



EVROPSKA UNIJA
EVROPSKI SKLAD ZA
REGIONALNI RAZVOJ
NALOŽBA V VAŠO PRIHODNOST

Naložbo sofinancirata Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj in Republika Slovenija



LAS PDL 2020
LOKALNA AKCIJSKA SKUPINA PRI DOBRIM LJUDEH



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA GOSPODARSKI
RAZVOJ IN TEHNOLOGIJO

Izračun in grafična upodobitev rezultatov meritev globinskega reliefa vodnih teles pridobljenih z aplikacijo in sonarjem v sklopu operacije Izhodišča za rabo vodnih teles (LAS PDL 2020)

Naročnik:

Potapljaško društvo Murska Sobota



Izvajalec:

NT-BROG

Damjan Osrajnik

September 2018

KAZALO

1. UVOD	3
2. MERITVE	5
3. GRAFIČNE UPODOBITVE IN REZULTATI	7
3.1 Rezultati kartiranje – Dobrovnik.....	8
3.2 Rezultati kartiranja – Črenšovci.....	9
3.3 Rezultati kartiranja – Odranci.....	10
4. KEMIČNA ANALIZA VODE	11
5. ZAKLJUČEK	14

1. UVOD

Kartiranje vodnih teles in nazorna upodobitev dobljenih rezultatov je pomembna informacija specifični in lastnosti posameznega vodnega telesa. Podatek o globini in relief dna je med drugim ključnega pomena pri zagotavljanju ustrezne stopnje zaščite in varovanja pred utopitvami, morebitne plitvine za preventivne oznake namenjene plovilom, primerjava reliefa dna pa kaže o dinamiki erozije, bodisi zaradi delovanja podvodnih izvirov ali druge podvodne dinamike v mirujočih vodah, če bolj pa je to izrazito pri tekočih vodah.

Kartiranje vodnih teles lahko poteka na različne načine in z različnimi sredstvi, od najbolj sofisticiranih avtomatske mreže podvodnih sonarjev, do bolj običajnega površinskega skeniranja s podvodnimi sonarji.

Zmogljivost, natančnost in resolucija podvodnih sonarjev je v zadnjih letih dosegla tako raven, da je brez pretiranega napora in sredstev možno doseči natančnost nekaj decimetrov, v posebnih okoliščinah še manj. Natančnost je odvisna od natančnosti uporabljene naprave (podvodnega sonarja), natančnosti izvedene meritve in zgoščenosti mreže izvedenih meritev.

Meritve se izvajajo linijsko, pri čemer podvodni sonar hkrati beleži globino in lokacijo ter ta podatek shranjuje v ustrezno datoteko primerno za nadaljnjo obdelavo in različne oblike ter načine interpretacije.

V okviru operacije Izhodišča za rabo vodnih teles, ki ga financira Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj in Republika Slovenija je bila predvidena aktivnost tudi kartiranje vodnih teles. Kartirana vodna telesa bodo bistveno pripomogla k varnejšemu delu podvodnih reševalcev, saj bodo še pred samo reševalno akcijo imeli podatke o globinah posameznega akvatorija, reliefu in morebitnih pomembnih značilnostih dna, možnosti varnega dostopa reševalcev in njihove opreme do in na akvatorij in podobno.

Kartiranje vodnih teles je lahko narejeno preventivno, brez kakršnih koli neposrednih potreb in ob potencialnih napotkih podvodnim reševalcem v primeru reševalne akcije imajo ti podatki tudi turističen in kartografski pomen, saj so kartirani akvatoriji lahko javno dostopni in objavljeni na svetovnem spletu v različnih temu namenjenih aplikacijah.

Druga možnost pa je kartiranje za potrebe konkretne reševalne akcije. V primeru velikega potencialnega območja, kje bi se pogrešana oseba morebiti lahko nahajala, bi bilo klasično preiskovanje takega vodnega telesa preveč zamudno in nezanesljivo. Pogosto so informacije

očividcev nezgode nenatančne ali celo zavajajoče, saj so ob dogodku bili vznemirjeni in zato težje dojemljivi za pomemben okoliščine, ki reševalcem lahko olajšajo iskanje. Slednje je še toliko zahtevnejše in nevarno za reševalce, v kolikor gre za globoka vodna telesa, kjer je na dnu vidljivost običajno zelo zmanjšana, dodatna oteževalna okoliščina je zelo hladna voda (tudi le 4 °C), potapljači pa so zaradi dekompresijske bolezni omejeni na zelo kratke čase preiskovanja. V teh primerih se območje preiskovanja pregleda najprej s podvodnimi skenerji in potem glede na morebitne indice o možnih lokacijah pogrešane osebe točkovno najprej preišče tista mesta.

Izdelano je bilo kartiranje, izračuni in grafične upodobitve, ki so nastali na podlagi meritev globinskega reliefa vodnih teles na treh vodnih telesih na območju LAS Pri dobrih ljudeh. Prva lokacija je bila gramozna jama v vasi Dobrovnik, druga v kraju Črenšovci in tretja v kraju Odranci. Na vseh treh lokacijah so že potekale intervencije Podvodne reševalne službe. Lokacije so tudi priljubljena lokacija za ribolov in shajališče krajanov, kar predstavlja večjo ogroženost glede možnosti utopitev.

Zemljevid konture dna na podlagi meritev s sonarjem je izdelana s programsko opremo ReefMaster, opisan pa je tudi možen postopek izdelave natančnejših interpolacij s programskim orodjem Mathematica, kar pa terja nekoliko več spretnosti in izurjenosti uporabnika oz. operaterja.

2. MERITVE

Meritve so bile izvedene s podvodnim sonarjem, ki je bil pritrjen na gumijasti čoln s katerim so po v naprej določenem vzorcu vozili po površini kartiranega akvatorija. Razdalja med potmi je odvisna od globine vode, od željene natančnosti in tudi od velikosti akvatorija ter razpoložljivega časa.

Tehnologija namreč omogoča sekvenčne meritve, kar pomeni, da se lahko že opravljene meritve naslednjič dopolnijo z novimi in programsko orodje pri izračunu upošteva vse opravljene meritve. Pomembno pa je, da si meritve sledijo v dovolj kratkem času, da se vodostaj ne spremeni bistveno, saj bi to zmanjšalo natančnost rezultatov. To ob meritvah po metodi »vožnje po predpisanem vzorcu« dopušča tudi meritve po metodi »naključnega sprehajalca«, tj. da se s čolnom naključno vozijo po površini in tako zajemajo podatke. Ta metoda je bolj zamudna, vendar terja manj zbranosti in pozornosti izvajalcev, zato se običajno uporablja pri robotskem kartiranju. Možna pa je tudi kombinacije obeh načinov meritev.

Meritve so bile izvršene z ravnimi vožnjami od obale jezera na eni strani do nasprotne obale z zamikom cca 5 m. Posebej so bili izmerjeni deli ob neposredni obali. Na koncu je bilo dodanih še nekaj meritev po metodi »naključnega sprehajalca«, vendar ciljno na območjih, kjer se je izkazalo, da so globine večje ali je dejanska meritev najbolj odstopala od v naprej predvidene poti.

Sonar deluje na osnovi merjenja časa preleta ultrazvoka. Sonda ultrazvok odda proti dnu in meri čas, ki ga preteče med tem ko se na dnu odbiti signal vrne nazaj do sonde.

Zvok je longitudinalno valovanje pri katerem delci snovi nihajo v isti smeri, kot se valovanje širi. V snovi nastajajo zgoščine, kjer se povečata gostota snovi ter tlak in razredčine, kjer se gostota in tlak zmanjšata. Hitrost razširjanja zvoka c v kapljevinah je odvisna od gostote kapljevine ρ in stisljivosti χ :

$$c = \sqrt{\frac{1}{\chi\rho}}$$

Ker je gostota med drugim odvisna tudi od temperature, je od temperature odvisna tudi hitrost zvoka in znaša v vodi približno 1500 m/s v sladki vodi in 1550 m/s v slani vodi (spet odvisno od slanosti).

Globino ocenimo iz enačbe:

$$d = \frac{ct}{2}$$

kjer je t čas potovanja zvoka od oddajnika do dna in nazaj do sprejemnika. Sodobni sonarji so skonstruirani tako, da merijo tudi odboj ultrazvoka v stožcu od oddajnika proti dnu, kar omogoča večjo ločljivost naprave.

Sonar, ki smo ga uporabljali deluje na frekvenčnih območjih:

- 83 kHz (60° kot pokrivanja, doseg globine do 500m),
- 200 kHz (20° kot pokrivanja, doseg globine do 500m),
- 455 kHz (180° kot pokrivanja, doseg globine do 50m, možnost sondiranja do 70 m v širino oz. 35 m na vsako stran).

Glede na to, da smo kartirali akvatorije veliko plitvejše od 50 m smo izbrali to frekvenčno območje, ki posledično zagotavlja tudi največjo ločljivost.

Rezultati meritev so podani v datoteki, ki vsebuje geografske koordinate in pripadajočo globino. Programsko orodje ReefMaster omogoča relativno pregleden prikaz globin skeniranega telesa z barvnim grafom, kjer so različne globine označene z različnimi barvami ali njihovimi odtenki, kot sproti definira umeritvena skala prikazana na vsakem grafu.

3. GRAFIČNE UPODOBITVE IN REZULTATI

Rezultate meritev grafično ponazorimo s pomočjo programskega orodja ReefMaster, ki omogoča zajem podatkov, njihovo obdelavo in grafični prikaz v obliki tridimenzionalnega grafa ter povezavo oz. interpretacijo teh podatkov na javno dostopnih geografskih kartah kot je npr. Google Zemlja. Z nadaljnjimi aplikacijami lahko izračunamo tudi površino kartiranega akvatorija, približno dolžino kartiranega območja ali največjo globino, ki jo je sonar izmeril. Z numerično prostorninsko integracijo lahko ocenimo tudi prostornino vodnega telesa, ki smo ga kartirali. Slednje ni toliko zanimivo za potrebe podvodnega reševanja, je pa lahko pomembno npr. pri izrabi hidroenergijskega potenciala ali ob kakšnih ekoloških onesnaženjih voda.

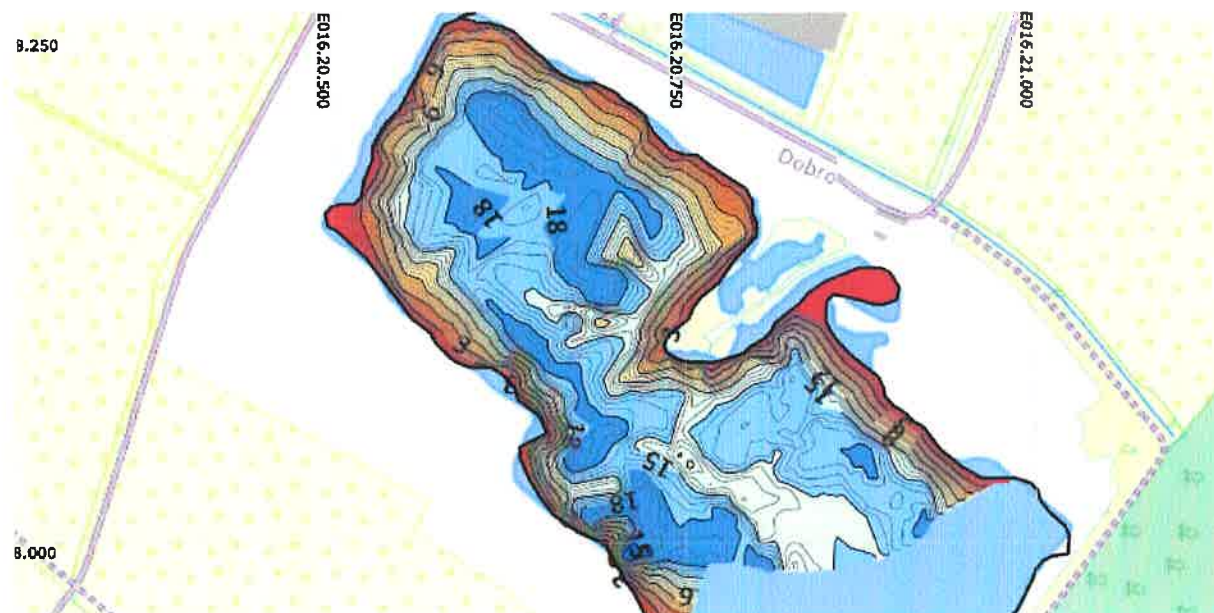
Natančnost teh podatkov je odvisna od natančnosti kartiranja, tj. kako natančna je naprava in kako strnjeno je bila narejena meritev (čim bližje poti čolna ali čim daljši čas po metodi naključnega sprehajalca).

Ker imamo diskretne meritve na lokacijah, ki praviloma niso ekvidistančne se pri izračunu globine na vmesnih točkah, kjer meritve niso bile izvedene uporablja princip dvodimenzionalne linearne interpolacije. Gleda na dokaj pogosto število meritev vzdolž poti plovila, se meritev v eni dimenziji lahko smatra kot zvezna, kar interpolacijo bistveno izboljša in dopušča tudi interpolacije z uporabo višjih odvodov. Slednje je še bolj natančno, če meritev izvajamo na način, da se poti plovila med seboj pravokotno križajo (merjenje po vzorcu mreže, kar pa je terja dva krat daljši čas).

V nadaljevanju prikazujemo rezultate opravljenih meritev interpretirane na dvodimenzionalnih barvnih grafih ali barvnih grafih z vizualnim učinkom tretje dimenzije. Oba prikaza sta predstavljena v nadaljevanju. Uporabnosti obeh sta primerljivi in kateri je ustrežnejši pogosto zavisi tudi od natančnosti meritev in s tem posledično dinamika prikazanega reliefa, delno pa tudi od preferenc uporabnika.

3.1 Rezultati kartiranje – Dobrovnik

Rezultati kartiranja – Dobrovnik, 2D barvni prikaz

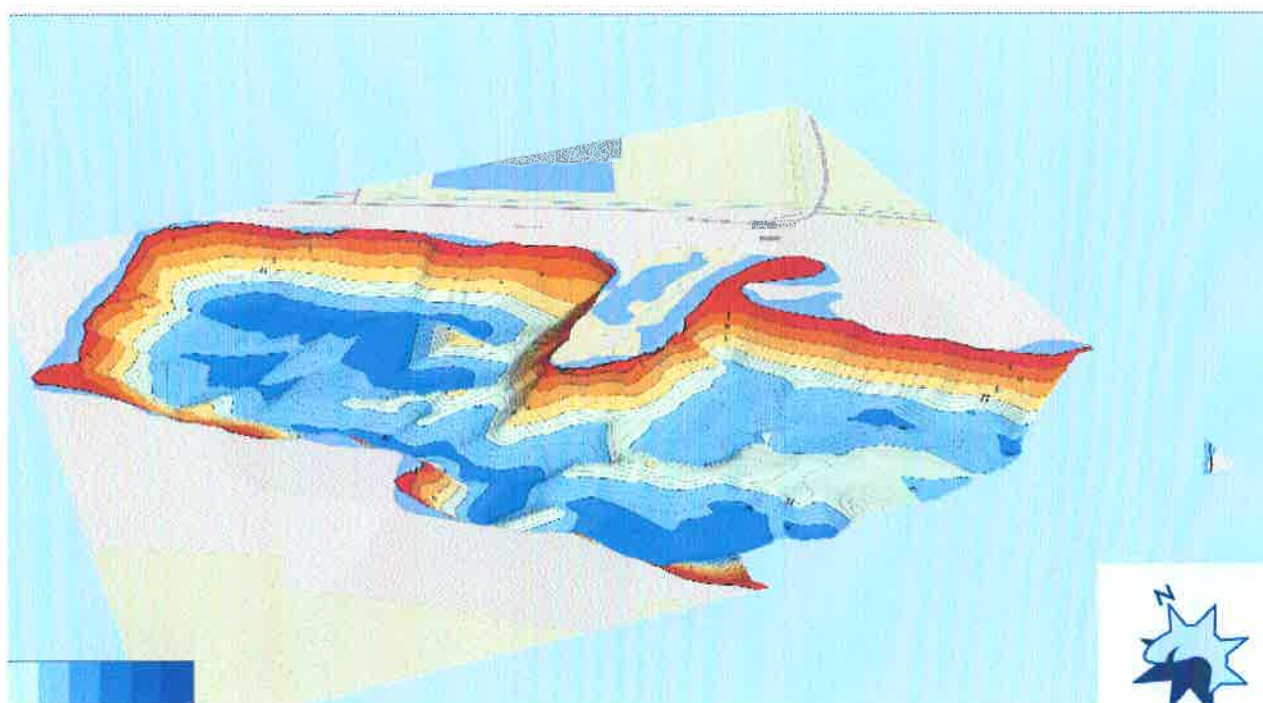


Obseg obrežja: 2.486 metrov

Površina: 198.044 m²

Najgloblja točka: 22,2 m

3D barvni prikaz



3.2 Rezultati kartiranja – Črenšovci

Rezultati kartiranja – Črenšovci, 2D barvni prikaz

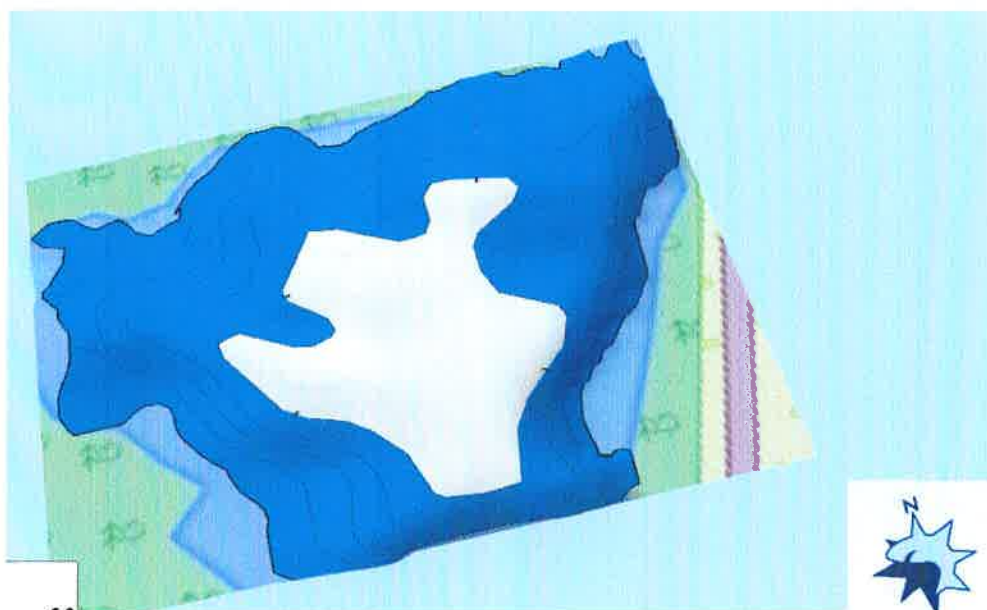


Obseg obrežja: 288 metrov

Površina: 3.632 m²

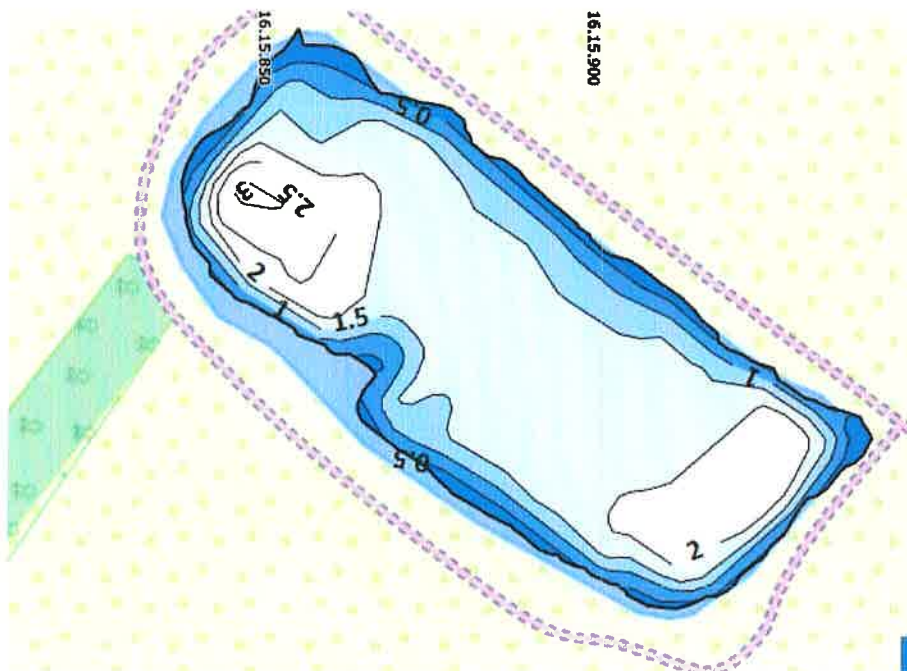
Najgloblja točka: 3,5 m

3D barvni prikaz



3.3 Rezultati kartiranja – Odranci

Rezultati kartiranja – Odranci, 2d barvni prikaz

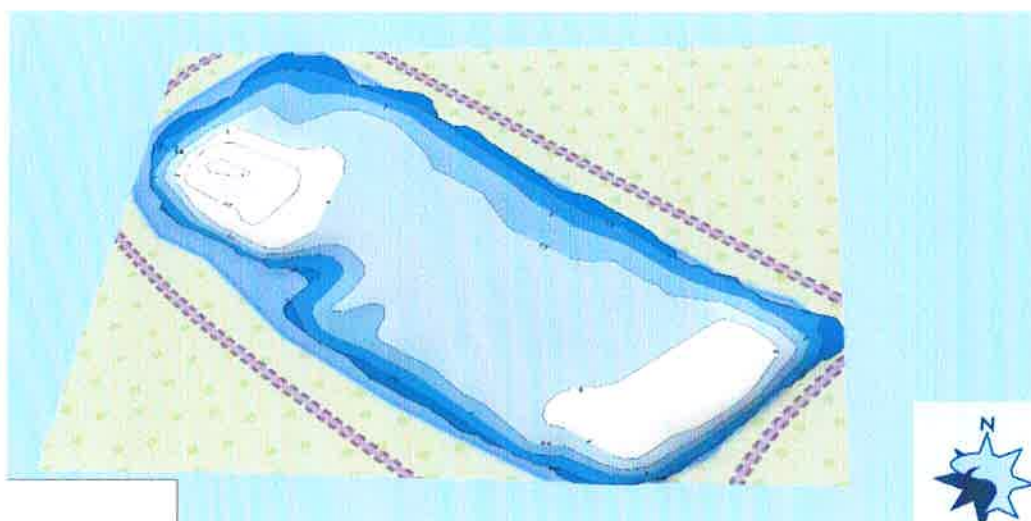


Obseg obrežja: 379 metrov

Površina: 6.937 m²

Najgloblja točka: 3,1 m

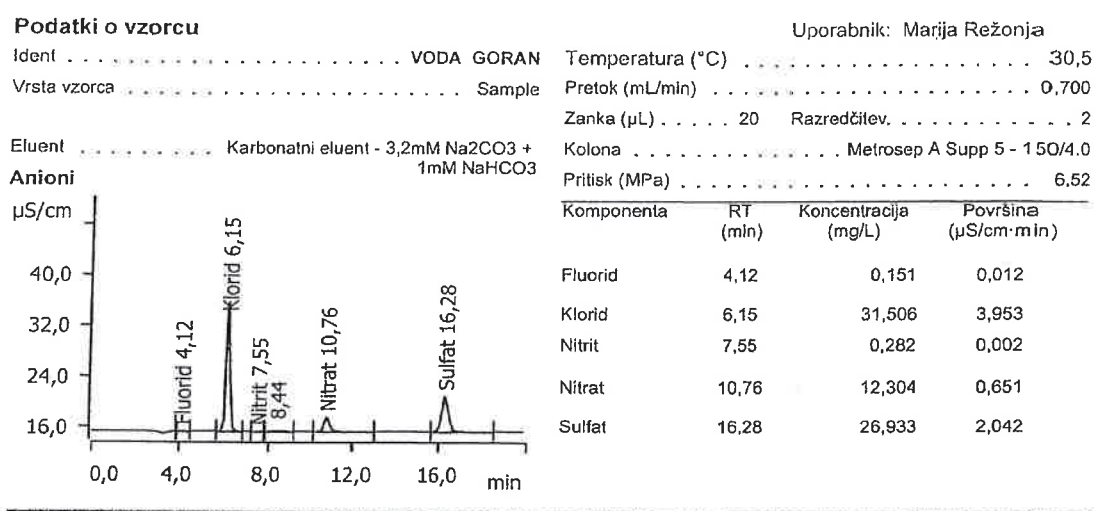
3D barvni prikaz



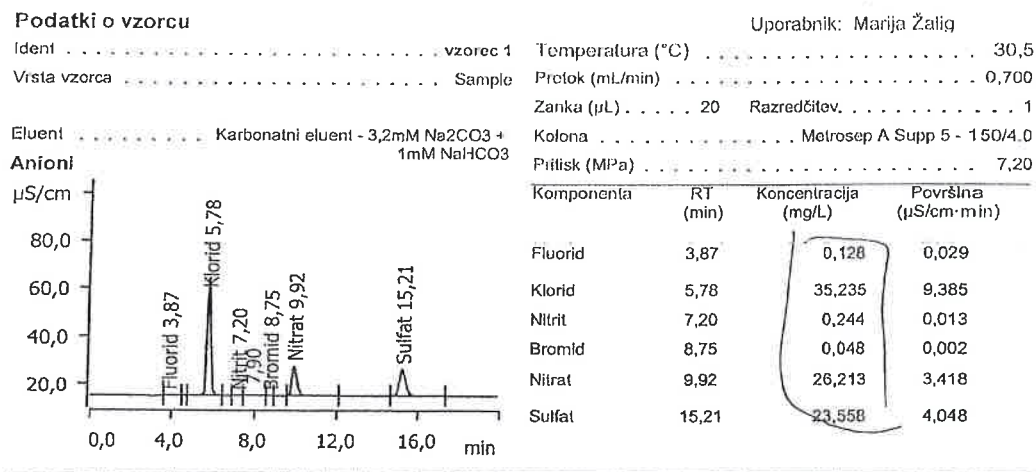
4. KEMIČNA ANALIZA VODE

V sklopu aktivnosti se je preverila tudi kemična sestava vode. V nadaljevanju prikazujemo rezultate kemičnih analiz vzorcev, ki so bili pridobljeni iz akvatorijev. Glede na predstavljene meritve, ki zajemajo anorganske komponente v vodi, pH vode (posledično tudi trdoto vode), amonij ter prevodnost lahko ocenimo, da noben vzorec ne presega mejnih vrednosti, vendar se pozna vpliv okolja, predvsem posledice kmetijstva v okolju. Seveda pa je za potrditev ustreznosti neoporečnosti vode potrebno preveriti še mikrobiološke vrednosti v posameznih vzorcih.

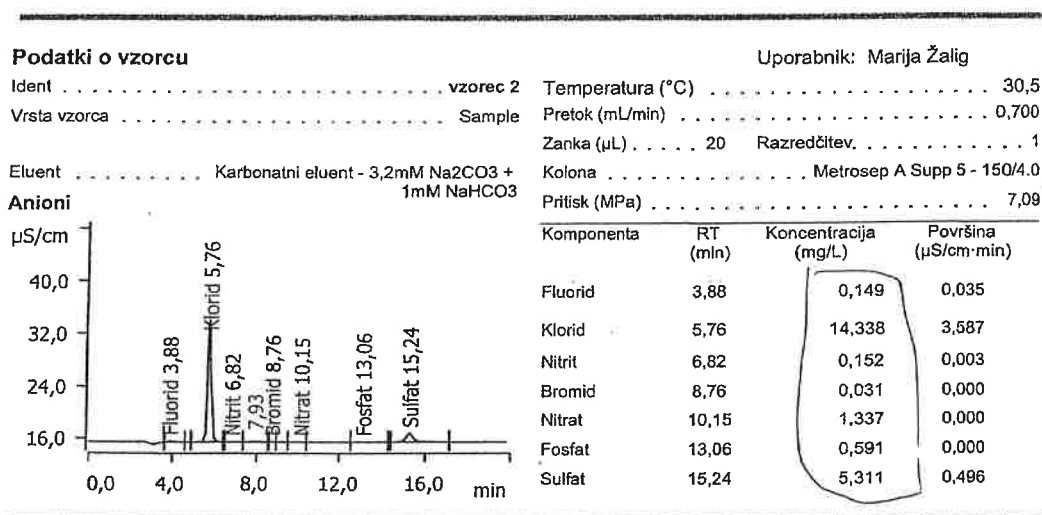
Dobrovnik:



Črenšovci:



Odranci:



	Dobrovnik	Črenšovci	Odranci	mejne vrednosti
Fluorid (Fluoridi so vzrok dentalne fluoroze (pegasta obarvanost in nagnjenost k zobni gnilobi) in v še višjih koncentracijah skeletne fluoroze,)	0,151	0,128	0,149	1,5
Klorid (višje vrednosti so možne kot posledica gnojil, bližina prometnic in soljenje le teh itd.)	31,506	35,235	14,338	250
nitrit*	0,282	0,244	0,152	0,5
bromid** (Bromat v pitni vodi običajno ni prisoten. Nastane pri ozoniranju vode, ki vsebuje bromid. Je v raztopinah, ki se uporabljajo za dezinfekcijo vode. Bromat je mutagen in uvrščen kot verjetno karcinogen za človeka. Ob ugotovljenih preseženih vrednostih je potrebna sprememba postopka priprave vode. Za kasnejše zmanjšanje koncentracij ni ustreznih praktičnih postopkov.)		0,048	0,031	**
nitrat* (Povišane vrednosti dokazujejo vpliv človeka, predvsem kot posledico kmetijstva in neurejenega odvajanja odpadne vode. Pitna voda s koncentracijami nitratov nad vrednostjo 50 mg/l predstavlja zdravstveni problem za dojenčke, nosečnice in doječe matere. Uživanje take vode zanje ni primerno in je potrebna omejitev uporabe.)	12,304	26,213	1,337	50

fosfat			0,591	
Sulfat (Pri koncentracijah v pitni vodi 1000 – 1200 mg/l ima sulfat odvajalni učinek.)	26,933	23,558	5,311	250
pH (mehka voda ima nižjo pH vrednost • trda voda ima višjo pH vrednost • pH vrednost za pitno vodo je določena med 6,5 in 9,5.)	6,65	7,95	7,24	med 6,5 in 9,5.
Prevodnost (Električna prevodnost vode je merilo za mineralizacijo vode, njena vrednost pa je odvisna od koncentracije in vrste raztopljenih elektrolitov.)	364	466	184	2500
Nh4 (amonij)	0,092	0,038	0,008	0,5

5. ZAKLJUČEK

Tehnološki razvoj sonarjev beleži v zadnjem desetletju zelo velik napredek, tako da so zelo zmogljive in natančne naprave dostopne že tudi za osebno uporabo. Najprej so jih s pridom izkoriščali predvsem ribiči za detekcijo jat rib, danes pa je sonar že nepogrešljivi del dodatne opreme tudi marsikaterega manjšega rekreativnega ali turističnega plovila.

K uporabnosti sonarjev so pomembno pripomogli tudi zmogljivi računalniki in pripadajoča programska oprema podprta z grafiko visoke ločljivosti. Posebej razvita programska orodja že sama po sebi ob grafičnem prikazu konfiguracije dna omogočajo tudi izračun številnih drugih informacij in karakteristik preiskovanega vodnega telesa. Na osnovi interpolacije lahko dobimo tudi ocene za dele, ki so bili manj natančno skenirani. Dobrodošla je kompatibilnost z mnogimi, tudi javno dostopnimi, geografskimi zemljevidi in njihovo arhiviranje za potrebe študija morebitne dinamike erozije.

Programersko izkušenejši uporabniki lahko podatek obdelajo tudi z bolj matematičnimi orodji, kot npr. Mathematica, kar terja več spretnosti, vendar omogoča bolj natančen izračune za razne specifične razmere ali potrebe.

Ko so ločljivosti sonarjev postale reda velikosti človeškega telesa so postali zanimivi tudi za potrebe podvodnega reševanja, saj z njimi lahko detektiramo pod vodo pogrešano osebo. Na začetku so bile še pogoste zamenjave z debli ali drugimi telesi podobne oblike, z izboljšanjem ločljivosti in globinske ostrine pa so postali praktično nepogrešljivi pri preiskovanju dna.

Ob tehničnih karakteristikah pa je za uspešno reševanje ključna tudi izurjenost in usposobljenost operaterjev, ki z dovolj prakse dobijo občutek ločiti pod vodo iskano telo ali objekt od šuma in drugi predmetov. Pri tem je zelo pomembna tudi interpretacija podvodne slike, bodisi na ekranu v realnem času, ali kot tridimenzionalni prikaz izvedenih meritev.

Pogosto lahko izurjen operater na dovolj kakovostnem in velikem ekranu že preko prikaza v realnem času med skeniranjem opazi zazna iskano, zato je za potrebe podvodnega reševanj ekran enako pomemben kot kakovost in ločljivost sonarja.

Glede na velik tehnološki napredek in hiter razvoj sonarjev lahko pričakujemo, da bodo postali še bolj nepogrešljivi pripomoček pri podvodnem reševanju in preiskovanju dna, tudi na način 3D skeniranja s sondo, ki skenira v polovico celotnega prostorskega kota, kar bistveno skrajša čas

preiskovanja in potrebne materialne ter kadrovske zahteve, pomembno pa prispeva tudi k varnosti podvodnih reševalcev.