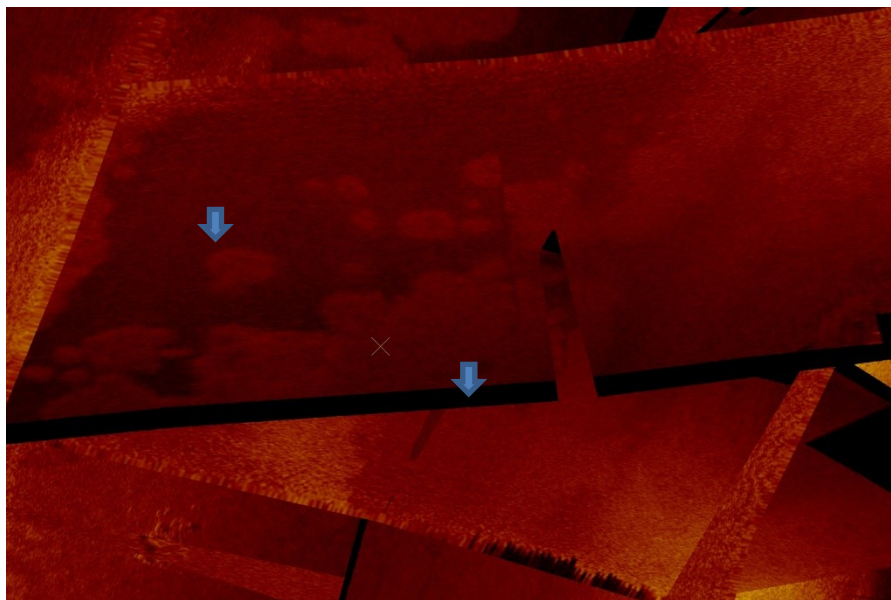
Slika 10. Na snimkama se vrlo dobro vidi razlika između finog mulja i kamenih stijena i razasutog sitnog kamenja na dnu Baćinskih jezera. Desno, vidi se i niz plitkih ponikvi promjera 0,5-3 m.

3.3.3. Vegetacija

U sklopu ovog projekta definiranje tipova vegetacije nije bio cilj interpretacije, no vodena vegetacija pokriva velik dio tipova dna na predmetnim jezerima. Vodena vegetacija uglavnom obrasta muljevite tipove dna (Slike 11., 12.) i donekle i otežava identifikaciju točnog tipa dna (dno uglavnom nije vidljivo). No sonarske snimke mogu se koristiti za vrlo preciznu identifikaciju tipova vegetacije i izračun godišnje apsorpcije organske tvari i/ili brzine stvaranja sedimenta. Tipovi staništa se verificiraju kroz vegetacijske snimke koje se prikupe ronjenjem. Tijekom ovih istraživanja uočena je snažna korelacija tipa vegetacije s dubinom i tipom dna. Na čvršćim podlogama vegetacije dolaze do svega 10-15 m dubine, dok na muljevitim podlogama viša vodena vegetacija se zadržava od 0 – 10 m, dok niža vegetacija dolazi čak i do 28 m dubine (ovisi o prozirnosti jezera).

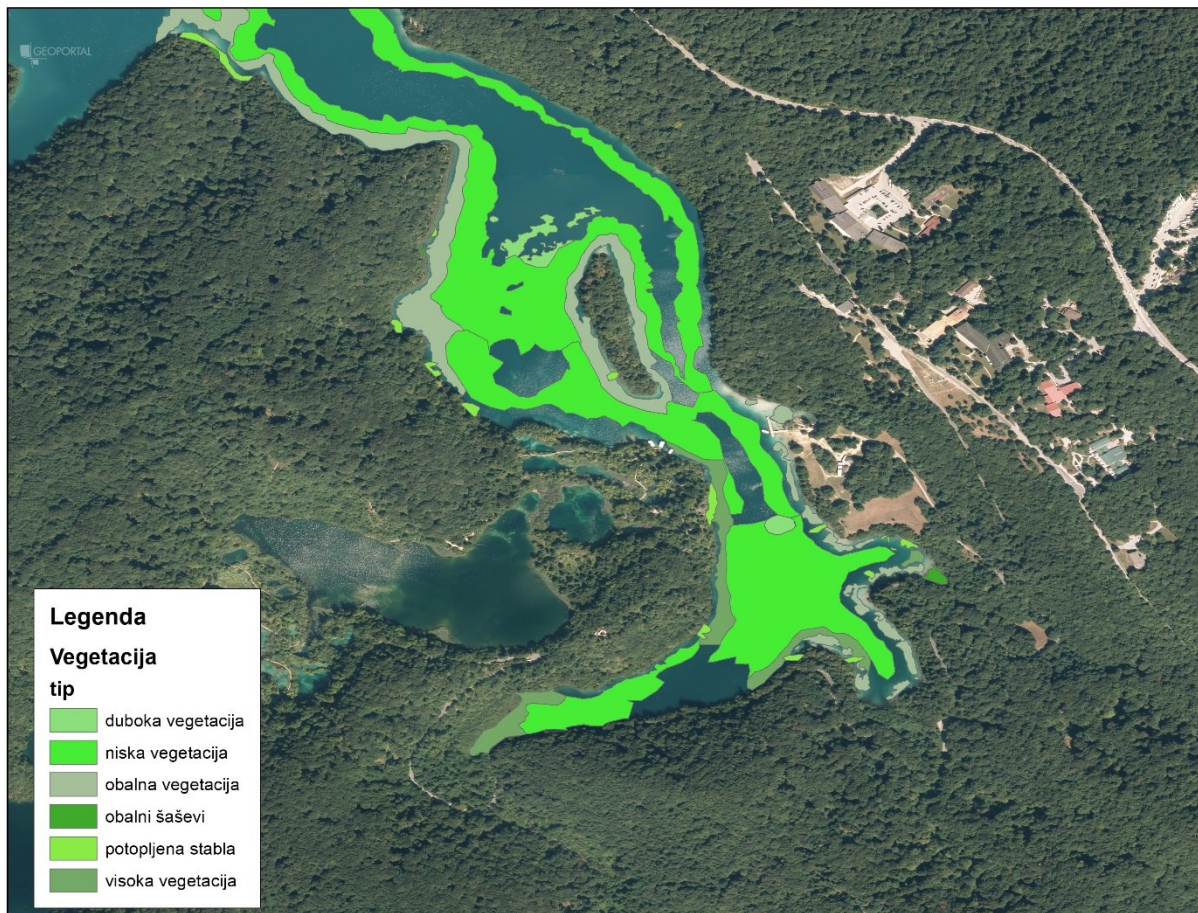


Slika 11. Prikaz finog mulja na sjeverozapadnom dijelu Vranskog jezera sa razbacanim skupinama vodenih algi *Chara sp.* (por. Characeae)



Slika 12. Vodena vegetacija (alge *Chara sp.*) na -18 m i jasan prelaz u fini mulj (tamniji na prikazu zbog manje refleksije sonarskih zraka).

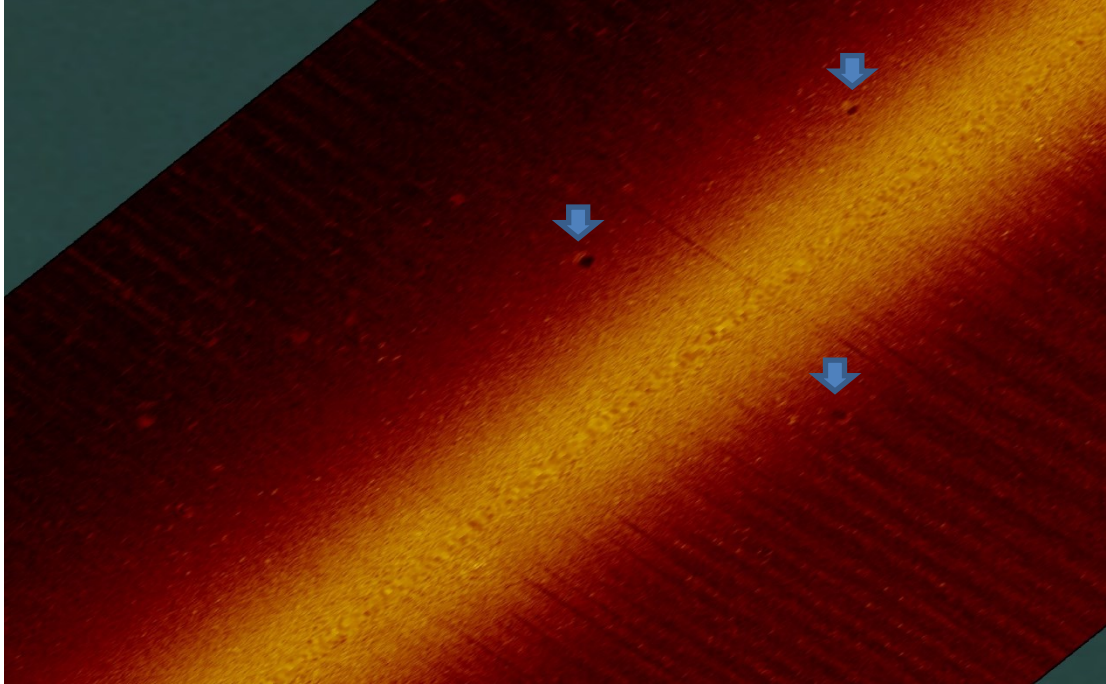
U cilju prikaza mogućnosti za nadogradnju metodologije, izvršitelj je probno izradio i kartu vegetacije za jezero Kozjak do nivoa tipa vodene vegetacije (Slika 13.). Iz detaljnijih snimki i intenzivnije verifikacije ronjenjem (uz snimanje video transekta staništa od obale prema dubini) bilo bi moguće izraditi i znatno precizniju kartu stanišnih tipova i definirati dominantne vrste vodenih biljaka i algi. Izračunom ukupne biomase vodene vegetacije moguće je modelirati i eutrofikaciju jezera, odnosno taloženje sedimenata.



Slika 13. Prijedlog izrade preciznih karti vegetacije i stanišnih tipova vodenih tijela

3.3.4. Fauna

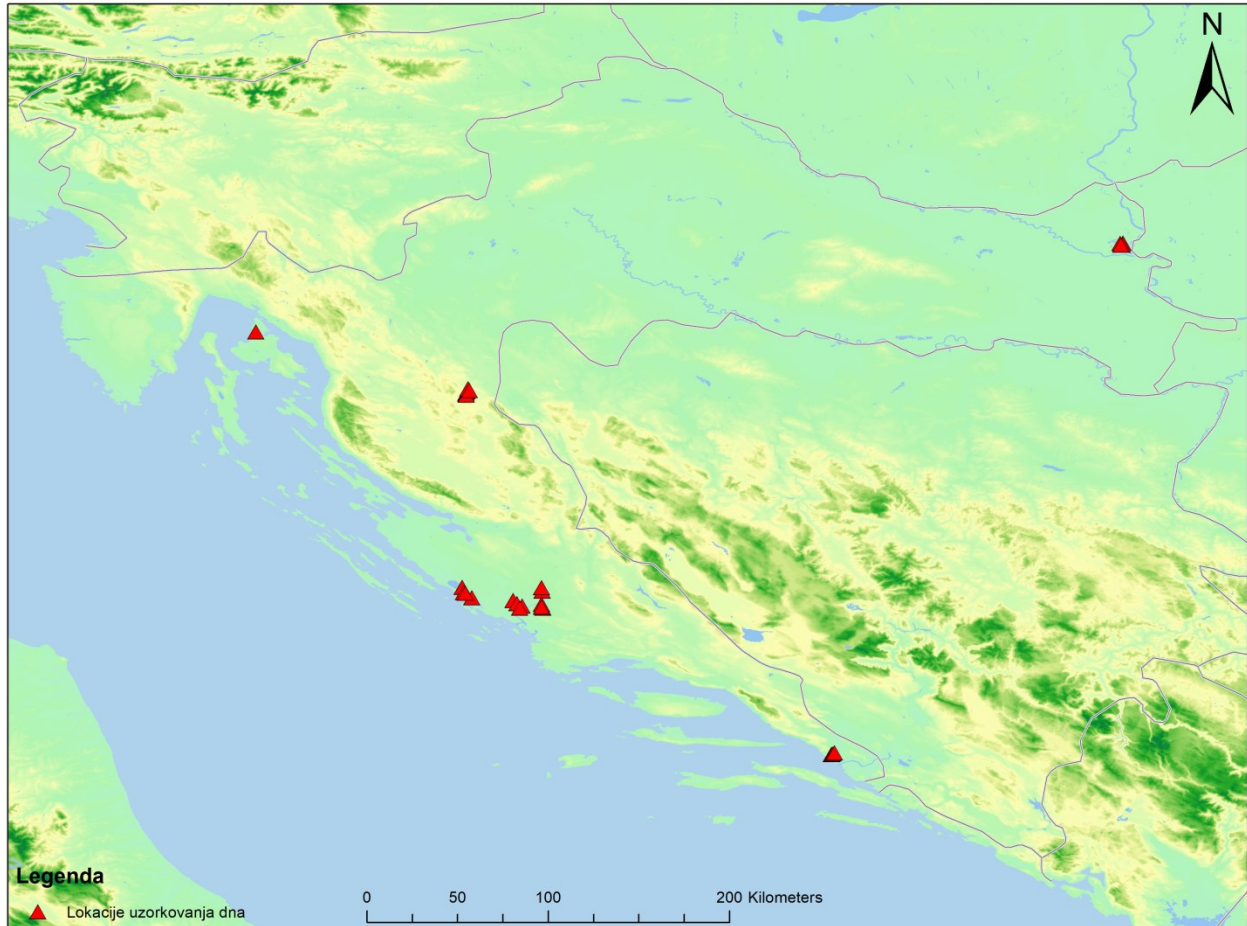
Pregled faune nije bio predmet ovog istraživanja, no ista metodologija može se uspješno koristiti i u definiranju prisutne faune, a time i pratiti brzinu eutrofikacije jezera, odnosno brzinu stvaranja sedimenta. Na primjer, na iznimno oligotrofnim krškim jezerima kao što su Vransko jezero na Cresu, Kozjak i Prošće, prirodno je prisutno svega nekoliko vrsta riba i to u iznimno niskoj ukupnoj biomasi. No tijekom posljednjih godina zabilježen je intenzivan porast broja unesenih stranih vrsta koje povećavaju ukupnu biomasu i do nekoliko tisuća puta. Time dolazi i do ugrožavanja ovih osjetljivih ekosustava i pojačanog deponiranja sedimenta, te finalno eutrofikacije. Primjerice, ovim je istraživanjem na Vranskom jezeru na Cresu zabilježen iznimno velik broj kapitalnih primjeraka šarana i štuke (5-6 kg) tijekom samo 40 min ronjenja. Na Vranskom jezeru kod Biograda na sonarskim snimkama zabilježili smo oko 200 tinjak rupa (ležišta) od dunavskog soma (Slika 14.) koji postaje sve veći problem ovog jezera. Poznavanje točne lokacije somovskih rupa daju nadu da bi ga se moglo uspješno i uklanjati.



Slika 14. Na Vranskom jezeru (Biograd) snimljene su brojne manje depresije (0,5 - 2 m) u finom mulju koje su najvjerojatnije odmorišta unesenog dunavskog soma (*Silurus glanis*) koji se intenzivno namnožio u jezeru.

4. Rezultati

Sonarsko snimanje je odrađeno na ukupno 9 jezera u Republici Hrvatskoj, a provedeno je u periodu od kolovoza 2020. godine do veljače 2021. godine. Uzorkovanje dna je provedeno na ukupno 31 lokaciji, a broj uzorkovanja po jezerima je ovisio o veličini i raznolikosti pojedinih jezera (Slika 15.).



Slika 15. Prikaz istraživanih lokacija i lokacija uzorkovanja dna.

Prilikom ronjenja i uzorkovanja sedimenta dna jezera, odrađen je i vizualni pregled svake pojedine lokacije te je za svaku lokaciju odrađen i opis staništa. Svi podaci se mogu naći u Tablici 2.

Y	X	Naziv lokacije	Opis	Broj uzorka	Datum	Vrijeme	Bilješke
43.90464789	15.58023065	Vransko jezero	Uzorak dna	Mulj 1	2020-08-19	10:50	Osjeti se intenzivan neugodan miris organskog raspadanja. Dno je prekriveno s 70cm debljine tamnog mulja.
43.85271735	15.62850572	Vransko jezero	Uzorak dna	Mulj 2	2020-08-19	16:13	Intenzivan miris organskog opterećenja. Dno prekriveno s 80cm debljine mulja.
43.87941159	15.58799297	Vransko jezero	Uzorak dna	Mulj 3	2020-08-20	11:16	Na dnu 20 cm dubina mulja. Vidljivo i krupno kamenje te mulj ima krupnijih čestica. Osjeti se struktura podloge.
43.8761637	15.5967257	Vransko jezero	Uzorak dna	Mulj 4	2020-08-20	11:26	Dno prekriveno sivkastim, finim muljem u kojem se nalaze ostaci makrofita.
43.8855404	15.9785295	Visovac	Uzorak dna	Uzorak dna 1	2020-08-21	12:21	Uzorak uzet na daljini 10-15 m od čamca. Uzorak uzet na dubini od 16.5 metara. Na dnu se nalazi mulj debljine 30 - 40 cm u kojem se nalaze školjke.
43.8855141	15.9784738	Visovac	Uzorak dna	Uzorak dna 2	2020-08-21	12:29	Ispod stijene, na dubini od 10m počinje mulj. U njemu se nalaze ljušturice puževa i

								školjkaša. Dubina mulja iznosi 20 - 30 cm. Uzorak uzet na 16,5 metara dubine.
43.90367897	15.97492877	Visovac, Roški slap	Uzorak dna	Uzorak dna 3	2020-08- 21	13:11		Direktno ispod Roškog slapa nalazi se padina koja ide prema dubljaku. Na dnu se nalazi sedreni pijesak i krhotine kamenčića. Mulja nema. Dubina je 7-10m. Uzorak s 10 metara dubine.
43.80213029	15.98114748	Visovac	Uzorak dna	Uzorak dna 4	2020-08- 23	13:28		Gornji sloj crnog mulja debel 2-3 cm. Ispod njega je 40-ak cm glinenog žutog mulja. Na površini crnog mulja mrtve ribe (Knipowitschia croatica). Povremeno trava koja je duboko zakopana u mulj. Uzorak s 25m dubine.
43.81950897	15.97364366	Visovac	Uzorak dna	Uzorak dna 5	2020-08- 23	14:01		Prva 2 m dubine trska, onda padina s makrofitskom vegetacijom - izgleda kao koraljni greben (bogatstvo struktura i visoka prozirnost vode). Makro vegetacija do 10m dubine, ispod je već značajno mutna voda s muljem i mrežastom algom. Fini mulj je 30-

							40cm, nakon toga se osjete ljušture. Puno školjaka. Velike plove vrsta <i>Salaria fluviatilis</i> i <i>Knipowitschia croatica</i> .
43.80611848	15.97410969	Visovac	Uzorak dna	Uzorak dna 6	2020-08-23	14:43	Vegetacija makrofita do 12 m dubine, onda počinje mulj. Također, u vodi se nalazi i stijena koja je od 3-4 m dubine prekrivena vegetacijom. Uzet uzorak sva 4 tipa staništa. Na 15m počinje mulj s nitastom algom.
43.83872659	15.83423216	Prokljansko jezero, Guduča	Uzorak dna	Uzorak dna 1	2020-08-27	12:11	Nanos rijeke Guduče. Dno je pijesak sastavljen od ljušturica, puževi i školjaka te je pomiješano s organskim nanosom. Dubina mulja 20-25 cm. Postoji i malo biljnog pokrova, a voda je bočata. 1.3 m dubine
43.82368056	15.85238166	Prokljansko jezero	Uzorak dna	Uzorak dna 2	2020-08-28	10:43	Uzorak uzet s 9m dubine. Dno prekriveno fini muljem debljine cca. 5 cm ispod kojeg je tvrdi glinasti mulj. Povremeno alge koje prekrivaju 5-10% dna.
43.81174751	15.87759074	Prokljansko jezero	Uzorak dna	Uzorak dna 3	2020-08-28	10:55	Dubina uzetog uzorka je 12m. Dno je fotografirano - na njemu se nalazi obraštaj,

								mulj debljine 20 cm, ispod kojeg se nalazi tvrdi glineni mulj. Na dnu temperatura 21°C.
43.80130658	15.86593755	Prokljansko jezero	Uzorak dna	Uzorak dna 4	2020-08-28	11:26		Mutna voda od 5m do dna, a vidljivost je iznimno slaba. Dno je fini mulj debljine 40cm, nema vegetacije izuzev one u uzorku. Uzorak uzet na 20,5 metara dubine.
43.07625092	17.41185922	Baćinska jezera	Uzorak dna	Uzorak dna 1	2020-09-12	12:12		Na dnu je sve mrtvo, te prekriveno finim muljem 50 - 60cm dubine. Tremoklina na 10/11 m, temperatura dna 11°C. Dubina uzorkovanja je 20,1m.
43.07633957	17.4130461	Baćinska jezera	Uzorak dna	Uzorak dna 2	2020-09-12	12:45		Do dubine od 8m raste vegetacija te je uzet uzorak biljaka. Bodljasta zelena alga prekriva površinu dna u plićem dijelu vode i na 3 m dubine počinju makrofiti i šaš. Mulj debljine od oko 30-40 cm, mjestimično čistina s kamenjem/stijenama. Mulj relativno zdravog izgleda.
43.07865408	17.42053684	Baćinska jezera	Uzorak dna	Uzorak dna 3	2020-09-12	13:20		Stjenovito dno između kojeg je nataložen mulj, male debljine od 3-4 cm. Ispod mulja se

								nalaze ljušturice i šljunak. Po stijenama se nalazi obraštaj od zelene spužve. Priljepci se nalaze na stijenama na dubini od 10-11m. Od vrsta su viđene <i>Salaria fluviatilis</i> , <i>Knipowitschia panizzae</i> , <i>Rutilus basak</i> , <i>Alburnus albidus</i> , <i>Alosa fallax</i> te velik broj puževa i školjkaša.
43.08382719	17.4267951	Baćinska jezera	Uzorak dna	Uzorak dna 4	2020-09-12	14:07	Uzorak uzet na dubini od 12m, a na dnu se nalazi fini mulj debljine 60 cm. Viđene jedinke vrste <i>Knipowitschia panizzae</i> .	
44.869912	15.598526	Proščansko jezero	Uzorak dna	Uzorak dna 3	2020-09-13	16:03	Na dnu sitni, žućkasti pijesak i trulo lišće od okolnog drveća. Voda bistra. Uzorak dna uzet na 1 m dubine. Okolno područje okruženo šašom te se u blizini nalazi i slap.	
44.86522827	15.60012091	Proščansko jezero	Uzorak dna	Uzorak dna 1	2020-09-13	16:43	Dubina uzorkovanja oko 20 metara. Na dnu je sitni, sivkasti mulj, na kojem se nalaze ljuštore pužića. Temperatura vode na dnu 7°C.	
44.8612786	15.5994715	Proščansko jezero	Uzorak dna	Uzorak 2,ronjenje	2020-09-13	16:48	Alga do 9 m dubine. Dalje je fini mulj, a na dnu se nalaze samo pužići. Kamen i sedra se	

								nalaze ispod mulja. Dubina mulja 80 cm. Dubina uzorka 15 m
44.85739773	15.60211681	Proščansko jezero	Uzorak dna	Uzorak 4,ronjenje	2020-09- 13	17:14		Alge do 8 metara, nakon toga fini mulj, preko kojeg raste crni obraštaj do 10ak m. Od životinja samo pužići i njihova jajašca. Spužve na 13m u mulju odakle je i uzorak. Uzorak dna s 13m
44.88113441	15.61317455	Kozjak	Uzorak dna	Uzorak 1,ronjenje	2020-09- 14	14:01		Do 2, 3 m dubine je mulj i lišće i onda na 4 metra počinje alga. Ima u uzorku. Fini, bijeli mulj, alga do 10m,bez života. Prema slapištu je sedreni pijesak. Na dnu Cobitis, Phoxinus. Ispod slapa špilja.
44.8882938	15.6100458	Kozjak	Uzorak dna	Uzorak 2,ronjenje	2020-09- 14	14:33		Dubina 25m. Iz rupe dimenzije 5x5m koja se dobro vidi na snimci. Dno je mulj. Cijela padina od obale naseljena vijunima. Alga raste do 22m. Na dnu se nalaze rupe/pukotine s ravno odsječnim dnom.
44.8882938	15.6100458	Kozjak	Uzorak dna	Uzorak 3,ronjenje	2020-09- 15	14:34		Dubina 6m,a na dnu se nalazi kombinacija trave i mulja. Na dnu se također nalazi dosta

								ljušturica sitnih puževa. Od površine do cca. 2 metra dubine se nalaze makrofiti.
44.87881096	15.61756834	Kozjak	Uzorak dna	Uzorak 4,ronjenje	2020-09-14	15:20		Makrofiti se nalaze od površine do dubine od 7, 8 metara. Dva različita tipa makrofita (moguće je da su isti tip), na različitim dubinama. Na dnu (15-16m) mulj, debljina oko 20-ak centimetara, ispod kojeg se nalazi sedra i sitno kamenje. Nađena plastična čaša na kojoj je počeo proces osedavanja. Viđeni i vijuni na dnu.
45.6109665	18.85716587	Kopačevsko jezero	Uzorak dna	Uzorak 1	44106	0.436806		Uzorak uzet na 1 m dubine. Temperatura vode 17,9°C. Lokacija uzorkovanja okružena gustom vegetacijom - makrofiti i potopljena močvarna vegetacija. Dno je močvarni, kompaktni mulj. Voda mutna - ne vidi se ni 10 cm ispod površine. Nema školjaka, zamijećena velika brojnost ribe u vegetaciji.
45.6092524	18.8441887	Kopačevsko jezero	Uzorak dna	Uzorak 2	10/2/2020	12:58		Dubina uzorkovanja iznosi 0,8 m, a temp vode 17,9°C. Dno je kompaktni blatni mulj s

							obilnom okolnom močvarnom vegetacijom. Svud okolo je plićina. Uzet uzorak lokvanja/lopoča i makrofita. Voda bez ikakvog mirisa.
45.60053742	18.85529604	Kopačevsko jezero	Uzorak dna	Uzorak 3	10/2/2020	14:24	Dubina na kojoj je uzet uzorak dna iznosi 0.9 metara. Na dnu se nalazi crni organski mulj debljine cca 5 cm, a ispod kompaktno blato. Uokolo se nalazi velika brojnost makrofita, potopljenog drveća i ostataka vegetacije. Među vegetacijom se nalazi velika brojnost riba.
45.6001513	18.84769566	Kopačevsko jezero	Uzorak dna	Uzorak 4	10/2/2020	14:46	Lokacija uzorkovanja se nalazi na ušću kanala u Kopačko jezero. Dubina vode na lokaciji je 0.5 m dubine. Na dnu se nalazi meki nanos sitnog pijeska, sibe boje, prošaran vegetacijom. Temperatura vode iznosi 17.9°C, dok je debljina nanosa mulja/pijeska na lokaciji oko 15cm. Okolo se nalazi velika količina potopljene vegetacije.

45.170389	14.558172	Jezero, Krk	Uzorak dna	Uzorak 1	10/22/2020	13:26	Povišen vodostaj u jezeru. Uzorkovanje dna provedeno na 1.2 metra dubine. Dno jezera je tvrdo, na površini se nalazi šljunak u kombinaciji s pijeskom, ispod kojeg je tvrdo i kompaktno dno. Dubina uzorkovanog sedimenta je cca 3 centimetra. Na lokaciji uzorkovanja nema obraštaja ni vegetacije, ali u radiusu oko 2 metra se nalazi potopljena i vodena vegetacija (šas i trska).
44.861503	14.374431	Vransko jezero, Cres	Uzorak dna	Uzorak 1	16/02/2021	10:30	Povišen vodostaj u jezeru. Uzorkovanje dna provedeno na 1.2 metra dubine. Dno jezera je tvrdo, na površini se nalazi šljunak u kombinaciji s pijeskom, ispod kojeg je tvrdo i kompaktno dno. Dubina uzorkovanog sedimenta je cca 3 centimetra. Na lokaciji uzorkovanja nema obraštaja ni vegetacije, ali u radiusu oko 2 metra se nalazi potopljena i vodena vegetacija (šas i trska).

44.839601	14.384818	Vransko jezero, Cres	Uzorak dna	Uzorak 2	16/02/2021	11:31	<p>Vodostaj jezera 12.5 metara. Do dubine od 6 metara nalazi se nagla padina od golog kamenja. Nakon toga je dno prekriveno kombinacijom mulja i trave te jednom stepenicom od kamenja na dubini od 8 do 12 metara. Potom slijedi ponovno kombinacija trave i mulja do 18 metara, a nakon 18 metara dalje dno prekriva samo mulj. Dubina mulja oko 60 cm. Zabilježene su dvije alohtone vrste - štuka i šaran.</p> <p>Na lokaciji se nalazi kamenje do dubine od 5 metara. Nakon toga počinje padina koja lagano pada do 15 metara dubine. Kompletna lokacija je obrasla travom. Debljina mulja iznosi od 80 cm do 1m.</p>
------------------	------------------	-------------------------	------------	----------	------------	-------	--

4.1. Vransko jezero (Biograd)

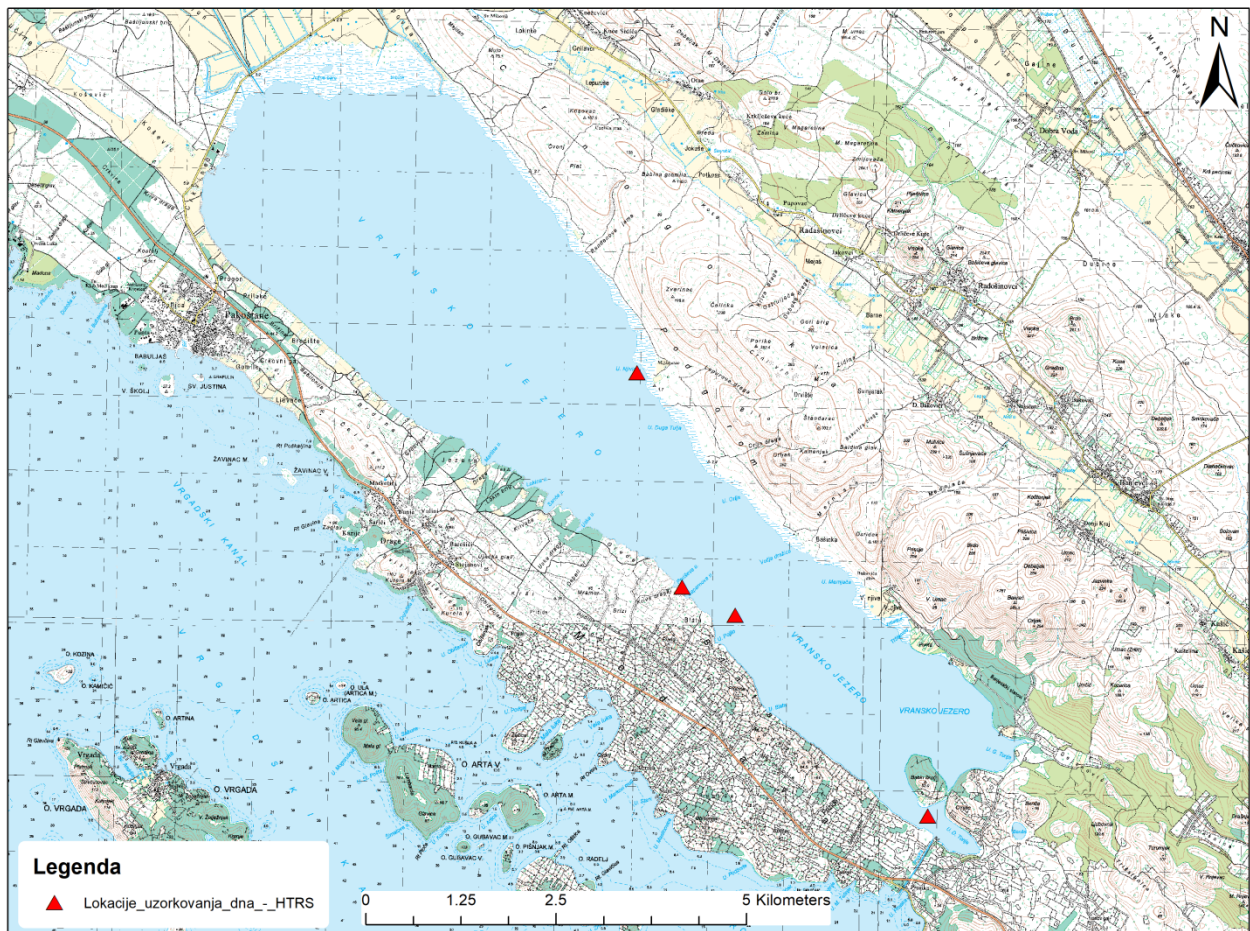
Snimanje Vranskog jezera (Slika 16.) i uzorkovanje sedimenta dna, odrađeno je u periodu od 17. kolovoza do 20. kolovoza 2020. godine. Radi se o površinom najvećem jezeru unutar ovog projekta i samim time je na istom provedeno najviše vremena.



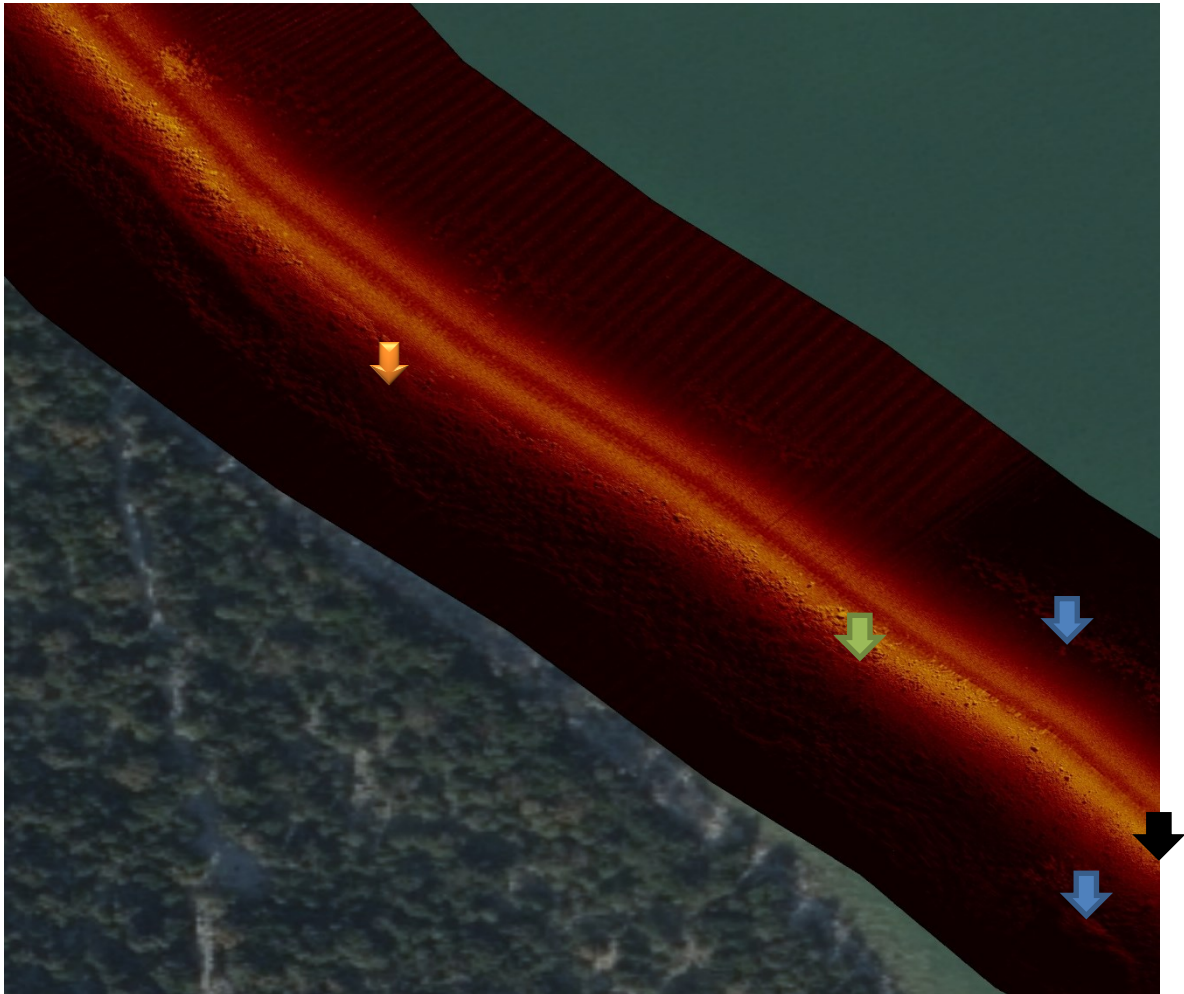
Slika 16. Izgled zapadne obale Vranskog jezera.

Period u kojem je provedeno istraživanje Vranskog jezera karakterizirali su vrlo povoljni meteorološki i hidrološki uvjeti, sunčano vrijeme te prosječan vodostaj jezera. Uzorkovanje sedimenta dna jezera je provedeno na četiri lokacije te su iste raspoređene kako bi bili zastupljeni različiti tipovi dna/staništa (Slika 17.). Radi se o površinski najvećem jezeru

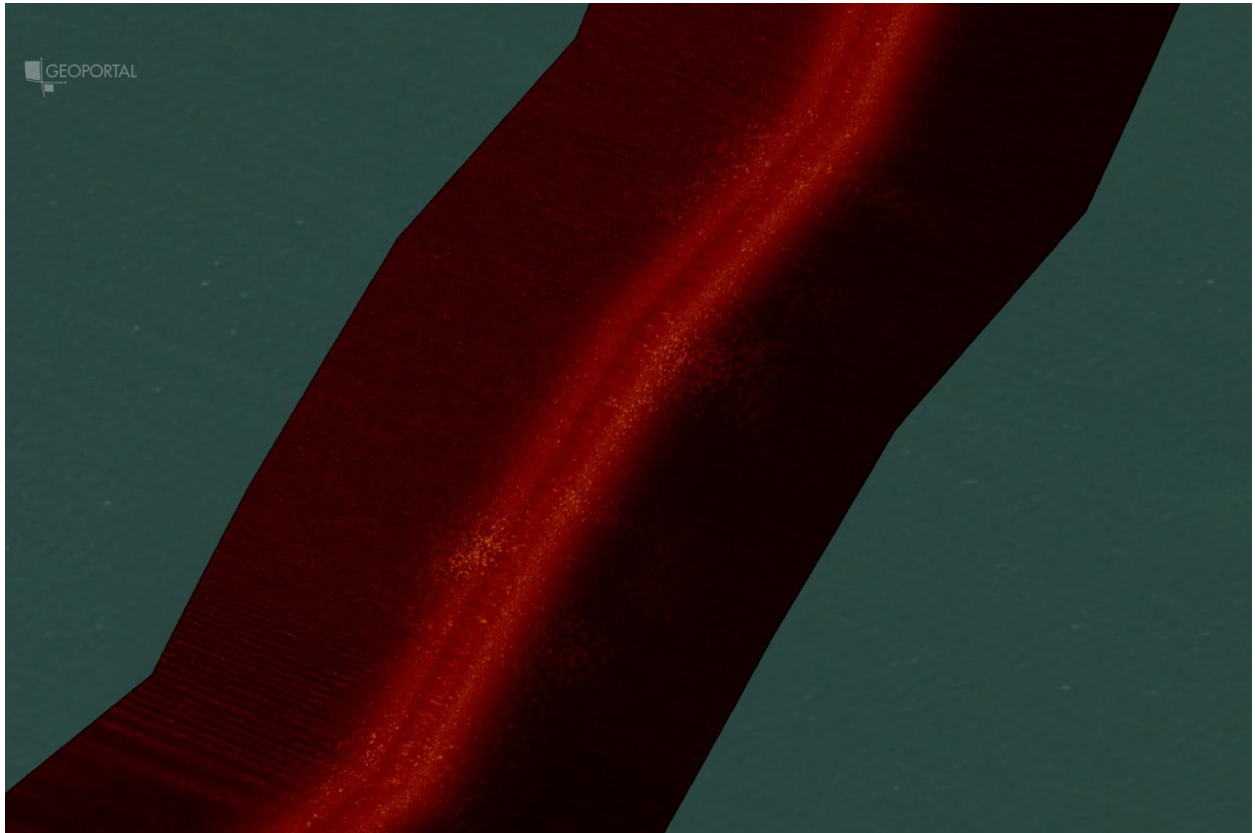
u istraživanju. Voda je bočata, budući da postoji poveznica s morem, a dubina vode malo varira s obzirom na veličinu. Većina dna je prekrivena organskim muljem što je rezultat intenzivne razgradnje organske tvari te česte anoksije, posebice u ljetnom periodu kada temperatura vode prelazi i 30°C.



Slika 17. Lokacije uzorkovanja na Vranskom jezeru.



Slika 18. Preklapanje DOF (Digital ortofoto) i georeferencirane sonarske snimke dna jezera. Oznake strelica s lijeva na desno: narančasta – donja linija kompaktne stijene koja čini obalu; zelena – krupne kamene oblice 30 – 60 cm; plava – vodena vegetacija raste iz muljevitog dna; crna – tamna linija predstavlja umjetni ostatak spajanja lijeve i desne strane side-scan sonarske slike (ne postoji u realnosti)



Slika 19. Prikaz finog mulja na SZ dijelu Vranskog jezera sa razbacanim skupinama vodenih algi *Chara sp.* (por. Characeae)

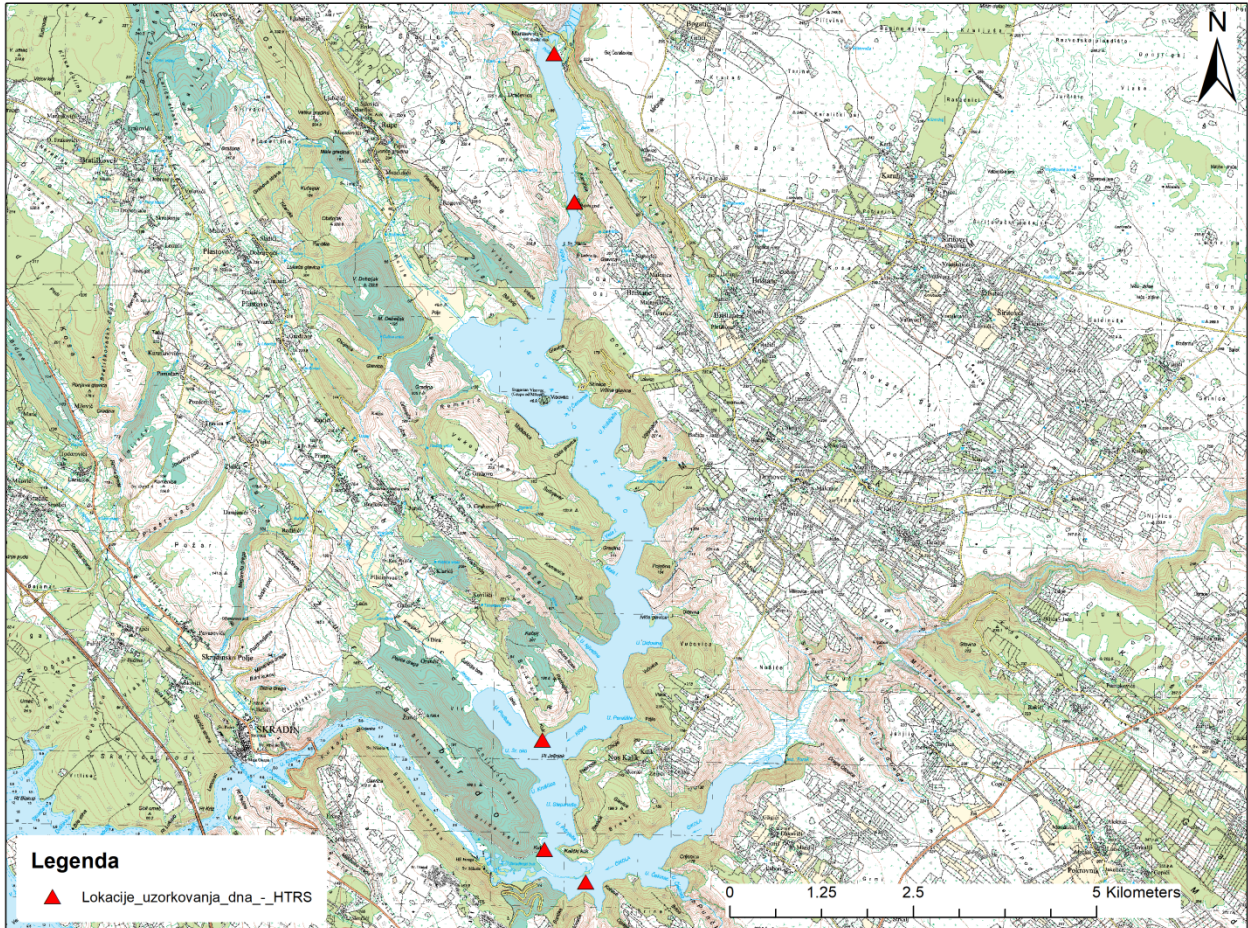
4.2. Visovačko jezero

Istraživanje Visovačkog jezera (Slika 20.) je provedeno u periodu od 21. do 23. kolovoza 2020. godine. Odrađeno je sonarsko snimanje od Roškog slapa pa nizvodno sve do Skradinskog buka. Radi se o hidrološki i morfološki najkompleksnijem jezeru, s kompleksnom morfologijom obale, ali i dna. Najveća zabilježena dubina vode je čak 42 metra.



Slika 20. Visovačko jezero

Period u kojem je provedeno istraživanje Visovačkog jezera karakterizirali su vrlo povoljni meteorološki i hidrološki uvjeti, sunčano vrijeme te prosječan vodostaj rijeke Krke i samog jezera. Uzorkovanje sedimenta dna jezera je provedeno na šest lokacija koje su raspoređene tako da se reprezentiraju različiti tipovi dna/staništa (Slika 10.).



Slika 21. Lokacije uzorkovanja Visovačkog jezera.

4.3. Prokljansko jezero

Istraživanje Prokljanskog jezera (Slika 22., Slika 23.) je provedeno u periodu od 26. do 28. kolovoza 2020. godine. Odrađeno je sonarsko snimanje od donjeg dijela Skradinskog buka pa sve do šibenskog kanala. Radi se o potopljenom riječnom ušću rijeke Krke te je jezero kombinacija slatke vode (pri površini) i slane vode.



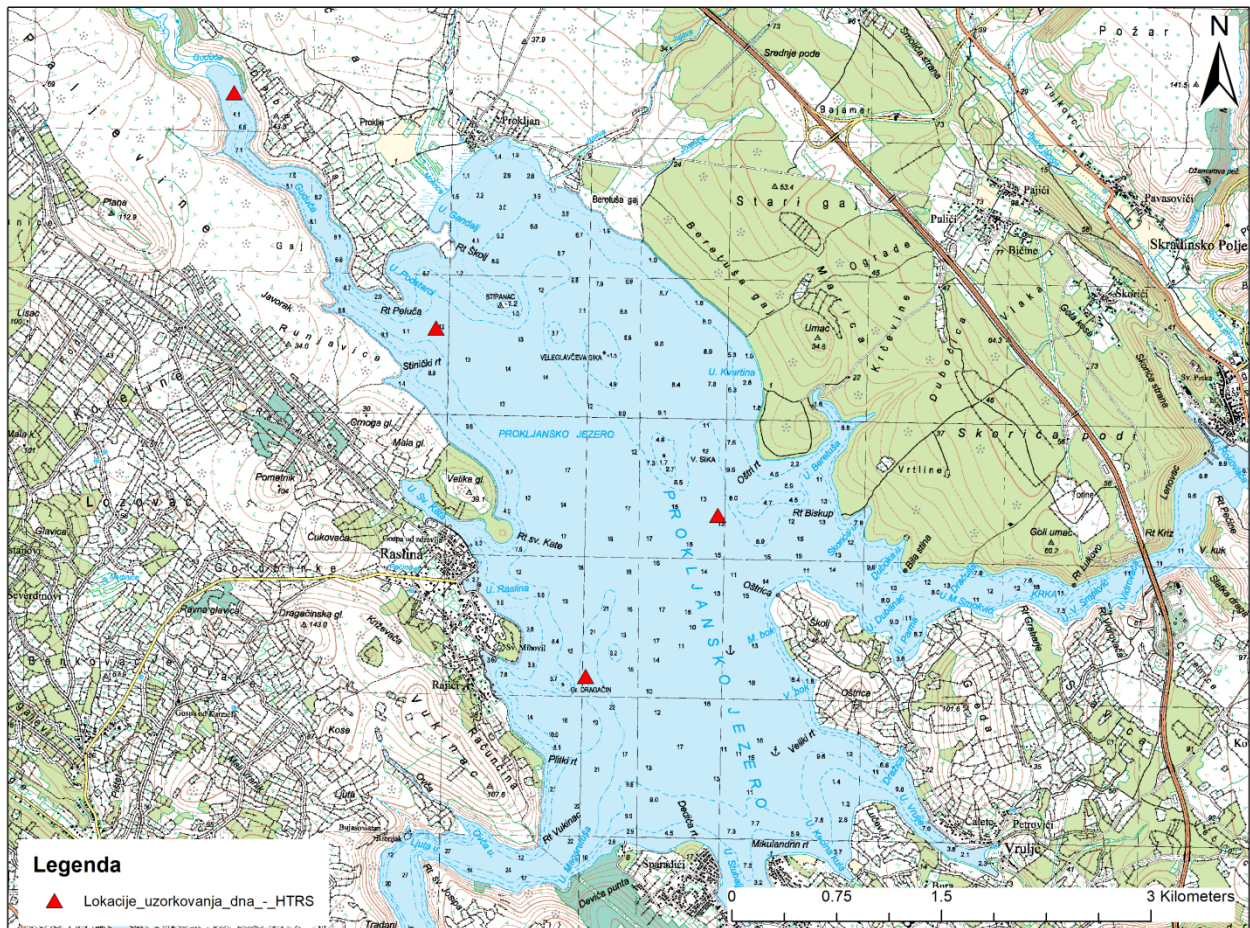
Slika 22. Grad Skradin.



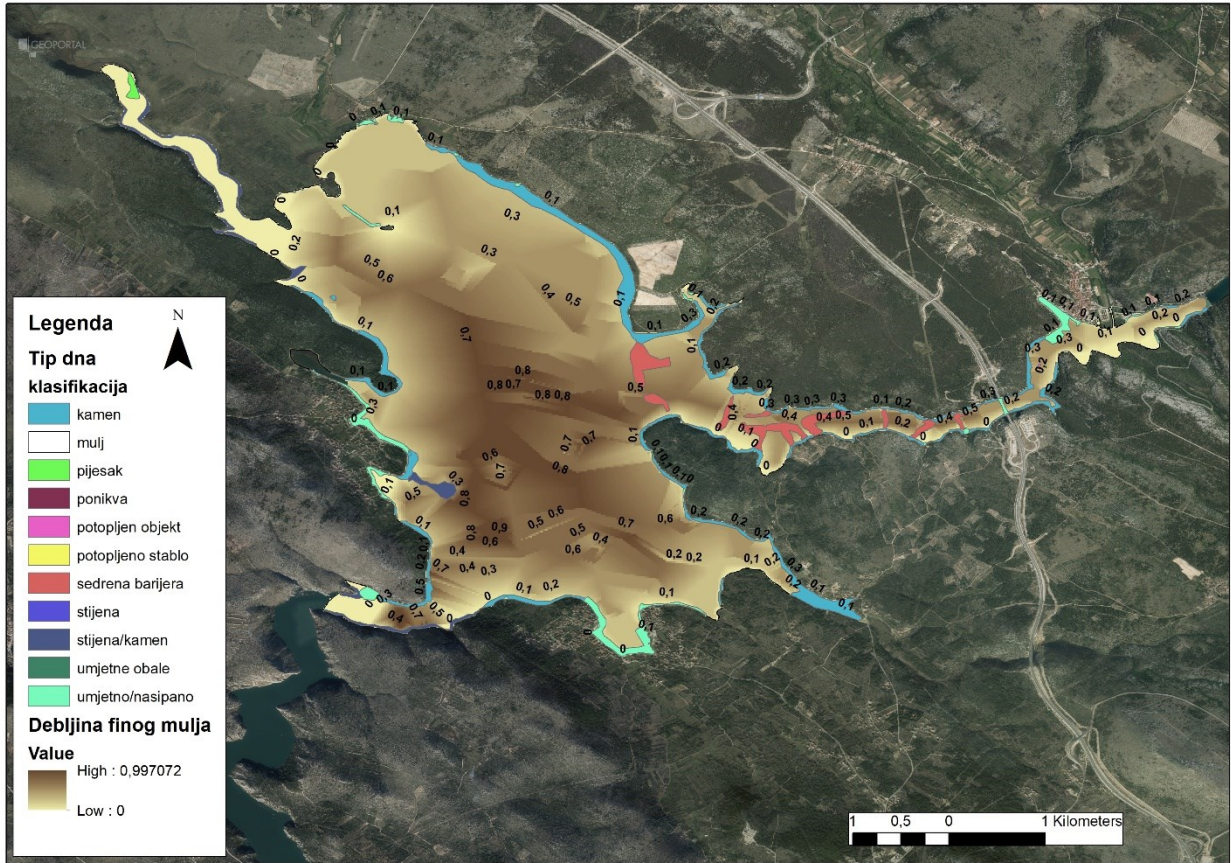
Slika 23. Prokljansko jezero

Period u kojem je provedeno istraživanje Prokljanskog jezera karakterizirali su povoljni meteorološki i hidrološki uvjeti, sunčano vrijeme te prosječan vodostaj rijeke Krke te samog

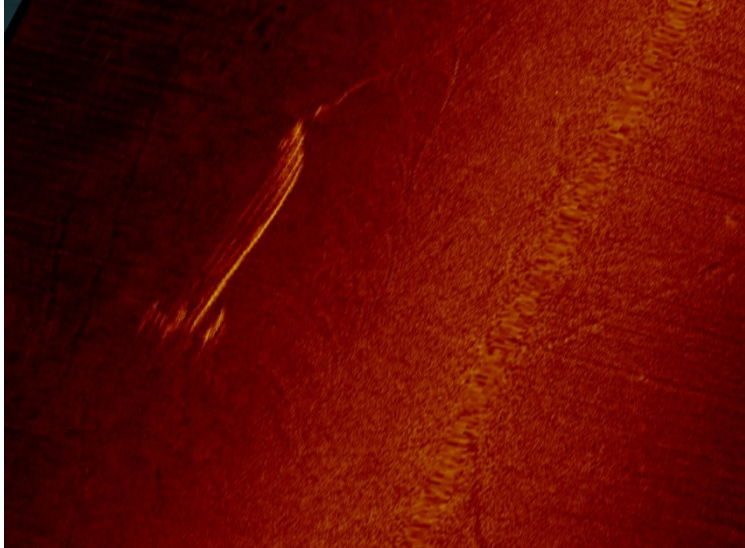
jezera. Uzorkovanje sedimenta dna jezera je provedeno na četiri lokacije te su iste raspoređene kako bi bili zastupljeni različiti tipovi dna/staništa (Slika 24.). Odrađeno je snimanje i estuarija rijeke Guduče na sjevernom dijelu jezera te uzimanje uzorka u blizini samog ušća.



Slika 24. Lokacije uzorkovanja Prokljanskog jezera.



Slika 25. Prikaz tipa dna i debljine finog mulja na Prokljanskom jezeru



Slika 26. Potopljen brod duljine 27 m u Skradinskom kanalu označen kao „potopljen objekt“ u klasifikaciji tipa dna

4.4. Baćinska jezera

Istraživanje Baćinskih jezera (Slika 27.) je provedeno u periodu od 11. do 12. rujna 2020. godine. Odrađeno je sonarsko snimanje od Peračkog blata na istočnoj obali jezera, preko središnjeg dijela do naselja Bara i Baćina te zapadno jezero do kojeg vodi kratki i uski kanal iz istočnih jezera.



Slika 27. Baćinska jezera

Period u kojem je provedeno istraživanje Baćinskih jezera karakterizirali su vrlo povoljni meteorološki i hidrološki uvjeti, sunčano vrijeme te prosječan vodostaj, bez dotoka vode iz Vrgoračkog polja. Uzorkovanje sedimenta dna jezera je provedeno na četiri lokacije te su iste raspoređene kako bi bili zastupljeni različiti tipovi dna/staništa (Slika 28.). Primijećena je velika razlika po lokacijama, u dubini samog jezera i izgledu i kvaliteti staništa. Istočni dio jezera, uz naselje Peračko blato, karakterizira mala dubina jezera te veliko organsko opterećenje.



Slika 28. Lokacije uzorkovanja Baćinskih jezera.

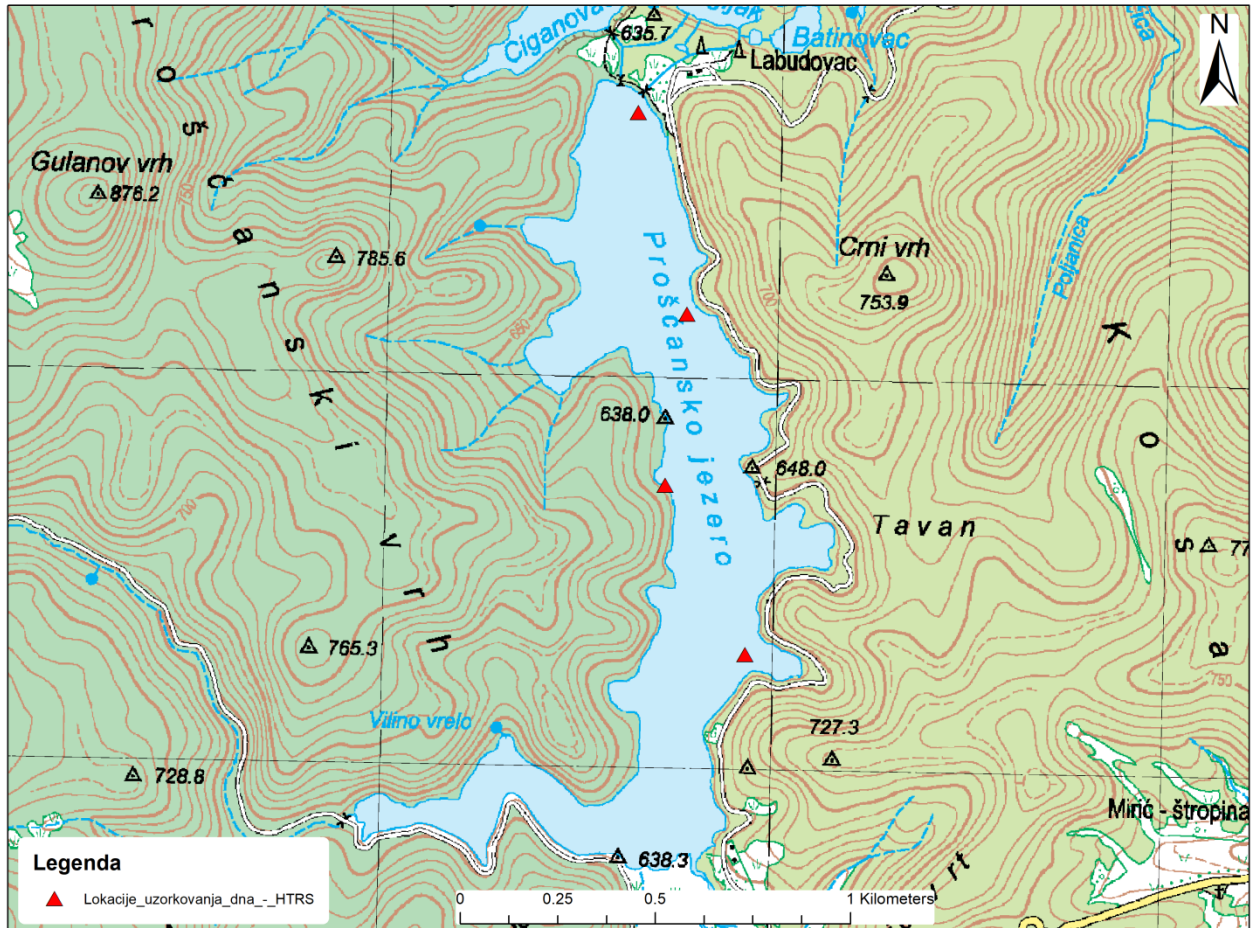
4.5. Jezero Prošće

Istraživanje jezera Prošće (Slika 29.) je provedeno 13. rujna 2020. godine. Odrađeno je sonarsko snimanje od ušća potoka Matice na južnom dijelu jezera pa sve do Labudovca na sjeveru. Iako je površinski malo jezero, radi se o kompleksnom sustavu s kompleksnom morfologijom obale te dnom čija dubina iznimno varira.



Slika 29. Jezero Prošće

Period u kojem je provedeno istraživanje Proščanskog jezera karakterizirali su vrlo povoljni meteorološki i hidrološki uvjeti, sunčano vrijeme te prosječan vodostaj samog jezera. Uzorkovanje sedimenta dna jezera je provedeno na četiri lokacije te su iste raspoređene kako bi bili zastupljeni različiti tipovi dna/staništa (Slika 30.). Jezero Prošće karakterizira iznimno čista voda, bez zagađenja i organskog opterećenja.



Slika 30. Lokacije uzorkovanja Prošćanskog jezera.

4.6. Jezero Kozjak

Istraživanje jezera Kozjak (Slika 31.) provedeno je 14. rujna 2020. godine. Odrađeno je sonarsko snimanje od ušća potoka Riječica na južnom dijelu jezera, preko središnjeg dijela pa sve do slapišta na sjevernom dijelu jezera. Dubina jezera iznimno varira, a maksimalna zabilježena dubina bila je na sjevernom dijelu jezera te je iznosila 56 metara. Jezero karakterizira i postojanje pukotina tj. kratera na nekim dijelovima, koji se jasno vide i na sonarskim snimkama.

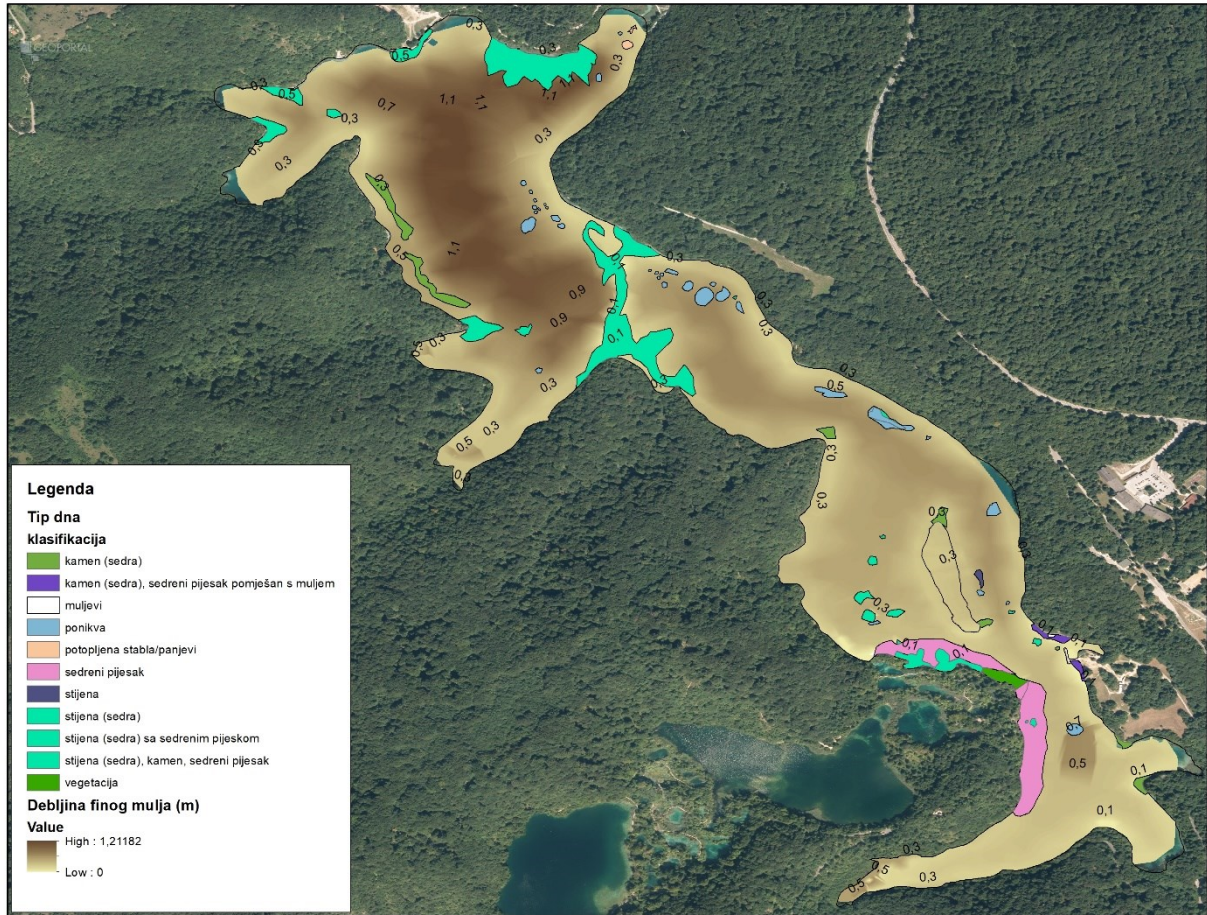


Slika 31. Jezero Kozjak

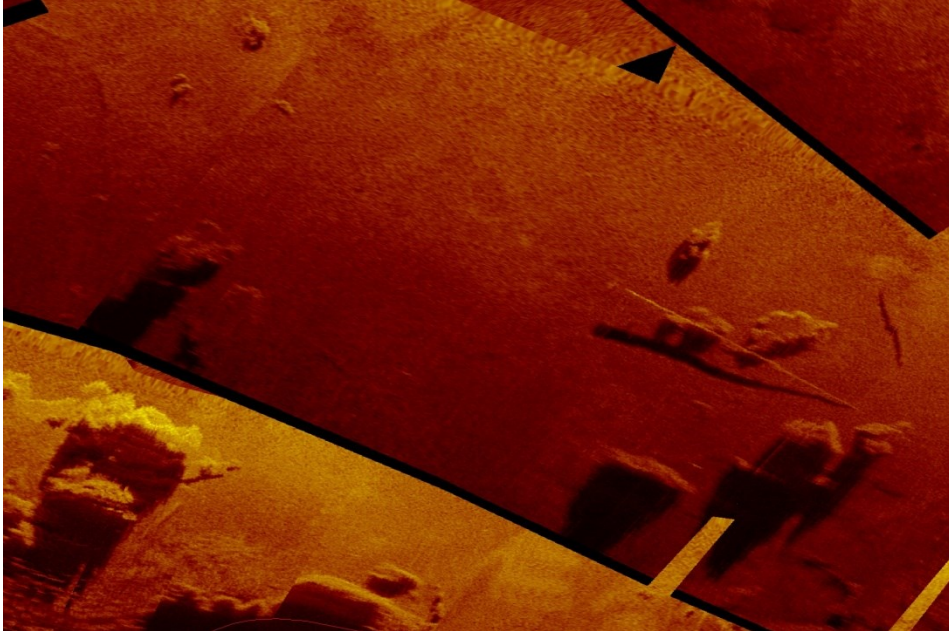
Period u kojem je provedeno istraživanje jezera Kozjak karakterizirali su vrlo povoljni meteorološki i hidrološki uvjeti, sunčano vrijeme te prosječan vodostaj samog jezera. Uzorkovanje sedimenta dna jezera je provedeno na četiri lokacije te su iste raspoređene kako bi bili zastupljeni različiti tipovi dna/staništa (Slika 32.). Jezero Kozjak, kao i jezero Prošće, karakterizira iznimno čista voda, bez zagađenja i organskog opterećenja.



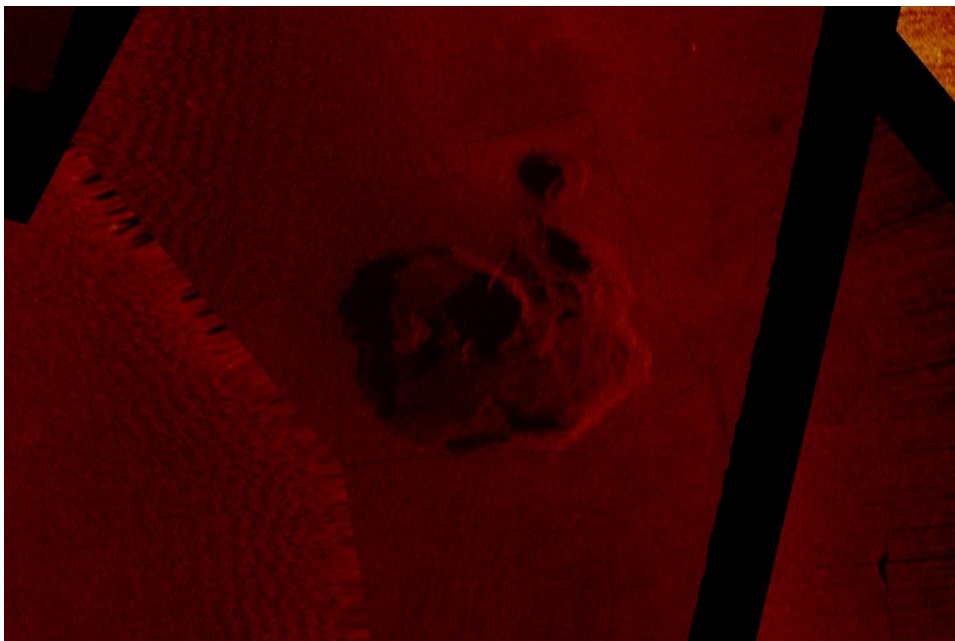
Slika 33. Lokacije uzorkovanja na jezeru Kozjak.



Slika 34. Kartografski prikaz debljine naslaga sedimenta (mulj) u jezeru Kozjak (interpolacija)



Slika 35. Struktura dna ispod vodopada na jezeru Kozjak. Potopljena stabla, odlomljene stijene sedre, te sedimentni pijesak u sedimentu.



Slika 36. Prikaz jedne od niza zabilježenih ponikvi na dnu jezera Kozjak. Ponikva promjera 18 m na dubini od -25 m. U ponikvu je izvršen uron i radi se o depresiji u tvrdom mulju na dnu jezera. Rubovi se sastoje od slojeva tvrdog mulja i čini se da ova pojava nastaje zbog propadanja sedimenta u kršku podlogu (špilje).

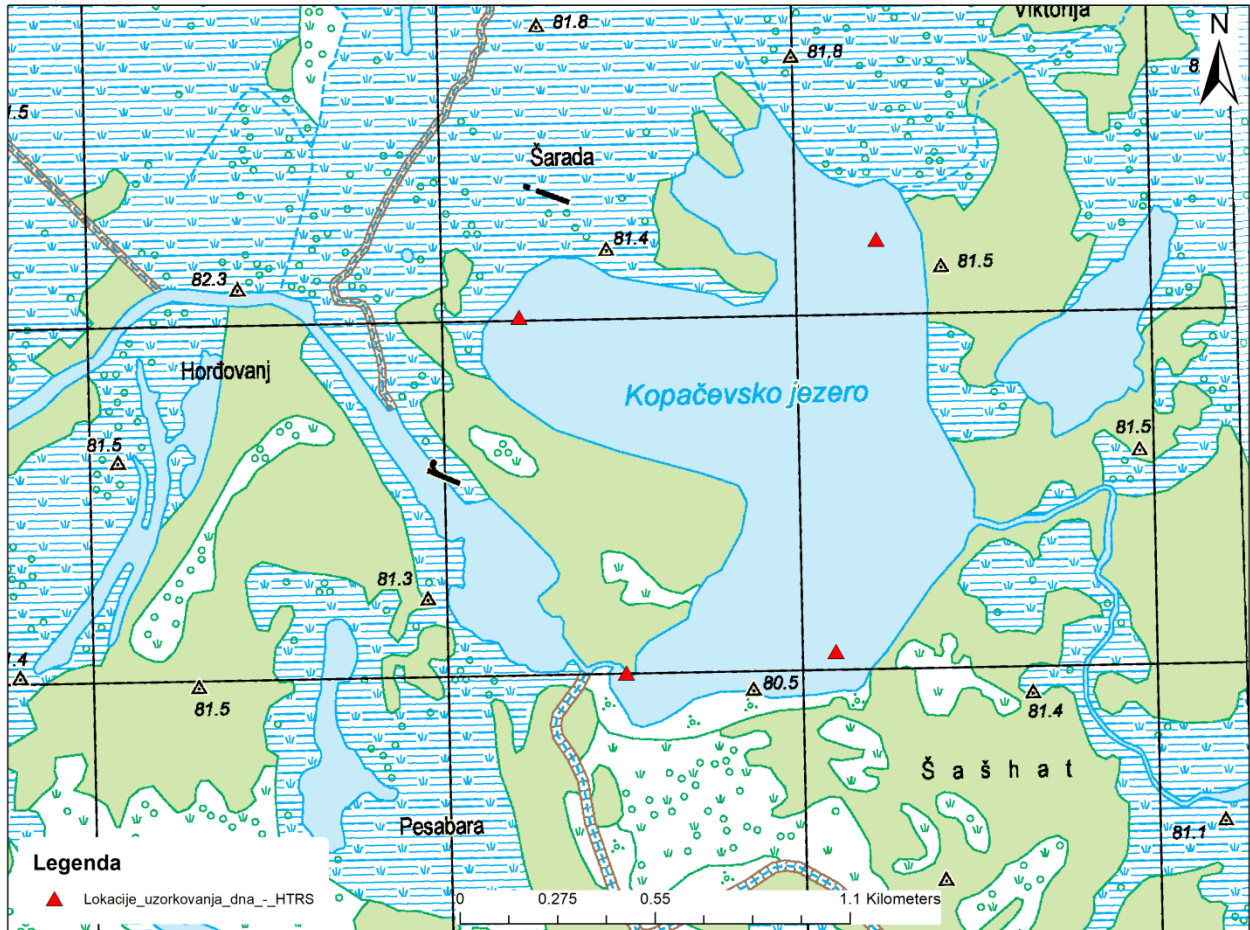
4.7. Kopačevsko jezero

Istraživanje Kopačevskog jezera (Slika 37.) provedeno je 02. listopada 2020. godine. Odrađeno je sonarsko snimanje od jezera Sakadaš, kroz kanal Čokanut pa cijelo Kopačevsko jezero. Jezero karakterizira mala dubina vode (maksimalno do 2,5 metara), ali i vidljiva oscilacija vodostaja koja ovisi o dotoku iz Dunava.



Slika 37. Kopačevsko jezero

Period u kojem je provedeno istraživanje Kopačevskog jezera karakterizirali su vrlo povoljni meteorološki i hidrološki uvjeti, sunčano vrijeme te prosječan i stabilan vodostaj samog jezera. Uzorkovanje sedimenta dna jezera je provedeno na četiri lokacije te su iste raspoređene kako bi bili zastupljeni različiti tipovi dna/staništa (Slika 38.). Kopačevsko jezero je tipično močvarno stanište s malom dubinom vode, priobalnom vegetacijom te tvrdim, zemljanim dnom s malom debljinom sedimenta na pojedinim lokacijama.



Slika 38. Lokacije uzorkovanja na Kopačevskom jezeru.

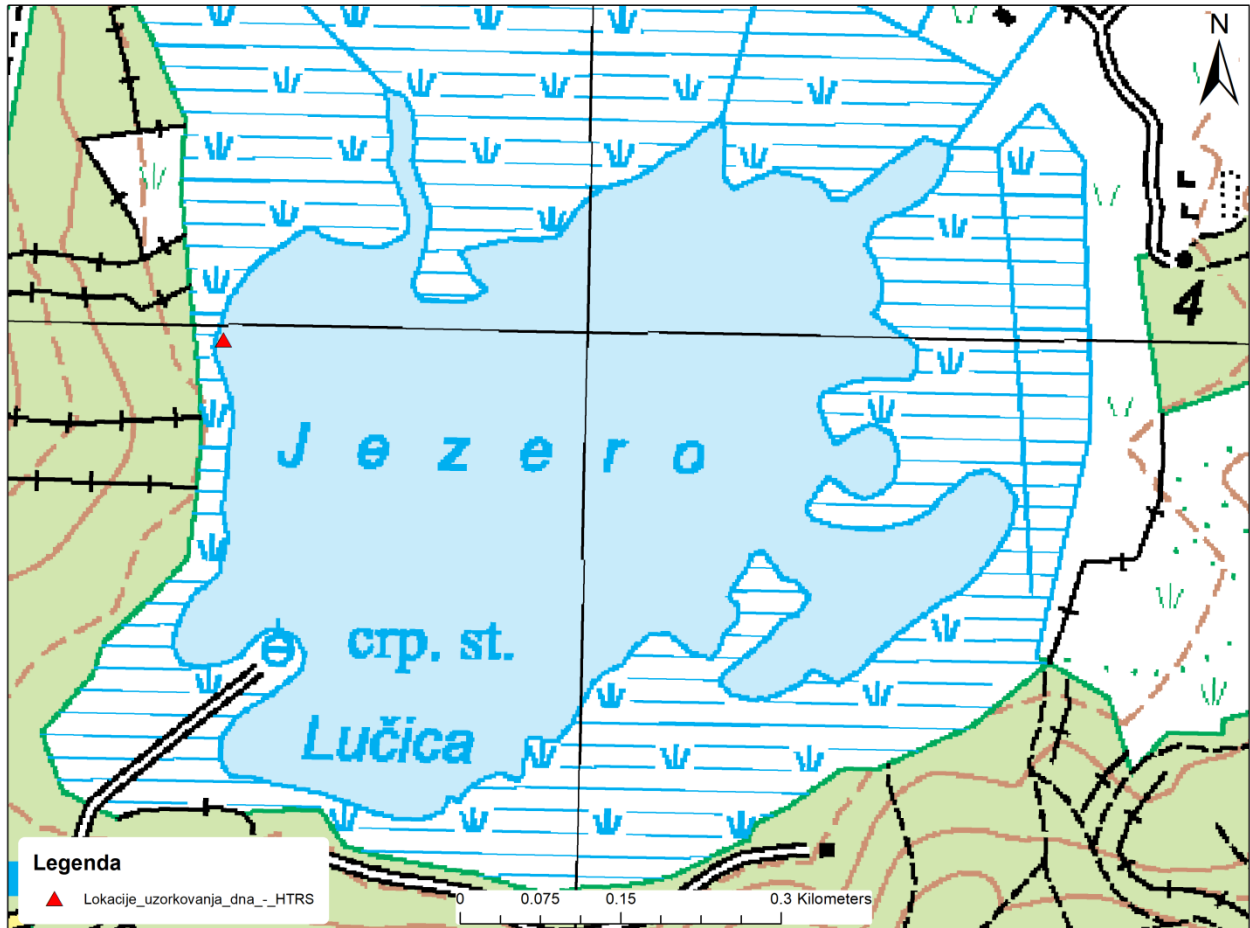
4.8. Jezero kod Njivica, Krk

Istraživanje jezera kod Njivica na otoku Krku (Slika 39.) provedeno je 22. listopada 2020. godine. Radi se o površinski malom jezeru, ali sama površina varira ovisno o hidrološkim prilikama. Jezero je slatkovodno te se puni kišnicom. Dubina jezera varira, a maksimalna zabilježena dubina bila je na središnjem dijelu jezera te je iznosila oko 15 metara. Jezero je korišteno kao izvor pitke vode za otok Krk, no crpna stanica više nije u funkciji budući da je izgrađen vodovodni sustav povezan s kopnom.



Slika 39. Jezero kod Njivica na otoku Krku.

Period u kojem je provedeno istraživanje jezera kod Njivica karakterizirali su promjenjivi meteorološki i hidrološki uvjeti. Vodostaj jezera je bio povišen jer se istraživanje radilo nakon kišnog perioda. Uzorkovanje sedimenta dna jezera je provedeno je na jednoj lokaciji (Slika 40.).



Slika 40. Točka uzorkovanja na Jezeru kod Njivica na otoku Krku.

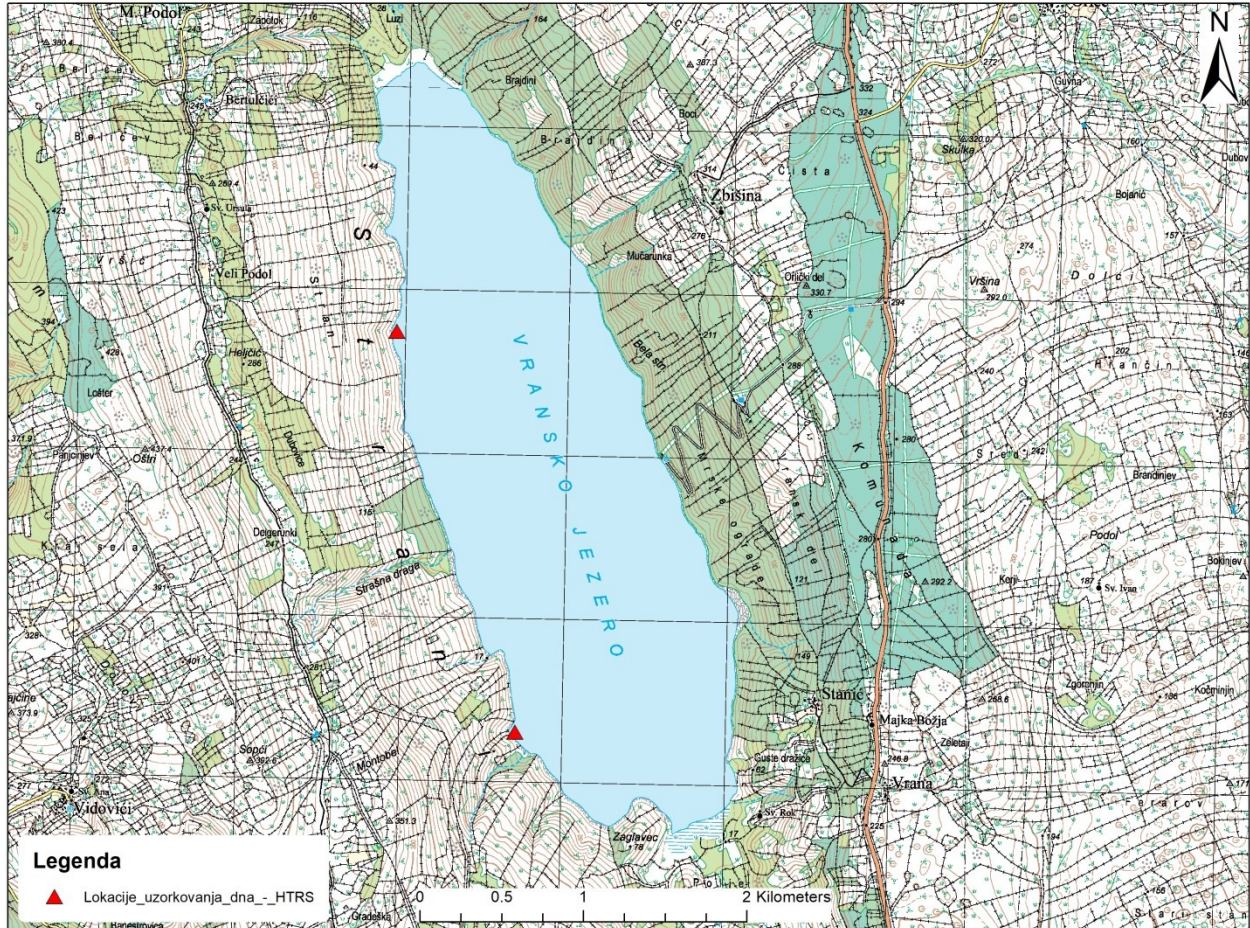
4.9. Vransko jezero (Cres)

Istraživanje Vranskog jezera na Cresu (Slika 41.) provedeno je 15. i 16. veljače 2021. godine. Radi se o površinom četvrtom najvećem jezeru u istraživanja. Sonarsko snimanje je provedeno od postaje vodocrpilišta, preko središnjeg dijela na zapadnu obalu pa sve do najsjevernijeg i najjužnijeg dijela jezera. Dubina jezera se naglo povećava od obala pa prema središnjem dijelu. Sredina jezera je jednolika (uglavnom ravna), s dubinama preko 50 metara, dok je najdublja točka iznosila i do 60 metara.



Slika 41. Vransko jezero na Cresu

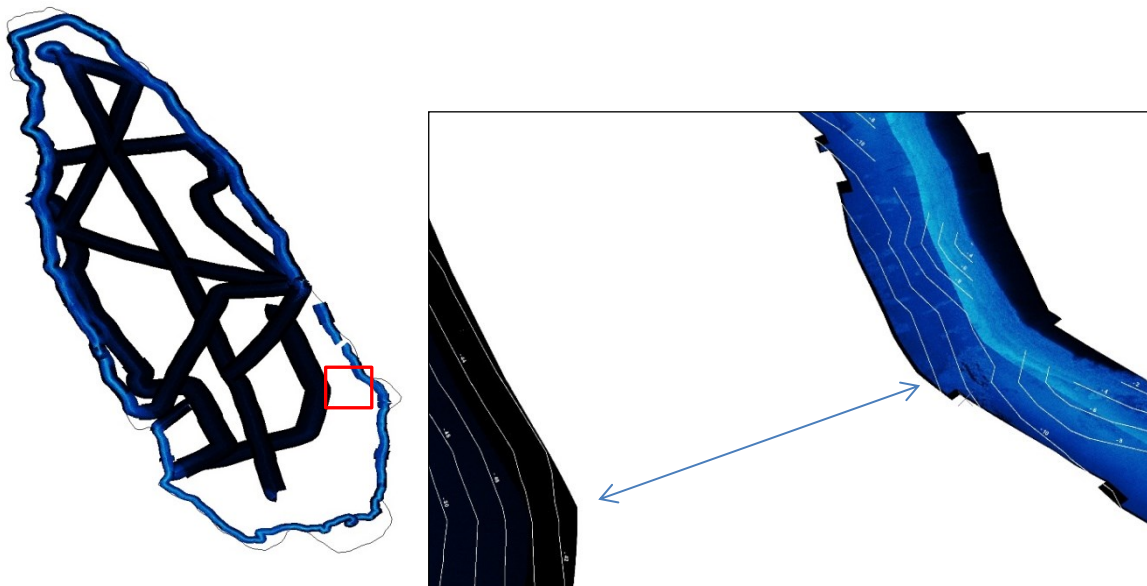
Period u kojem je provedeno istraživanje jezera Kozjak karakterizirali su povoljni meteorološki i hidrološki uvjeti. Vodostaj jezera je bio povišen (12,5 metara), što je rezultat kišnog perioda koji je prethodio istraživanju. Uzorkovanje sedimenta dna jezera je provedeno na dvije lokacije te su iste raspoređene kako bi bili zastupljeni različiti tipovi dna/staništa (Slika 42.). Vransko jezero karakterizira iznimno čista voda, bez zagađenja i organskog opterećenja zbog čega se i koristi kao crpilište pitke vode.



Slika 42. Lokacije uzorkovanja na Vranskom jezeru.

5. Smjernice za daljnja istraživanja

Preciznost interpretacije značajno se razlikovala između najvećih i najmanjih jezera zbog ograničenja u maksimalnom terenskom naporu. Na većim jezerima bilo je potrebno više digitalne interpolacije podataka (Slika 43). Radi toga treba planirati radne dane sukladno ukupnoj površini svakog jezera. Za izradu karti dna, vegetacije ili sedimenta većeg stupnja točnosti preporučujemo da se u budućim istraživanjima koristi opći izračun da je potrebno 2 radna dana sonarskog snimanja po km².



Slika 43. Prikaz jezera velike površine gdje je bila potrebna veća količina digitalne interpolacije podataka

Za izradu preciznijih karti tipa dna i vegetacije ključno je da se obavi veći broj transekata (snimki) od obale prema dubljim dijelovima, kako bi se dobio što veći broj realnih presjeka tipa dna i vegetacije. Tijekom urona uzimaju se uzorci dna (mulja) iz kojih se kasnije vršila interpolacija dubine mulja, te time veći broj uzoraka dovodi i do bolje preciznosti finalne karte debljine finog mulja u jezerima. Preporuka je da se u budućim istraživanjima čitavi uron, s

transektom i uzimanjem sedimenta, snimi video kamerom zbog lakše kasnije interpretacije. Iz istih snimki mogu se naknadno analizirati i vegetacijske zajednice, morfologija dna, te biološki materijal (flora i fauna). Iz istih podataka moguće su kalkulacije ukupne biomase i brzine stvaranja sedimenta. Preporučujemo da bi po km² bilo potrebno obaviti barem 4 urona.

S poštovanjem,

dr. sc. Dušan Jelić,

direktor BIOTA j.d.o.o.



BIOTA
j.d.o.o., Grubišno Polje