



G E O P R O J E K T

D.O.O. ZA PROJEKTOVANJE, INŽENJERING, PROMET I USLUGE EXPORT-IMPORT

Adresa: Studentska br.4, 81000 Podgorica, Montenegro; Tel/fax: +382 20 269 221; Mob: +38269 301 801, +38268 885 571

e-mail: geoprojekt@t-com.me, www.geoprojekt.me, PDV: 30/31-01373-8, PIB: 02132346, žiro račun: 520-105105-10

PROJEKAT

**DETALJNIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA UTICAJA IZGRADNJE
PRIVREMENE USTAVE NA MORAČI NA REŽIM PODZEMNIH VODA U ZONI
IZVORIŠTA BOLJE SESTRE**

P o d g o r i c a,

Jul, 2023. god.



G E O P R O J E K T

D.O.O. ZA PROJEKTOVANJE, INŽENJERING, PROMET I USLUGE EXPORT-IMPORT

Adresa: Studentska br.4, 81000 Podgorica, Montenegro; Tel/fax: +382 20 269 221; Mob: +38269 301 801, +38268 885 571

e-mail: geoprojekt@t-com.me, www.geoprojekt.me, PDV: 30/31-01373-8, PIB: 02132346, žiro račun: 520-105105-10

PROJEKAT

**DETALJNIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA UTICAJA IZGRADNJE
PRIVREMENE USTAVE NA MORAČI NA REŽIM PODZEMNIH VODA U ZONI
IZVORIŠTA BOLJE SESTRE**

D i r e k t o r,

Popović Milica dipl.inž.geol.

P o d g o r i c a,

Jul, 2023. god.

**Naziv
Projekta:** **DETALJNIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA UTICAJA
IZGRADNJE PRIVREMENE USTAVE NA MORAČI NA REŽIM
PODZEMNIH VODA U ZONI IZVORIŠTA BOLJE SESTRE**

Investitor: **REGIONALNI VODOVOD CRNOGORSKO PRIMORJE**

**Projektna
organizacija:** **D.O.O. «GEOPROJEKT» - PODGORICA**

**Autori
Projekta:** **Maksim Matović, dipl. inž. geol.**
Dr. Zoran Stevanović, dipl. inž. geol.

Saradnici: **Marina Međedović, dipl. inž. geol.**
Ana Vojinović, dipl. inž. geol.

**Vrijeme izrade
Projekta:** **Jul, 2023. god.**

D i r e k t o r,
Popović Milica, dipl.inž.geol.

I OPŠTI DIO

Potvrda o registraciji društva

Licenca za izradu tehničke dokumentacije

Ovlašćenje za projektovanje

Uvjerenje o polaganju stručnog ispita

II TEKSTUALNI DIO:

1	UVOD	1
2	PROJEKTNII ZADATAK	3
3	OPŠTI PODACI O ISTRAŽNOM PODRUČJU	4
3.1	GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG TERENA	4
3.2	GEOMORFOLOŠKE I HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA	4
3.3	KLIMATSKI USLOVI	5
	REŽIM PADAVINA METEOROLOŠKIH STANICA PODGORICA I CETINJE	5
3.4	SAOBRAĆAJNE VEZE I NASELJENOST ISTRAŽNOG PODRUČJA	8
4	PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA	9
4.1	USPOSTAVLJANJE MONITORING MREŽE	12
4.2	EVALUACIJA REZULTATA MONITORINGA VODA	27
4.3	KRATAK PRIKAZ GEOLOŠKIH I HIDROGEOLOŠKIH KARAKTERISTIKA ISTRAŽNOG PROSTORA	12
4.3.1	GEOLOŠKA GRAĐA TERENA	12
4.4	HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA	17
4.4.1	HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE KARSTNIH TERENA IZMEDJU MALOG BLATA I GRBAVACA	17
4.4.2	HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE RAVNIČARSKOG DIJELA GRBAVACA	18
5	PROJEKTNII REŠENJA PROCESA ISTRAŽIVANJA	31
5.1	KONCEPCIJA I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	31
5.2	ANALIZA SATELITSKIH SNIMAKA ZONE UZVODNO OD UŠĆA CIJEVNE U MORAČU	36
5.3	PREDLOG POZICIJA I KARAKTERISTIKA EKSPERIMENTALNE USTAVE	44
6	PREDMJER SA OPISOM I TEHNIČKIM USLOVIMA IZVOĐENJA RADOVA	49
6.1	IZVODJENJE I OPREMANJE PIJEZOMETARSKIH BUŠOTINA	49
6.1.1	PRIPREMNI RADOVI ZA IZVOĐENJE PIJEZOMETARSKIH BUŠOTINA	49
6.1.2	IZVOĐENJE PIJEZOMETARSKIH BUŠOTINA	49
6.1.3	DETALJNO HIDROGEOLOŠKO KARTIRANJE NABUŠENOG MATERIJALA	50
6.1.4	UGRADNJA PIJEZOMETARSKIH KONSTRUKCIJA I IZRADA ZAŠTITNOG BETONSKOG BLOKA BUŠOTINE	50
6.1.5	ISPIRANJE BUŠOTINA METODOM AIR-LIFTA	51
6.2	UGRADNJA HIDROMETRIJSKIH LETVI	51
6.3	SIMULTANA HIDROMETRIJA	51
6.4	OPIT TRASIRANJA	52
6.5	UZIMANJE UZORAKA VODE I IZRADA OSNOVNIH HEMIJSKIH I MIKROBILOŠKIH ANALIZA VODE	53
6.6	KALIBRACIJA POSTOJEĆEG HD MODELA	53
6.7	PRAĆENJE (MONITORING) FUNKCIONALNOSTI PRIVREMENE USTAVE U PERIODU POVODNJA (VELIKE VODE 2023/24)	53
6.8	OBRADA PODATAKA	53
7	DINAMIKA IZVOĐENJA ISTRAŽNIH RADOVA	54
8	SPECIFIKACIJA RADOVA PO VRSTI I OBIMU	55
9	EKONOMSKO OBRAZLOŽENJE	58

III SPISAK PRILOGA:

<i>Br. priloga</i>	<i>Naziv priloga</i>	<i>Razmjera</i>
1.	Geografski položaj istraživnog prostora sa položajem projektovanih istražnih radovaco	1 : 25 000
2.	Geološka karta šireg područja istraživanja	1 : 100 000
3.	Hidrogeološka karta šireg područja istraživanja	1 : 100 000
4.	Prognozni hidrogeološki presjek terena od Grbavaca do vrela Bolje Sestre	
5.	Situacija terena sa položajem projektovanih istražnih radova	1 : 25 000
6.	Tehnička konstrukcija pijezometra	1 : 100

OPŠTI DIO



IZVOD IZ CENTRALNOG REGISTRA PRIVREDNIH SUBJEKATA PORESKE UPRAVE

Registarski broj 5 - 0015834 / 013

PIB: 02132346

Datum registracije: 26.07.2002.

Datum promjene podataka: 21.11.2013.

"GEOPROJEKT" D.O.O., ZA PROJEKTOVANJE, INŽINJERING, PROMET I USLUGE, EXPORT- IMPORT

Broj važeće registracije: /013

Skraćeni naziv: GEOPROJEKT

Telefon:

eMail:

Datum zaključivanja ugovora: 26.02.1999.

Datum donošenja Statuta: 17.07.2002. Datum promjene Statuta: 19.11.2013.

Adresa glavnog mjesta poslovanja:

Adresa za prijem službene pošte: UL.STUDENSKA BR. 4 PODGORICA

Adresa sjedišta: UL.STUDENSKA BR. 4 PODGORICA

Pretežna djelatnost: 7112 Inženjerske djelatnosti i tehničko savjetovanje

Obavljanje spoljno-trgovinskog poslovanja: NIJE UNEŠENO

Oblik svojine:

Porijeklo kapitala:

Upisani kapital: 0,00Euro (Novčani Euro, nenovčani Euro)

Stari registarski broj: 1-6323-00

OSNIVAČI:

RAJKA RADULOVIĆ - JBMG/Broj Pasoša zaštićeni zakonom

Uloga: Osnivač

Udio: % Adresa: Lični podatak zaštićen zakonom

LICA U DRUŠTVU:

MAKSIM MATOVIĆ - JMBG/Broj Pasoša zaštićen zakonom

Adresa: Lični podatak zaštićen zakonom

Uloga: Tehnički direktor

Ovlašćenja u prometu: Neograničeno ()

Ovlašćen da djeluje: POJEDINAČNO ()

MILICA POPOVIĆ - JMBG/Broj Pasoša zaštićen zakonom

Adresa: Lični podatak zaštićen zakonom

Uloga: Izvršni direktor

Ovlašćenja u prometu: Neograničeno ()

Ovlašćen da djeluje: POJEDINAČNO ()

RAJKA RADULOVIĆ - JMBG/Broj Pasoša zaštićen zakonom

Adresa: Lični podatak zaštićen zakonom

Uloga: Ovlašćeni zastupnik

Ovlašćenja u prometu: ()

Ovlašćen da djeluje: POJEDINAČNO ()

Izdato: 05.06.2018 godine u 11:24h



NAČELNICA

M Dušanka Vujisić



CRNA GORA
MINISTARSTVO FINANSIJA CRNE GORE
PORESKA UPRAVA
CENTRALNI REGISTAR PRIVREDNIH SUBJEKATA
U Podgorici, dana 5.6.2018. god.

Podaci o registovanom privrednom subjektu

Registarski broj: 50015834
Matični broj: 02132346
Broj izmjene: 13
Naziv: "GEOPROJEKT" D.O.O., ZA PROJEKTOVANJE, INŽINJERING, PROMET I
USLUGE, EXPORT- IMPORT
Status: Aktivan
Stari registarski broj: 1-6323-00
Djelatnost: 7112 Inženjerske djelatnosti i tehničko savjetovanje
Skraćeni naziv: GEOPROJEKT
Adresa za prijem službene pošte: UL.STUDENSKA BR. 4 PODGORICA PODGORICA
Adresa sjedišta: UL.STUDENSKA BR. 4 PODGORICA PODGORICA
Datum registracije: 26.7.2002. god.
Datum promjene: 21.11.2013. god.

Izdato: 5.6.2018. god.



NAČELNICA

Dušanka Vujisić

Za *Alumid b*



MINISTARSTVO KAPITALNIH INVESTICIJA

Broj: 04-304/21-10001/4
Podgorica, 24.09.2021. godine

Ministarstvo kapitalnih investicija, rješavajući po zahtjevu **DOO „GEOPROJEKT“ – PODGORICA**, arhiviran u ovom ministarstvu pod brojem 01-304/21-10001/1, od 16.09.2021. godine koji se odnosi na izdavanje Licence za vršenje više vrsta geoloških istraživanja, na osnovu člana 12a stav 2 i 3 Zakona o geološkim istraživanjima („Sl.list RCG“, br. 28/93, 27/94, 42/94 i 26/07 i „Sl.list CG“, br. 28/11) Uslova za izdavanje licenci za vršenje poslova geoloških istraživanja („Sl.list CG“, br. 23/08), čl. 18 i 106 Zakona o upravnom postupku („Sl. list CG“, br. 56/14, 20/15, 40/16 i 37/17), kao i mišljenja Komisije za ocjenu ispunjenosti uslova za izdavanje Licence za izradu projekata i vršenja više vrsta geoloških istraživanja i izradu elaborata o rezultatima geoloških istraživanja, **izdaje**

L I C E N C U

Privrednom društvu **DOO „GEOPROJEKT“ – PODGORICA** za izradu projekata geoloških istraživanja, vršenje više vrste geoloških istraživanja i izradu elaborata o rezultatima geoloških istraživanja, i to:

- inženjersko-geološka (geotehnička istraživanja) i
- hidrogeološka istraživanja

Licenca se izdaje na period od pet godina, a ovjerava se svake godine.

Odobrila:

Vera Keljanović
v.d. Generalna direktorica

Obradio:

Veselin Vukčević
načelnik
email: vesko.vukcevic@mki.gov.me

MINISTAR

Mladen Bojanić





Crna Gora
Ministarstvo ekonomije

Broj: 01-3767/5-10
Podgorica, 28.07.2011. godine

Ministarstvo ekonomije, na osnovu člana 20. Pravilnika o programu i načinu polaganja stručnog ispita radnika koji rade na poslovima geoloških istraživanja ("Sl. list RCG", br. 1/94), izdaje

U V J E R E N J E
o položenom stručnom ispitu

Maksim Matović, dipl. inž. geologije, rođen 29.03.1983. godine u Nikšiću, položio je dana 27.07.2011. godine stručni ispit za radnike koji rade na poslovima geoloških istraživanja.

PREDSJEDNIK KOMISIJE

Goran Vušović
Goran Vušović

MINISTAR



dr Vladimir Kavarić

TEKSTUALNI DIO

1 UVOD

Tokom 2021. i 2022. godine, konzorcijum kompanija „Geoprojekt“ d.o.o. Podgorica, „Gea Protekta PR“ d.o.o. Beograd, Srbija i „Aquaterra ZT“ GesmbH Austrija realizovao je projekat **Monitoring, control and protection of the regional water supply source “Bolje Sestre”**. Projekat je dio Cross Water projekta (Ugovor Regionalni vodovod Crnogorsko Primorje, broj 20-4383/8) prekogranične saradnje koji finansira IPA, a koji uključuje partnere iz Italije, Albanije i Crne Gore. Osnovni cilj Projekat je bio poboljšanja vodosnabdevanja sa izvorišta Bolje Sestre a to je razdvojeno u tri glavne komponente (cilja):

- Izrada plana uspostavljanje monitoring mreže za praćenje podzemnih voda i padavina,
- Definisanje 3-e zone sanitarne zaštite, i
- Izrada Tehno-ekonomske studije za tehnička rešenja za proširenje kapaciteta izvorišta.

U okviru dokumenta "*Tehno-ekonomska studija za proširenje kapaciteta zahvatanja vode*" kao jedna od mogućih sanacionih mjera u pokušaju poboljšanja hidrauličke situacije navodi se izgradnja stalne brane na rijeci Morači. Kako bi se predvidjeli uticaji ove intervencije na izvorište, i formirale podloge za projektovanje i izgradnju trajnog objekta ili niza objekata (rešenje sa kaskadama) potrebno je izvesti hidrogeološka istraživanja koja bi obuhvatala praćenje uticaja izgrađene privremene nasute ustave na režim podzemnih i površinskih voda u široj zoni izvorišta Bolje Sestre, i to u periodu tokom i nakon izgradnje. Ideja o izgradnji brane na Morači, koja bi uticala na podizanje niva površinskih ali i podzemnih voda (koje su u direktnoj hidrauličkoj vezi), odnosno na reaktiviranje hidrauličke veze između površinskih i podzemnih voda u aluvijonu Morače kod Grbavaca, proistekla je na osnovu nekoliko činjenica:

- korito Morače je na području Grbavaca (od Lekića do oko 1 km nizvodno od ušća Cijevne) nekontrolisanim vadjanjem šljunka produbljeno na pojedinim djelovima i za više od 5m, čime je ubrzan vodotok i smanjeno prirodno prihranjivanje priobalja, tj. aluvijona Morače koji je u hidrauličkoj vezi sa karstnom izdani Koložuba i izvorištem Bolje Sestre. Ovo je potvrđeno geodetskim merenjima korita i obala rijeke, kao i vodnog ogledala u tri navrata, tokom hidroloških minimuma 2020, 2021 i 2022;
- konstatovano je da su nivoi vode u kopanim bunarima u Grbavcima opali za više od 3 metra ako se porede periodi prije otvaranja izvorišta (2007) i danas, a mnogi bunari su potpuno presušili;
- opitom trasiranja podzemnih voda nedvosmisleno je utvrđena fizička veza dvije izdani, karstne iz koje se dreniraju Bolje Sestre i aluvijalne u Grbavcima, sa kretanjem podzemnih voda iz pravca Grbavaca ka izvorištu Bolje Sestre, što je posebno izraženo tokom ljetnjeg minimuma kada je to ujedno i glavni vid prihranjivanja izvorišta;
- simultanom hidrometrijom na vodotoku Morače konstatovan je gubitak vode u koritu rijeke od Lekića (ušće Sitnice) do ušća Cijevne, koji u malovodju iznosi od 0.7 - 3.5 m³/s čime se potvrđuje prihranjivanje podzemnih voda aluvijona riječnim vodama, a koje se dalje prolongira u pravcu karstne izdani;
- privremeno pregradjivanje vodotoka Morače koje su jula 2020 izvele nelegalno i bez tehničke dokumentacije, organizacije koje su se bavile iskopavanjem šljunka i pijeska iz korita rijeke (rovokopačima je izveden dugački nasip kako bi se olakšala dalja eksploatacija), imalo je za neposrednu posledicu formiranje uspora na uzvodnom dijelu Morače, aktivnije prihranjivanje priobalja i posledično povećanje izdašnosti Boljih Sestara;
- na uspostavljenoj monitoring mreži podzemnih i površinskih voda koja je u funkciji od oktobra 2022., utvrđena je direktna zavisnost režima površinskih voda Morače, podzemnih

voda zbijene izdani na području Grbavaca kao i karstne izdani u zaleđu izvorišta i režima vode u vodozahvatu izvorišta Bolje Sestre. Evaluacija dosadašnjih rezultata sa monitoring mreže će biti posebno obrađena u ovom Projektu.

U skladu sa važećom zakonskom regulativom, izvođenje predmetnih detaljnih hidrogeoloških istraživanja će se vršiti prema ovom **“Projektu detaljnih hidrogeoloških istraživanja uticaja izgradnje privremene ustave na Morači na režim podzemnih voda u zoni izvorišta Bolje Bestre”**.

Projekat je urađen u skladu sa:

- Zakonom o geološkim istraživanjima (Zakon o geološkim istraživanjima), („Službeni list CG“, br. 26/07, 8. maja 2007. godine, br. 28/11, 3. juna 2011. godine),
- Pravilnikom o pripremi projekata za geološka istraživanja (Pravilnik o izradi projekata geoloških istraživanja, Službeni list Crne Gore, 1985; 9/85).

Projekat je urađen tokom juna 2023. Sastoji se iz tekstualnog dijela i grafičkih priloga.

2 PROJEKTNİ ZADATAK

U okviru dokumenta "*Tehno-ekonomska studija za proširenje kapaciteta zahvatanja vode*" kao jedna od mogućih sanacionih mjera u pokušaju poboljšanja hidrauličke situacije navodi se izgradnja stalne brane na rijeci Morači. Kako bi se predvidjeli uticaji ove intervencije na izvorište, i formirale podloge za projektovanje i izgradnju trajnog objekta ili niza objekata (rešenje sa kaskadama) potrebno je izvesti hidrogeološka istraživanja koja bi obuhvatala praćenje uticaja privremene nasute ustave na režim podzemnih i površinskih voda u široj zoni izvorišta Bolje Sestre, i to u periodu tokom i nakon njene izgradnje. U skladu sa Zakonom, potrebno je uraditi Projekat detaljnih hidrogeoloških istraživanja u okviru kojeg bi se između ostalog definisala pozicija i kota privremene ustave. Na osnovu ovog Projekta detaljnih hidrogeoloških istraživanja terena obezbjediće se Rješenje kojim se Investitoru odobrava izvođenje detaljnih hidrogeoloških istraživanja terena od strane nadležne Institucije - Zavod za geološka istraživanja Crne Gore.

Na osnovu informacija o položaju i karakteristikama privremene pregrade koja je potrebna za vršenje eksperimenta, a u skladu sa tehničkim uslovima koje je propisala Uprava za vode Crne Gore, potrebno je izraditi poseban Građevinski projekat koji se odnosi na izgradnju privremene ustave - kaskade poprečno preko korita Morače između Lekića i ušća Cijevne u Moraču. Cilj ustave je usporiti rječnu vodu i omogućiti duži kontakt između površinskih voda i aluvijona, i time stimulirati prihranjivanje aluvijalne izdani.

Što se tiče izvođenja detaljnih hidrogeoloških istraživanja koja prate izgradnju ustave ona treba da kroz nove podatke i sistematski i produženi monitoring pruži što je moguće pouzdanije podloge za izradu projekta trajnih objekata, brane ili kaskada duž rijeke Morače, kako bi se izvršila njena rehabilitacija i ponovno uspostavili hidraulički odnosi koji su bili prije otvaranja izvorišta, odnosno početka forsirane eksploatacije rječnog materijala. Projektant treba da previdi najracionalniji obim dodatnih hidrogeoloških istražnih radova koji prate izgradnju privremene nasute brane, koja će verifikovati rješenja predložena u Tehno-ekonomskoj studiji za proširenje kapaciteta zahvatanja vode (Geoprojekt i dr. 2021) i omogućiti da se njihovom realizacijom prikupe relevantni podaci za ocjenu najpovoljnijih tehničkih rješenja koja će omogućiti rehabilitaciju i stabilizaciju izdašnosti izvorišta Bolje Sestre.

Predviđeno je da se privremena ustava postavi u periodu hidrološkog minimuma. Nakon izvršenih detaljnih hidrogeoloških istraživanja, potrebno je uraditi poseban Elaborat o rezultatima izvršenih detaljnih hidrogeoloških istraživanja, koji će u slučaju dobijanja pozitivnih rezultata eksperimenta, poslužiti kao podloga za projektovanje trajnih rješenja koja bi uključila izgradnju ustave ili ustava (kaskadnog tipa) na rijeci Morači. U slučaju da se monitoring režima podzemnih i površinskih voda nastavi i nakon izgradnje privremene ustave u prvom sledećem periodu velikih voda, nakon tog perioda osmatranja izradiće se Aneks elaborata o rezultatima hidrogeoloških istraživanja koji će obuhvatiti i rezultate ovih osmatranja.

Budva, maj 2023.

INVESTITOR

REGIONALNI VODOVOD CRNOGORSKO PRIMORJE



3 OPŠTI PODACI O ISTRAŽNOM PODRUČJU

3.1 Geografski položaj istraživanog terena

Basen Malog blata u okviru koga se nalazi izvorište Bolje Sestre, nalazi se na krajnjem severozapadnom obodu Skadarskog jezera. Prostor Malog blata uokviren je sa zapada padinama Bobije (k. 433 m) i V. Vezca (k. 447 m), sa severa atarima sela Sinjca i padinama Veljeg vrha (k. 418 m), a sa istoka krečnjačkom prečagom Kolozub – Lepina ploča. Sa južne strane basena Malog blata nalaze se vodotoci Šegrtnica i njegova jedina otoka Biševina, koje čine reku Karatunu, koja se pošto primi Bazagursku maticu, uliva u Rijeku Crnojevića.

Izvorište Bolje Sestre se nalazi na sjeveroistočnom obodu Malog blata, odnosno na oko 350 m jugoistočno od poluostrva Kosmač.

Područje istraživanja obuhvata zonu izvorišta Bolje Sestre, kao i karstno zaleđe i aluvijalnu zaravan između Lekića i Vukovaca do rijeke Morače.

Geografski položaj šireg područja istraživane lokacije je prikazan na prilogu 1, u okviru kojeg su prikazane i koordinate tačaka istražnog područja (tabela 1):

Tabela 1. Koordinate tačaka istražnog područja

	Y	X
1	6 594 000	4 695 000
2	6 600 000	4 695 000
3	6 600 000	4 688 000
4	6 594 000	4 688 000

3.2 Geomorfološke i hidrološke karakteristike terena

U geomorfološkom pogledu, na području istraživanja mogu se izdvojiti dvije cjeline i to: karstno zaleđe izvorišta Bolje Sestre sa vrhovima Velja Greda (249 m.n.m.), Kolozub (221 m.n.m.) i Jež (109 m.n.m.) i relativno ravničarski teren u dolini Morače izgrađen od aluvijalnih i glaciofluvijalnih sedimenata predstavljenih pjeskovima i pjeskovitim-šljunkovima sa kotama od oko 20 m.n.m. u zoni Lekića do oko 10 m.n.m u zoni Vukovaca.

Šira okolina Skadarskog jezera u dijelu zaliva Malo Blato karakteristična je po intenzivnom razviću karstnih pojava u veoma karstifikovanim jurskim i krednim krečnjacima (tipski holokarst). Sa istočne i zapadne strane jezero ograničavaju dve karstne grede. Brdoviti teren, koji okružuje Malo blato je obrastao retkom i niskom žbunastom vegetacijom. Južni deo jezera otvoren je u pravcu naselja Žabljak gde prelazi u povremeno plavnu ravnica. Bogata barska vegetacija razvijena je u muljevitom nanosu oko ušća voda vrele Sinjac u Malo blato.

Autori RHMZ CG (2005) navode da je “Malo blato autohtoni hidrološki objekat, smješten u karstnoj depresiji, sjeverno od basena Skadarskog jezera, sa kojim ima hidrološku vezu preko rijeke Biševine, svoje otoke. Prihranjuje se preko povremene Sinjačke rijeke, razbijenih karstnih izdani, koje se prazne preko brojnih vrela duž istočnog, sjevernog i zapadnog oboda i direktnim površinskim slivanjem padavina. U vrijeme visokog vodostaja, većina vrela sa oboda je prekrivena jezerskom vodom. Sa jugozapadnog oboda jezera otiče jedina njegova otoka – rijeka Biševina”.

Na oko 2 km istočno od izvorišta Bolje Sestre, nalazi se ušće rijeke Cijevne u Moraču, Morača se nakon nekoliko kilometara uliva u Skadarsko jezero, kojem donosi oko 62 % voda. Srednji višegodišnji proticaj Morače na vodomjernoj stanici „Podgorica” iznosi oko 160 m³/s. Srednji višegodišnji proticaj rijeke Cijevne iznosi oko 25 m³/s. U sušnom periodu godine korito Cijevne je najčešće suvo na potezu od Dinoša do ušća u Moraču.

3.3 Klimatski uslovi

Slivno područje Jadranskog mora, odnosno sve jugozapadne i južne regije Crne Gore, karakteriše godišnja raspodjela padavina karakteristična za područja koja su pod direktnim uticajem okeana i mora (Hrvačević, 2004). Crna Gora je u pojasu koji predstavlja prelaz između subtropskog područja visokog pritiska i područja gdje prevladavaju zapadni vjetrovi i ciklone aktivnosti.

Položaj Crne Gore na južnom delu Jadranske obale, nasuprot Otrantskom moreuzu, imao je poseban uticaj na režim padavina, koji ovdje ima mediteranski režim, i dostiže evropske pikove (Hrvačević, 2004). To je područje sa najintenzivnijim hidrološkim režimom u Evropi. Blizina Jadranskog mora, kao i topografija terena, ima najveći uticaj na pluviometrijski režim istraživanog područja.

Režim padavina meteoroloških stanica Podgorica i Cetinje

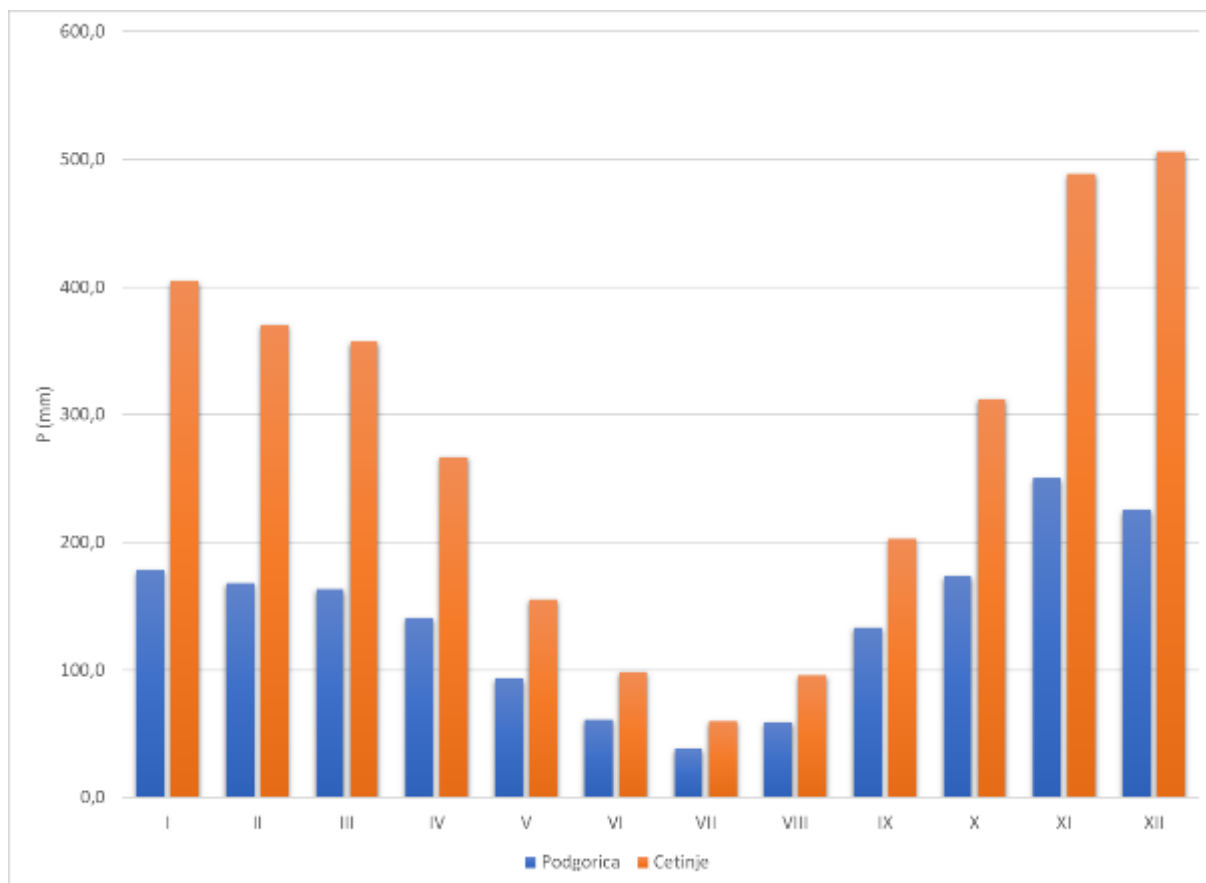
Prisutan je primorski i mediteranski - primorski tip distribucije padavina, kako duž obale, tako i u centralnim područjima Crne Gore. Karakteriše se velikom količinom padavina tokom jeseni i rane zime, sa izuzetno niskom količinom padavina tokom letnjih meseci. Najviša prosečna mesečna količina padavina javlja se u kasnu jesen ili ranu zimu, odnosno u novembru i decembru. Količina padavina naglo se povećava od jugozapada ka severoistoku, odnosno od neposrednog priobalnog pojasa, gde se kreću od 1250 do 1920 mm, do preko 3000 mm padavina u zoni planinskih masiva Orjen, Lovćen i Rumija. Opšta tendencija smanjenja padavina je od severozapada ka jugoistoku: u pravcu Cetinja - Ostrosa, kao i u pravcu Nikšić - Podgorica. Velike količine padavina duž priobalnih planina javljaju se tokom godine kada je nad Mediteranom izražena ciklonalna aktivnost.

Režim padavina u istraživanom području analiziran je na osnovu prosječnih mjesečnih vrijednosti padavina, prikupljenih iz dvije najbliže meteorološke stanice: Podgorica (PG) i Cetinje (CT). Podgorička meteorološka stanica udaljena je približno 12 km sjeveroistočno od karstnog izvora Bolje Sestre, dok je meteorološka stanica Cetinje 22 km sjeverozapadno. Analizom podataka o mjesečnim količinama padavina prema Zavodu za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore (IHMS) i vrijednosti prosječnih mjesečnih padavina i statističkih parametara podataka: standardne devijacije (s), koeficijenta varijacije (Cv) i koeficijenta asimetrije (Cs), možemo zaključiti da su prosječne padavine na Cetinju gotovo dva puta (1,9) veće nego na području Podgorice.

U mjesečnim vrijednostima padavina prikupljenim na meteorološkoj stanici Podgorica za period 1960-2020 (prema IHMS), uočen je potpuni izostanak padavina (10/1965, 10/1969, 09/1970, 07/1988, 02/1993, 03/2012, 12/2015), a najveća suma padavina bila je 661,9 mm (novembar 2019), dok su godišnji ekstremi minimum 896,9 mm (2011) i maksimum 2475,7 mm (2010).

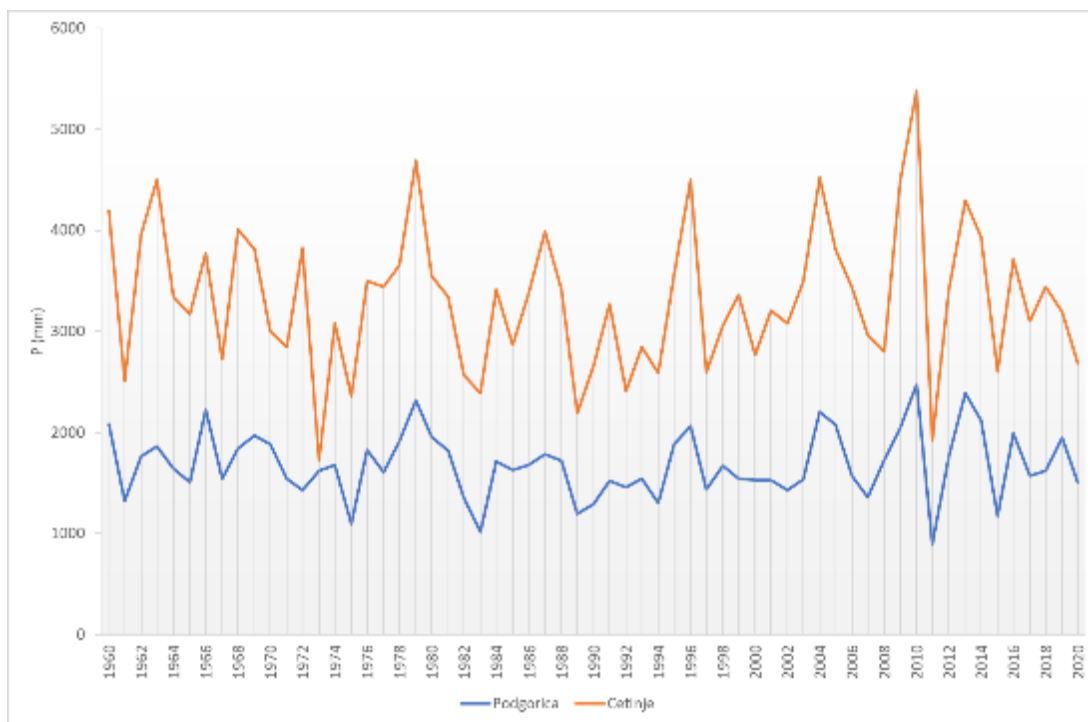
Za Cetinje, mesečne vrednosti padavina za isti period (prema IHMS) su: najniže 0 mm (10/1965, 10/1969, 07/1971, 08/1971, 06/1972, 08, 09, 10 i 11/1973, 12/2015) i najviše 1027,5 mm (februar 1969), dok su godišnji ekstremi minimum 1730,1 mm (1973) i maksimum 5383 mm (2010).

Grafički prikaz unutargodišnje raspodele prosječnih mesečnih padavina sa obe meteorološke stanice u periodu 1960 - 2020. dat je na slici 1.



Slika. 1. Prosječne mjesečne vrijednosti padavina sa meteoroloških stanica Podgorica i Cetinje za period 1960-2020, prema podacima IHMS

Kada uzmemo u obzir različite vremenske periode, na obje meteorološke stanice (slike 1 i 2) može se zaključiti da su maksimumi na početku godine (januar - mart) znatno veći u posljednjih 10 godina i da je minimum malo niži u periodu 2010-2020 u odnosu na period od svih 60 godina. Ukupna godišnja prosečna količina kiše je veća, ali je neravnomernije raspoređena u posljednjih 10 godina.



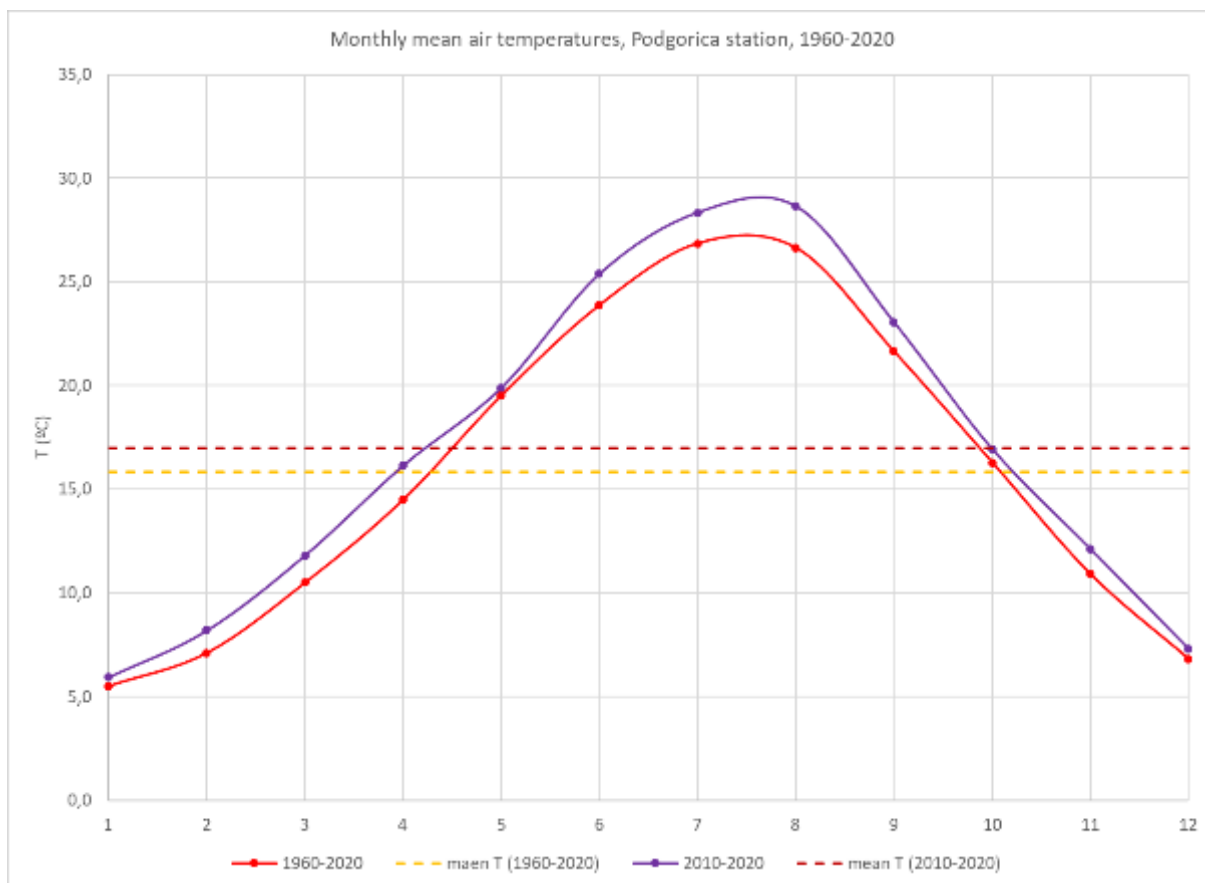
Slika. 2 Godišnje vrijednosti padavina sa meteoroloških stanica Podgorica i Cetinje za period 1960-2020, prema podacima IHMS

Temperaturni režim meteorološke stanice Podgorica

Temperatura vazduha u ovom području je pod istim klimatskim uticajem kao i padavine. Promjena temperature zavisi od blizine mora, apsolutne visine pojedinih djelova sliva, kao i orografije terena. Zbog blizine i otvorenosti Jadranskog mora, uticaj mediteranske klime prenosi se Skadarskim jezerom (Hrvačević, 2004). Primjetan je režim morskog vazduha, koji dominira u dolinama rijeka Zete i Morače i Skadarskog jezera, a kontinentalni uticaj se javlja u pravcu sjevera i sjeveroistoka. Prelazak u kontinentalnu klimu osjeća se na području sjeverno i sjeverozapadno od Podgorice.

Najtopliji mjeseci na istražnom području, kao i na teritoriji čitave Crne Gore, su jul i avgust, a najhladniji je januar. Najhladniji je bio januar 1968. godine sa srednjom vrednošću temperature vazduha od 2,4 °C, a najtopliji mesec sa prosekom od 30,3 °C avgust 2003. Prosečne godišnje temperature vazduha u periodu 1960-2020. su 15,8 °C. Najtoplija godina u prosjeku bila je 2019. Tsr = 17,4°C, a godine sa najnižom prosečnom temperaturom vazduha bile su 1976. i 1980. kada je ona u prosjeku iznosila 14,4°C.

U poslednjih 60 godina dolazi do blagog porasta srednjih mjesečnih vrednosti temperature vazduha, a primjetno je da je u poslednjih 10 godina porast još izraženiji.



Slika. 3 Prosječne mjesečne temperature vazduha sa meteoroloških stanica Podgorica za period 1960-2020 i 2010-2020 (IHMS)

3.4 Saobraćajne veze i naseljenost istražnog područja

Područje istraživanja je saobraćajno povezano lokalnim putevima koji vode do naselja Lekići, Grbavci i Vukovci kao i lokalnom saobraćajnicom do izvorišta Bolje Sestre. U naselju Lekići prema popisu iz 2003. godine živi 196 stanovnika, u Grbavcima 552 a u Vukovcima 429 stanovnika.

4 PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA

Evaluacija prethodno sprovedenih hidrogeoloških istraživanja na širem području istražnog područja Malo blato i izvorišta Bolje Sestre, od velikog su značaja za razumjevanje veoma složenih hidrogeoloških uslova i hidrodinamike karstne izdani i odnosa sa drugim izdanima i površinskim vodama.

Najveći obim istražnih radova u ranijim fazama istraživanja izvorišta za regionalno vodosnabdjevanje, sproveden je na području sublakustrijske vrulje Karuč u istoimenom zalivu Skadarskog jezera ("Energoprojekt", Beograd). Problemi načina zahvata izdanskih voda (izbegavanje mešanja voda duboke vrulje sa vodama jezera) i transporta do Orahovskog polja glavni su razlozi koji su uslovili da ovo rešenje ne bude primjenjeno.

Do 2005. i izrade Cost benefit analize područje Malog blata nije bilo predmet detaljnih istraživanja, potrebnih za nivo idejnog rešenja vodosnabdjevanja Crnogorskog primorja, ali se i u ranije publikovanoj i fondovskoj literaturi sreće niz podataka o geologiji i hidrogeologiji ovih terena, kao i vruljama Skadarskog jezera, uključujući izvorište Bolje Sestre.

Šire područje bilo je obuhvaćeno hidrogeološkim proučavanjima Zavoda za geološka istraživanja Crne Gore u sklopu izrade Osnovne hidrogeološke karte 1:100.000 (list Titograd).

Radulović V. u više radova daje podatke i opisuje hidrogeološke pojave i posebno vrulje, poznatije kao "oka", po obodu Skadarskog jezera (1983, 1989, 1997, 2000).

Radulović M. u monografiji "Hidrogeologija karsta Crne Gore" (2000) navodi da "vrulja Bolje Sestre ističe iz slojevitih dolomitičnih krečnjaka kredne starosti, na sjeveroistočnom obodu Malog blata, ispod zapadnih padina brda Kolozub (220mnm). Ovo je razbijeno izvorište, jer voda ističe na potezu dužine 25m". Većim delom godine vrelo je potopljeno jezerskom vodom. Autor navodi i da je izdašnost teško proceniti, ali se smatra da u sušnom periodu nije manja od 2.0 m³/s. Ova procena autora je u potpunosti potvrđena rezultatima hidroloških merenja u periodu najnižih vodostaja tokom 2005. i 2006.

Burić M. je jedan od glavnih inicijatora i predlagača korišćenja voda jezera preko otoke Malog blata Biševine za regionalno vodosnabdevanje Primorja. Ovu problematiku razmatra u više radova, elaborata i ekoloških studija. U jednom od radova sa M. Radulovićem (2005) razmatra pozitivne i negativne aspekte pojedinih tehničkih rešenja na razmatranim izvorištima.

Na osnovu zaključka Cost-benefit analize JP «Regionalni vodovod Crnogorskog primorja» organizovao je u periodu 2005 - 2007 deo neophodnih dopunskih istraživanja u široj zoni izvorišta Bolje Sestre. U realizaciji su učestvovali stručnjaci IK Konsalting i Rudarsko Geološkog fakulteta iz Beograda, JU Zavoda za geološka istraživanja iz Podgorice, JU Centra za toksikološka ispitivanja (CETI) iz Podgorice, «Geoprojekt», Podgorica, „Akvanaut“, Podgorica, Instituta za biološka istraživanja „Siniša Stanković“, Beograd, i Hidrometeorološkog zavoda Crne Gore.

Hidrometeorološki zavod CG sproveo je opit bojenja na vodotku Morače kod Grbavaca tokom avgusta 2005, kao i kvantitativno i kvalitativno praćenje izvorišta Bolje Sestre i reke Biševine (praćenje temperaturnog režima, proticaja i kompletne analize vode), koje nije dalo želejni rezultat identifikacije trasera.

JU Centar za toksikološka ispitivanja iz Podgorice početkom jula 2006. sproveo je detaljna ispitivanja vode i sedimenata na izvorištima Karuč i Bolje Sestre. Stručnjaci Instituta «Siniša Stanković» iz Beograda takođe jula 2006. izvršili su hidrobiološka istraživanja vode Bolje Sestre koje su obuhvatile ekološke analize fito- i zooplanktona i analizu mikrobiološke komponente. Cilj ispitivanja planktona

bio je procena dostignutog stupnja trofije vode ovog izvorišta kao i procena kvaliteta vode na mestu mogućeg vodozahvata na osnovu planktonske komponente akvatičnog ekosistema. Mikrobiološka ispitivanja Instituta «Siniša Stanković» obuhvatila su ispitivanja fizioloških grupa, kao i određivanje stepena samoprečišćavanja uz definisanje dominantne mikroflore. Istraživanja kvaliteta vode JU Centra za toksikološka ispitivanja nastavljaju se i tokom cele 2006. i tokom 2007. i traju i nadalje od strane drugih organizacija – Zavoda za javno zdravlje.

Geofizička i hidrogeološka istraživanja na prostoru između Malog blata i vodotoka Morače izvedena su od strane «Geoprojekt» Podgorica u više faza od maja do kraja jula 2006. Istraživanja su se sastojala u izvođenju elektromagnetskih ispitivanja (skeniranja) primenom VLF metode (*very low frequency*). Elektromagnetska istraživanja izvedena su na tri profila, ukupne dužine 3 km. Ovim merenjima utvrđeni su glavni pravci tektonskih dislokacija na prostoru izvorišta kao i u Grbavcima, koji povezani daju pretpostavljene glavne pravce cirkulacije izdanskih voda u slivu. U ravničarskom delu terena između sela Grbavci i vodotoka Morače, izvedena su geoelektrična tomografska ispitivanja duž dva profila dužine po 400 m.

U cilju utvrđivanja hidrogeoloških uslova u aluvijalnoj ravni Morače na delu sela Grbavci izvedene su 3 istražne bušotine. Tokom 2006. izvedeno je istražno bušenje IBG₁ u aluvijalnim naslagama do dubine 27 m sa ϕ 146 mm, sa ugradnjom perforiranih i punih cevi ϕ 125 mm. U cilju dobijanja što pouzdanijih informacija o postojanju hidrauličkih veza i njihovom karakteru u okviru karstne izdani koja se drenira na izvorištu Bolje Sestre i obodnih otvorenih delova ove izdani u prostoru Grbavci, u toku 2007. izvedene su još dve istražne hidrogeološke bušotine dubine do 30m, koje su opremljene pijezometarskim konstrukcijama ϕ 125 mm.

Dopunska istraživanja, posebno bušenja i trasiranje, izvedena tokom 2007, dala su značajne prinove i podloge za rešavanje problematike vodosnabdevanja, utvrdile pravce kretanja izdanskih voda i doprinele potvrdi stava o opravdanosti kaptiranja izvorišta Bolje Sestre kao najpovoljnijeg rešenja, uz zaključak da je neophodno da se u sklopu izvođenja dopunskih istraživanja za nivo glavnog projekta, definišu uslovi najpovoljnijeg zahvata, režima eksploatacije i monitoringa voda, kao i njegove sanitarne zaštite.

Novoizvedene istražne bušotine IBG₂ i IBG₃ potvrdile su veoma izraženu anizotropnost i heterogenost karstne izdani. Dok je jedna izradjena upotpuno kompaktnom i nesaturisanom krečnjačkom bloku, druga (IBG₂) je u karstifikovanom i veoma propusnom bloku.

Opitom bojenja izvršenom na bušotini IBG₂ utvrđena je hidraulička veza sa izvorom br. 6 - Čkanjak severno od vrulje Bolje Sestre. Na izvorištu Bolje Sestre kao i drugim osmatranim vodnim objektima nije došlo do vidljive pojave boje, što ukoliko je tačno svedoči o relativnoj izolovanosti i blokovskom karakteru karstne izdani. S druge strane, realna je mogućnost da je traser doša i do izvorišta Bolje Sestre ali nije identifikovan zbog male preciznosti korišćene instrumentacije (na ovo ukazuju najnoviji rezultati pri izradi TES, 2021.). Konstatovano je da vrednost filtracione brzine dobijene opitom obeležavanja, od oko 2.5 cm/s odgovara prosečnoj vrednosti za terene i izdani u karstu Crne Gore. Radi se o prilično razradjenom sistemu karstnih kanala kojim se izdanski tok kreće od IBG₂ prema zapadu i delu ležišta izdanskih voda u kome postoji značajna akumulacija voda karstne izdani.

U sklopu realizacije radova po „Projektu dopunskih hidrogeoloških istraživanja za nivo glavnog Projekta za vodosnabdevanje Crnogorskog primorja izvorišta Bolje Sestre“, (Stevanović i dr., 2007. g), izvedeno je 8 istražno-pijezometarskih bušotina u užoj okolini izvorišta Bolje Sestre. Radovi su izvedeni u periodu jun-jul 2007.godine od strane Zavoda za geološka istraživanja Crne Gore. Za razliku od konstatovane relativno male izdašnosti većine izvedenih bušotina u dve glavne zone bušotina B-8 koja je izvedena u neposrednom zaleđu vrulje Bolje Sestre, na oko 30 m istočno, utvrdila je karstifikovane krečnjake sa kavernama od 30 – 80 cm, na dubini od 6 – 12 m od površine terena. Nakon

ispiranja bušotine, izvršen je opit crpenja (04.07.2007.) kapacitetom od 4.28 l/s, pri čemu nije registrovano obaranje nivoa vode u bušotini što je ukazivalo na velike količine i aktivnu cirkulaciju izdanskih voda. Na ovoj bušotini izveden je opit trasiranja Na-fluorosceinom 06.07.2007. a boja se pojavila na izvoristu za samo 4 minuta. Rezultat bojenja u pogledu brzine izdanskog toka je sljedeći:

- Rastojanje između izvora i bušotine je $l=30$ m;
- Vrijeme pojave trasera $t=4$ min (240 s) ;
- Brzina filtracije $V= 12,5$ cm/s.

Po istom postupku izvršen je traser test i u istražnoj bušotini B-1, koja se nalazila 150 m sjeverno od izvorišta, ali se boja nije pojavila na izvoristu već u ševaru 45 m zapadno od bušotine.

Tokom Avgusta 2007 izrađen je Elaborat o određivanju i održavanju zona sanitarne zaštite za izvorište Bolje Sestre (IK Konsalting i projektovanje, Beograd, Srbija).

Nakon izgradnje i puštanja u rad izvorišta, vršeno je periodično mjerenje izdašnosti izvorišta a između ostalog rezultati mjerenja su predstavljeni u okviru dokumenata „Analiza postojećeg stanja izdašnosti izvorišta Bolje Sestre, potencijalni rizici i mjere za prevazilaženje“ (JP Regionalni vodovod Crnogorsko primorje, 2018) i „Analiza prirodnih i antropogenih uticaja na režim izdašnosti vodoizvorišta Bolje Sestre“ (CEMA d.o.o. Podgorica, 2020). Obrađeni su rezultati mjerenja izdašnosti od prvih mjerenja obavljenih 23.08.2005. do 05.09.2020. godine, i uočen je vrlo jasan trend opadanja izdašnosti. To je naročito bilo izraženo tokom 2020.godine.

Tokom 2021. i 2022. godine, konzorcijum kompanija „Geoprojekt“ d.o.o. Podgorica, „Gea Protekta PR“ d.o.o. Beograd, Srbija i „Aquaterra ZT“ GesmbH Austrija realizovao je projekat **Monitoring, control and protection of the regional water supply source “Bolje Sestre”**. Projekat je bio dio Cross Water projekta (Ugovor Regionalni vodovod Crnogorsko Primorje, broj 20-4383/8) prekogranične saradnje koji finansira IPA, a koji je uključio partnere iz Italije, Albanije i Crne Gore. Osnovni cilj Projekta je bio poboljšanja vodosnabdijevanja sa izvorišta Bolje Sestre a to je razdvojeno u tri glavne komponente (cilja):

- Izrada plana uspostavljanje monitoring mreže za praćenje podzemnih voda i padavina,
- Definisanje 3. zone sanitarne zaštite, i
- Izrada Tehno-ekonomske studije za tehnička rešenja za proširenje kapaciteta izvorišta.

Rezultati istraživanja predstavljeni su Investitoru kroz Periodične izvještaje, Izvještaj o monitoring mreži, Izvještaj o uspostavljanju treće zone sanitarne zaštite (ZSZ) izvorišta Bolje Sestre i Tehnoekonomsku studiju za proširenje kapaciteta zahvatanja vode.

U sklopu ovog projekta izvedena su obimna terenska, laboratorijska i kabinetska istraživanja koja su obuhvatala: hidrogeološko kartiranje terena sa izradom GIS baze podataka, osmatranje nivoa podzemnih voda na postojećim bunarima u Grbavcima i Vukovcima, uzorkovanje vode i izradu hemijskih i izotopskih analiza, simultanu hidrometriju na Morači, Cijevni i Biševini u različitim hidrološkim periodima, opit trasiranja, geodetska osmatranja korita Morače na tri profila, geofizička ispitivanja. Rezultati ovih istraživanja, predstavljeni su uglavnom u okviru poglavlja **4.2. Hidrogeološke karakteristike terena.**

Iako različite po nazivima i opštem sadržaju, sve tri grupe aktivnosti mogu se smatrati zajedničkim sa jednim istim ciljem: dovršiti ono što nedostaje ili se čekalo od početka eksploatacije izvorišta i uspostaviti osnovu za buduće održivo i efikasno upravljanje vodama. Među ovim aktivnostima su najvažnija aktuelna pitanja - analizirati i objasniti razloge opadanja kapaciteta izvorišta Bolje sestre u

poslednjih nekoliko godina, predložiti korektivne tehničke mere za oporavak izvorišta, i predložiti način unapređenja tehnologije zahvata i prečišćavanja vode, i na taj način obezbediti stabilnost RVS.

U tehničko – ekonomskoj studiji (TES) je razmotreno, evaluirano i optimizovano sedam načina (opcija), na koje je moguće poboljšati sistem i iskoristiti druge izvore vodosnabdijevanja. Za svaku od ovih opcija dat je opis predloženog tehničkog rješenja i tretmana zahvaćene vode. Analize su zasnovane na realno mogućim količinama vode i ostvarljivim ciljevima koji se tiču kapaciteta eksploatacije za period od narednih 10 godina, što se poklapa sa izdašnošću od oko 1300 l/s koja je zacrtana kao potrebna do 2030.godine od strane Energoprojekta, Beograd koji sproveo ove analize u 2021. godini.

U sanaciji postojećeg nepovoljnog i problematičnog stanja izvorišta Bolje sestre primarni zadatak je spriječiti dalji pad proticaja, potom stabilizovati ga i podići na realno mogući nivo, a potom ga nadograditi do postizanja cilja iz faze II. Za svaku predloženu opciju izvršena je procjena troškova, koji se odnose na dodatna istraživanja, projektovanje i izgradnju.

Za svih sedam opcija predloženi su procesi i tehnologije tretiranja voda, na osnovu raspoloživih podataka i rezultata izvedenih hemijskih, mikrobioloških i izotopskih istraživanja.

Iako se TES nije bavio svim detaljima koji će biti predmet glavnih projekata, obuhvaćena su potrebna dodatna istraživanja i definisane specifične metode za proširenje kapaciteta Bolje Sestre.

4.1 Kratak prikaz geoloških i hidrogeoloških karakteristika istražnog prostora

4.1.1 Geološka građa terena

Prostor Malog blata, odnosno oka (vrulje) Bolje Sestre, prema geološkog građi, pripada zoni Starocrnogorske kraljušti. Najstarije otkrivene tvorevine u okviru ove strukturne celine su trijasko starosti, ali one nisu zastupljene u okviru šireg prostora oka Bolje Sestre.

Jurske tvorevine su dominantne u izgradnji prostora Malog blata, odnosno u zaleđu oka (vrulje) Bolje Sestre. Zastupljena je jura u potpunom razviću: lijas, doger i malm, i to u faciji krečnjaka i dolomita (prilog 2).

Litostratigrafski sastav

Jura (J)

Lijas (J_1)

Lijaski sedimenti izgrađuju južni deo prostora neposredno zaleđe Dodoša (Bobija) i krečnjačke humove Andrijska gora, Kom itd.

Utvrđene su facije:

- Dolomita i dolomitičnih krečnjaka (1J_1) i
- Dolomita i sivih litotitskih krečnjaka (2J_1).

Dolomiti i dolomitični krečnjaci (1J_1) u području Rijeke Crnojevića konkordantno leže preko dolomita trijasa (ne može se povući granica između njih jer ne postoje litološke i strukturno-tekturne razlike), s tim što su nešto svetlije boje. Dolomitični krečnjaci su podređeni u odnosu na dolomite. Bankoviti su, ređe masivni. Debljina ove serije je oko 125 m.

Dolomiti i sivi litiotitski krečnjaci (J_1) leže konkordantno preko starijih sedimenata. Izgrađuju jugozapadne delove Malog blata, odnosno karbonatni masiv u zaleđu Dodoša i prostore Karuča i Volača. U donjem delu su dolomiti koji se smenjuju sa nešto tanjim slojevima krečnjaka, iznad kojih leže sivi, slabije laporoviti litiotitski krečnjaci.

Debljina ovih sedimenata je oko 250 m.

Doger-malm ($J_{2,3}$)

Stratifikovani dolomiti i pseudoolitični i oolitični krečnjaci ($J_{2,3}$) izgrađuju istočni obod Malog blata, počev od Sinjca na severu (Kalubur oko), zapadne obode Čalovice i Brašnjeni brda, masu Bukova, zapadne obode Debele Rudine i Velje Grede, ostrvo Kosmača, potopljeni deo Bolje Sestre, zapadne obode Obluna, Sjenokosa i Lijepe ploče, kao i prostor Biotskog oka.

Takođe izgrađuju zapadni obod Bobije odnosno. Goliju, Malu Bobiju, Velju Bobiju, Buzu i Grub i na zapad prostor Karuča i Volača, odnosno Bazagurske matice.

Najniži delovi ove serije liče na lijaske karbonate. Karbonati su najčešće grudvasti, i pseudoolitični. U višim delovima su oolitični, ponekad sa krupnim oolitima.

Debljina ovih sedimenata je oko 350 m.

Malm (J_3)

Dolomitični krečnjaci, dolomiti i krečnjaci ($J_3^{2,3}$) gornjeg kimeridža – portlanda (J_3^2) su taloženi direktno preko dogerskih sedimenata.

Izgrađuju severozapadne obode Malog blata odnosno više delove V. Vezca i Bobije (vrhove: Goliju, Malu Bobiju, Velju Bobiju) i na zapadu prostor zaleđa Karuča i Volača. Takođe izgrađuju zapadne obode Sinjca i više delove krečnjače mase između Morače (selo Grbavci) i Malog Blata (Debele Rudine i Velje Grede), kao i širi prostor izvorišta Bolje Sestre. Kod poslednjih lokacija su u tektonskom odnosu sa donjokrednim sedimentima.

Ova krečnjačko-dolomitska facija, predstavljena je bankovitim sivožutim kristalastim i detritičnim dolomitima i dolomitičnim krečnjacima, podređeno čistim krečnjacima.

Debljina ovih sedimenata je oko 200 m.

Kreda (K)

Kredni sedimenti su predstavljeni krečnjacima, dolomitičnim krečnjacima i dolomitima. U najnižem dijelu su beli do sivobeličasti krečnjaci, iznad sivkasti krečnjaci, u prelaznim slojevima alb-cenomana pored krečnjaka zastupljeni su slojeviti, slabije bituminizirani dolomiti i dolomitični krečnjaci. Preko tamnosivih bituminoznih krečnjaka (cenoman-turon) su nešto svetliji bankoviti krečnjaci i ređe dolomiti senona.

U široj zoni Malog blata zastupljeni su kredni sedimenti u okviru tri slične facije:

- Sivih krečnjaka i dolomita (K_1);
- Bankovitih i slojevitih krečnjaka, dolomita i dolomitičnih krečnjaka ($K_{1,2}$) i



- Žutobeličastih bankovitih i masivnih dolomita, dolomitičnih krečnjaka i krečnjaka (bituminoznih krečnjaka) (K_2^2).

Karbonatni kredni sedimenti razvijeni u facijama:

- Sivobeličastih, slojevitih, bankovitih i masivnih krečnjaka, dolomitičnih krečnjaka i dolomita (K_2^3) i
- Beličastih laporovitih krečnjaka (${}_4K_2^3$),

Javljaju se po obodu Skadarskog basena i nisu zastupljeni u široj zoni istraživanog prostora oka Bolje Sestre.

Donja kreda (K_1)

Sivi krečnjaci i dolomiti (K_1) su zastupljeni u neposrednom zaleđu vrulje Bolje Sestre i izgrađuju zapadne padine Kolozuba i Ježa. Pored ovih prostora, gde su kredni sedimenti uglavnom u tektonskom kontaktu sa jurskim, izgrađuju prostor u zaleđu (severno) od Sinjca (Velji Vrh) i deo slivnog prostora oka Karuč i Volač.

Granica prema gornjerskim sedimentima prati se pojavom boksita (eroziona diskordancija).

Razvijeni su svi katovi donje krede i to u facijama:

- Beličastih i belih, bankovitih i slojevitih krečnjaka, krečnjaka sa dolomitima, sa čestim grudvastim i slabije oolitičnim krečnjacima, debljine 150-200 m, debljine 50 m sa erozionom diskordancijom prema starijim jurskim sedimentima – pojava boksita (valendin-otriv);
- Žutobeličastih bankovitih krečnjaka, žutosivih i sivih bankovitih i slojevitih krečnjaka debljine do 250 m (barem-apt);
- Sivih krečnjaka, laporovitih krečnjaka i laporaca, dolomitičnih krečnjaka, debljine do 50 m (apt-alb).

Donja-gornja kreda ($K_{1,2}$)

Bankoviti i slojeviti krečnjaci, dolomiti i dolomitični krečnjaci ($K_{1,2}$) predstavljaju postepen prelaz između donje i gornje krede i izgrađuju najviše delove prostora u zaleđu oka Bolje Sestre (Kolozub) i dalje prema Morači. Takođe izgrađuju severno zaleđe izvora Sinjac (Velji Vrh) i deo slivnog prostora oka Karuč i Volač.

Javljaju se sivožućkasti, bankoviti i slojeviti krečnjaci, dolomiti i dolomitični krečnjaci, čije je učešće povećano u poredjenju sa starijim sedimentima donje krede.

Debljina karbonata iznosi oko 350 m.

Gornja kreda (K_2)

Žutobeličasti bankoviti i masivni dolomiti, dolomitični krečnjaci i krečnjaci (bituminozni krečnjaci) (K_2^2) izgrađuju prostore severno od Malog blata u slivu Sinjca i oka Karuč i Volač (Crna stijena), kao i krečnjačke humove u okviru zapadnog i severnog dela Zetske ravnice, severoistočno od Malog blata (Dajbabska gora, Gorica, Vranjska gora, Srpska gora i dr.).

Predstavljani su žutobeličastim bankovitim i masivnim često saharoidnim dolomitima, dolomitičnim i beličasto žućkastim i sivkastim bankovitim, ređe slojevitim i masivnim, krečnjacima. U donjem delu pojavljuje se zona debljine 15 m od tankoslojevitih i pločastih krečnjaka sa rožnacima. Bituminozne stene uglavnom su vezane donji i srednji deo serije. Za ovaj deo krede karakteristično je preovlađivanje dolomita i dolomitičnih krečnjaka nad krečnjacima.

Debljina ovih sedimenata iznosi oko 500 m.

Kvartar (Q)

Kvartarne tvorevine na istraživanom prostoru Malog blata i oka Bolje Sestre imaju veliko rasprostranjenje.

Izdvojene su:

- Kvartarne gline (Q_1);
- Fluvio-glacijalni sedimenti (fgl);
- Crvenice (t_s);
- Aluvijalni sedimenti (al);
- Suspendovan materijal (sm).

Paleoreljef Skadarskog jezera od krečnjaka i dolomita, pokriven je fluvijoglacijalnim sedimentima pleistocena koje izgrađuju pesak, šljunak i redje gline.

Fluvijoglacijalne naslage pokrivene su jezerskim sedimentima sastavljenim od peskovito-glinovitog nanosa sa organskim materijama i tresetom.

Kvartarne gline (Q_1)

Zauzimaju najveći deo doline reke Zete, uzvodno od Malog blata. Zelene su, beličaste ili žute, debljine mestimično i do 80 m. U povlati je najčešće humusno zemljište debljine 1-2 m. Ove gline su verovatno nastale "pregrađivanjem" reke Zete pri ušću u Moraču, tako da je došlo do ujezeravanja Zete na području uzvodno od ušća. Na formiranje pregrade uticala je jača akumulacija fluvio-glacijalnog materijala Morače. Postepenim oticanjem zaostale su debele naslage, koje nizvodno od ušća Zete u Moraču čine podinu fluvio-glacijalnim tvorevinama na kontaktu sa karbonatnom jurskom i krednom podlogom.

Fluvio-glacijalni sedimenti (fgl)

Najveće rasprostranjenje imaju u Zetskoj ravnici. To su uglavnom šljunkovito peskoviti sedimenti, mestimično i konglomerati. Obluci su pretežno krečnjačkog i dolomitskog sastava, podređeno rožnačkog i peščarskog. Veličina valutaka je od sitnozrnog peska do zaobljenih blokova, ali u krupnijim segmentima provlađuje granulacija 3-10 cm. Debljina nanosa iznosi od 30 m u sjevernom delu Zetske ravnice do 80 m u južnom delu (prostor Skadarskog jezera i istočno od Malog blata).

Formiranje fluvio-glacijalnog nanosa duž korita Morače i Cijevne vezano je za različite faze interglacijacija tokom pleistocena.

Prvo, najstarije taloženje vezano je za postmindelsku glacijaciju do debljine od 20 m (očuvana tri nivoa terasnih odseka, a moguće je da je postojao i četvrti).

Za vreme druge interglacijacije Mindel-Ris stvoren je visoki terasni odsek visine 43-110 m.

Druga akumulacija fluvio-glacijalnih materijala vezana je za najintenzivnije nasipanje u ovoj oblasti i dešava se u vreme Riske postglacijacije i to u periodu njenog prvog stadijuma (R_1). Debljina ovog fluvio-glacijalnog materijala u Zetskog ravnici, Morači i Cijevni iznosi 50 m. On pripada sedimentima treće terase (t_3). Ova terasa je očuvana i u okviru Čemovskog polja. Treća terasa je šljunkovita ujednačne granulacije (2-8 cm). Materijal je mestimično vezan u konglomerate, a mestimično u peščare. Postoji smenjivanje peskovitih horizonata debljine i do 2 m sa šljunkovitim sedimentima različite krupnoće i debljine. Površina terase pokrivena je slojem crvenice debljine 0.1-0.5 m pomešane sa šljunkom.

U toku prvog stadijuma virmske glacijacije dolazi do ponovnog nasipanja, koje nije bilo većeg značaja i intenziteta.

Crvenica (t_s)

Crvenica manjeg značaja se pojavljuje na karbonatnoj podlozi i pretežno je posledica pojava zabarivanja naročito u zalivima Karuča i Volača i Malog blata.

Aluvijalni sedimenti (al)

Zauzimaju prostranstvo u donjem delu reke Morače odnosno na delu toka gde Morača teče paralelno sa istočnim krečnjačkim obodom Malog blata. Predstavljen je šljunkovima i peskovima. Javljaju se i glinoviti proslojci.

Suspendovan materijal (sm)

Suspendovan materijal Malog blata (uključujući i zalive oka Karuča i Volača), poreklom je od crvenice, koja se turbulentnim kretanjima infiltrirane vode u i kroz karstifikovane karbonatne stene jure i krede unosi u podzemlje, iznosi na vruljama i taloži kao suspendovani muljeviti materijal, u delu gde brzine vodenih struja opadaju. U principu neposredne zone isticanja ispitivanih vrulja su bez muljevitih materijala («očišćene» snagom izdanskog toka).

Tektonski sklop terena

Veći deo Skadarskog jezera i istraživanog terena pripada zoni Visokog krša (antiklinorijumu Stare Crne Gore – Starocrnogorskoj kraljušti), a manji deo Cukali zoni (područje Crmnice).

Tektonske strukture u južnom delu Skadarske depresije su dinarskog pružanja SZ-JI, a u severnom I-Z.

Područje Crmnice veoma je složeno po sastavu i tektonskom sklopu. To su tereni sa brojnim naborima i razlomnim strukturama, reversnim rasedima, kraljuštima i navlakama. Razlomi imaju uglavnom dvostruku orijentaciju. Reversni rasedi i navlačenja prate regionalni pravac strukture od severoistoka ka jugozapadu, a pretežno vertikalni razlomi su upravni na ove ili približno upravni (transverzalne dislokacije).

Geneza kriptodepresije Skadarskog jezera vezana je za epirogenetske pokrete spuštanja. Prema geodetskim merenjima intenzitet spuštanja, koje i danas traje, iznosi oko 2 mm godišnje.

Prema Seizmičkoj karti Jugoslavije (Zajednica sa seizmologiju SFRJ, Beograd, 1987. god.), Skadarsko jezero, Malo blato i Bolje Sestre su u seizmičkoj soni intenziteta VIII za povratni period T_R od 50 do

100 godina, u zoni intenziteta VIII/IX za T_R -200 godina, u zoni IX za T_R -500 godina. Ovi intenziteti se na skali MSK-64, zasnivaju na verovatnoći pojave od 63% i odnose se na srednje tlo.

Zemljotres od 15. aprila 1979. god., koji je zahvatio Crnogorsko primorje, imao je naročito razorno dejstvo u području Crmnice. Takođe na području Dodoša, u lokalnosti Kupidola, duž paralelnih pukotina pružanja (155^0 - 325^0) izbacivan je pesak kao posledica procesa likvifacije.

U strukturnoj jedinici antiklinorijuma Stare Crne Gore izraženi su plikativni i disjunktivni tektonski oblici. U prostoru Malog blata, lokalno između Malog blata i Morače, evidentno je više značajnijih razlomnih oblika.

Lješanski rased (zona od 1-3 ešalonirana razloma) severno od Bolje Sestre, pruža se pravcem ZSZ-IJI, lokalno se prati na potezu Kalubur oko (Sinjac)-selo Grbavci, između Veljeg Vrh, severno i Čatovica i Brašnjani brda.

Grbavački rased (I) (zona od 2-3 ešalonirana raseda) pružanja ZJZ-ISI između oka JI od Sinjca i sela Grbavci, između Bračnjani brda, severno i Debele padine. U zoni ovog razloma postoji ukrštanje sa 2 ešalonirane rupture pružanja ZSZ-IJI (pružanja Lešanskog raseda). Vektor celokupnog kretanja (VCK) duž ovog raseda je relativno mali.

Grbavački rased (II) pružanja je ZJZ-ISI, južno od Grbavačkog raseda (I), između Debele Rudine, severno i Velke Grede. VCK duž ovog razloma je 10-20 m.

Grbavački rased (III) pružanja je ZJZ-ISI, između Velje Grede, severno i Kolozuba. VCK (skok) duž ovog razloma je oko 500 m, odnosno duž njega su sedimenti donje krede i alb-cenomana spuštani na nivo gornje jurskih krečnjaka. Duž trase seče se sa rupturama pružanja ZSZ-IJI (Rased Obluna – I) u zoni ostrva Kosmač, kao i s rupturama pružanja S-J.

Rased Obluna (I) (2 ešalonirana gravitaciona raseda) pružanja ZSZ-IJI, na potezu ostrvo Kosmač – Zamnat (zona zaleđa oka Bolje Sestre), koji se sa Lešanskim resedom seku i spajaju između V. Vezca i Leperića severozapadno od Malog Blata, i takodje seku Kolozub. Ispresecan je mrežom subrazloma pružanja ISI-ZJZ (orijentacije kao i Grbavačkih raseda), S-J i gravitacionim resedom pružanja I-Z.

Rased Obluna (II) pružanja ZSZ-IJI, južno od raseda Oblun (I), na potezu južno od oka Bolje Sestre – Zamnat, proteže se između Kolozuba severno i Markove glavice. Ispresecan je mrežom subrazloma pružanja ISI-ZJZ (orijentacije Grbavačkih raseda) SSZ-JJI i SSI-JJZ.

Rased Obluna (III) pružanja ZSZ-IJI, južno od rased Oblun (II), na potezu južno od oka Bolje Sestre – Zamnat, proteže se preko Obluna južno od Markove glavice. Ispresecan je mrežom subrazloma pružanja ISI-ZJZ (orijentacije Grbavačkih raseda) i SSI-JJZ. Duž ovog razloma je spušteno JJZ krilo, odnosno donjekredni sedimenti za oko 150 m.

Pored navedenih razloma postoje i rasedi orijentacije S-J južno od polja Grbavci (4 raseda istočno od Debele Rudine i Velje Grede), koji se presecaju sa razmatranim razlomima.

4.2 Hidrogeološke karakteristike terena

4.2.1 Hidrogeološke karakteristike karstnih terena između Malog blata i Grbavaca

Širi karstni prostor oko basena Malog blata izgradjuju karbonatne stijenske mase predstavljene krečnjacima, dolomitičnim krečnjacima i dolomitima jurske i kredne starosti. Sa hidrogeološkog aspekta to su veoma vodopropusne stijene, koje se karakterišu pukotinskom i kavernoznom

poroznošću. Razbijena karstna izdan prazni se preko jakih povremenih i stalnih karstnih vrela po obodu jezera i vrulja – „oka“ u samom jezeru.

Najznačajnija vrela i oka po sjevernom i istočnom obodu Malog blata su: Kaludjerovo oko, Crno oko, Bolje Sestre, Brodić i Biotsko oko. Vode svih oka u Malom blatu otiču vodotokom Biševine. Prema ranijim podacima minimalni proticaj Biševine je varirao u granicama od 6,7 – 8,8 m³/s. Međutim, u poslednjih nekoliko godina je registrovano značajno opadanja izdašnosti izvorišta Bolje Sestre, a pretpostavlja se i drugih izvorišta po istočnom obodu Malog blata. Tome svakako doprinosi i eksploatacija voda izvorišta Bolje Sestre.

Najizdašnije karstno izvorište u Malom blatu je vrulja Bolje Sestre, koja se nalazi u podnožju zapadnih padina Kolozuba (k. 221 m) blizu ostrva Kosmač. Ističe iz slojevitih dolomitičnih krečnjaka, koji padaju prema sjeveroistoku pod uglom 28°.

Tokom prvih istraživanja sprovedenih 2006. godine izmjerena minimalna izdašnost izvorišta Bolje Sestre je iznosila 2,3 m³/s, ali je u poslednjih nekoliko godina izdašnost izvorišta značajno smanjena. Minimalni proticaj na prelivu vodozahvata (6.61m.n.m) izmjeren je 23.8.2020. godine. Vršanjem eksperimentalnog crpenja u vodozahvatu 16.09.2020. nivo vode u vodozahvatu bio je ustaljen na koti 6.22 m.n.m. pri crpenju od 780 l/s.

Pravac kretanja karstnih izdanskih voda između Malog blata i Grbavaca je generalno od sjeveroistoka prema jugozapadu, i najvećim dijelom uslovljen je markantnim rasjedima istog pravca pružanja.

4.2.2 Hidrogeološke karakteristike ravničarskog dijela Grbavaca

Ravničarsko područje Grbavaca između podnožja Kolozuba i vodotoka Morače izgradjuju kvartarni glaciofluvijalni i aluvijalni sedimenti.

Glaciofluvijalni sedimenti na ovom dijelu zastupljeni su u ravničarskom dijelu terena sa kotama oko 15 mnm jugoistočno od Grbavaca, dok su aluvijalni sedimenti zastupljeni u pojasu širine oko 100 m duž vodotoka Morače.

Glaciofluvijalni sedimenti na ovom dijelu terena predstavljeni su: pjeskovitim šljunkovima i većim poluzaobljenim blokovima, pjeskovima i glinama. U okviru njih zastupljen je zbijeni tip izdani sa slobodnim nivoom. Debljina glaciofluvijalnih sedimenata na ovom dijelu terena je najčešće u granicama od 30-35 m.

Donja granica izdani na istraživanom dijelu terena označena je vodonepropusnim glinama ili krečnjacima u okviru kojih je zastupljen karstni tip izdani.

Tokom ranijih istraživanja koja je sprovedla kompanija Geoprojekt d.o.o. tokom 2006. godine, u južnom dijelu Grbavaca izvedeno je nekoliko istražnih bušotina. Bušotina BG₁ izvedena je u okviru fluvio-glacijalnih sedimenata. Zbog zarušavanja materijala, bušotina je iz tehničkih razloga završena na 27 m dubine u glaciofluvijalnim sedimentima, tako da nije utvrđena dubina do krečnjačkog paleoreljefa, koja je prema pretpostavljenom hidrogeološkom profilu u granicama od 30-35 m.

I pored toga bušotinom su dobijeni dragocjeni podaci o litološkom i granulometrijskom sastavu glaciofluvijalnih sedimenata, dubini do nivoa podzemnih voda i filtracionim karakteristikama vodonosne sredine.

Glaciofluvijalni sedimenti Grbavaca, predstavljeni pjeskovitim šljunkom i pijeskom su veoma dobrih filtracionih karakteristika. Prema granulometrijskim analizama uzetih uzoraka tla iz istražne bušotine,

proračunate vrijednosti koeficijenta filtracije (metoda USBR-a) su iznosile $K_f = 2,0 \times 10^{-2} \text{ m/s} - 2,2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$.

Tokom implementacije projekta Monitoring, kontrola i zaštita izvorišta „Bolje Sestre“ (Geoprojekt i dr. 2021-2022) vršeno je periodično mjerenje nivoa podzemnih voda u bunarima u Grbavcima i Vukovcima. Rezultati ovih osmatranja prikazani su u tabeli 2 i slici 4.

Tabela 2. Dubine do nivoa podzemnih voda osmatrane na bunarima u Grbavcima i Vukovcima

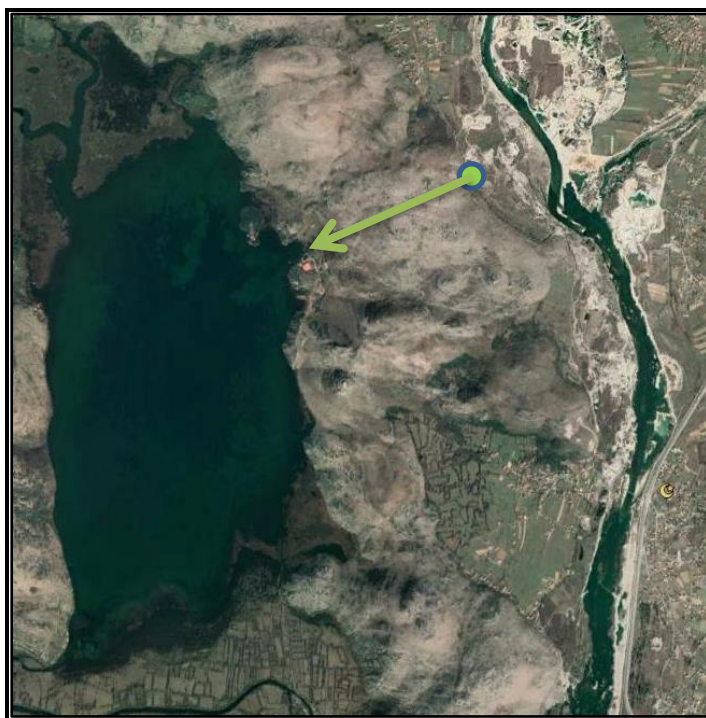
Lokacija (predstavljena na slici 4)	Kota (m.n.m)	09.08. 2007.	29.03. 2021.	14.04. 2021.	11.06. 2021.	21.06. 2021.
		Dubina do nivoa vode (m)	Dubina do nivoa vode (m)	Dubina do nivoa vode (m)	Dubina do nivoa vode (m)	Dubina do nivoa vode (m)
Tačka mjerenja 3 (Grbavci)	19.27		8.76	8.30	8.83	9.10
Tačka mjerenja 4 (Grbavci)	18.80	5.89	8.95	8.42	8.93	9.20
Tačka mjerenja 7 (Vukovci)	11.72		4.69	4.36		5.88
Tačka mjerenja 9 (Vukovci)	13.36		5.8	5.85		6.45
Tačka mjerenja 10 (Vukovci)	11.40		4.3	4.16		4.60
Tačka mjerenja 11 (Vukovci)	12.74		5.70 *01.04.2021.	5.48		Bunar bez vode



Slika. 4. Satelitski snimak (izvor Google Earth) sa označenim pozicijama na kojima je vršeno mjerenje nivoa podzemnih voda (Geoprojekt, 2020)

Iz tabele 2. se vidi da su dubine do nivoa podzemnih voda u zoni Grbavaca u periodu osmatranja iznosile 8.30 – 9.20 m od površine terena dok su dubine do nivoa podzemnih voda u Vukovcima iznosile od 4.30 – 6.45 m od površine terena. Takođe, registrovano je sniženje nivoa podzemnih voda na bunaru u Grbavcima za više od 3 m u periodu od 2007. godine. Ta razlika se još više potencira činjenicom da je merenje 2007 vršeno u periodu malovodja, a 2021 u periodu velikih voda.

Tokom realizacije Projekta „Monitoring, kontrola i zaštita izvorišta Bolje Sestre“ (Geoprojekt i dr. 2021-2022) izvršen je opit trasiranja na jednoj kaverni na južnom obodu Grbavaca. Dana 16. aprila 2021. godine u kavernu je ubačeno 2.5 kg Na-fluoroscena koji je prethodno rastvoren u 50 l vode. Uz pomoć specijalizovanog „Turner“ fluoroskopskog uređaja utvrđeno je da su se prve koncentracije trasera pojavile na izvorištu „Bolje Sestre“ 19. aprila. Ovim testom je po prvi put utvrđena direktna hidraulička veza aluvijona i karstnog oboda Grbavaca i izvorišta Bolje Sestre. Pozicija ubacivanja trasera je prikazana na slici 5.



Slika. 5 Satelitski snimak (izvor Google Earth) sa označenim pozicijama ubacivanja i pojave trasera

4.2.3 Uspostavljanje monitoring mreže

Tokom realizacije Projekta „Monitoring, kontrola i zaštita izvorišta Bolje Sestre“ (Geoprojekt i dr. 2021-2022), urađen je „Projekat hidrogeoloških istraživanja za potrebe uspostavljanja monitoring mreže“.

Osmatranje podzemnih voda i rijeka, kako u pogledu kvaliteta i kvantiteta vode, je od suštinske važnosti za sprečavanje degradacije vodnih resursa i obezbeđenja stabilnosti operativnog sistema. Zbog izostanka sistematskog monitoringa na izvorištu Bolje Sestre i rijekama Morači i Cijevni u prošlosti, tokom ranijih istraživanja sprovedeno je bilansiranje i modelovanje podzemnih voda sa mnogo aproksimacija i nesigurnosti. Zbog toga je, izrada plana uspostavljanje monitoring mreže za praćenje podzemnih voda i padavina bio jedan od ključnih ciljeva projekta **“Monitoring, control and protection of the regional water supply source “Bolje Sestre”** (Geoprojekt i dr. 2021-2022).

Monitoring voda podrazumjeva neprekidno i sistematsko praćenje kvantitativnih i/ili kvalitativnih parametara vode bilo da se radi o atmosferskim vodama (meteorološki parametri), površinskim vodama (režim površinskih voda rijeka, jezera) ili podzemnim vodama (režim izdanskih voda).

Na izvorištu Boje Sestre vršena su određena sporadična mjerenja izdašnosti ali prije realizacije navedenog projekta (Geoprojekt i dr. 2021-2022) nisu sistematski prikupljeni podaci o izdašnosti izvorišta kao ni sistematsko osmatranje režima podzemnih voda u slivnom području. Za analizu padavina ranije su korišćene meteorološke stanice Podgorica koja se nalazi 12 km sjeveroistočno od izvorišta i meteorološka stanica Cetinje koja je udaljena 22 km sjeverozapadno (pri čemu su prosječne padavine na Cetinju skoro dva puta veće nego u Podgorici). Pijezometarske bušotine koje su izvedene tokom ranijih istraživanja (2006 i 2007 godine) nisu više u funkciji izuzev bušotine B-8 u neposrednom zaleđu izvorišta.

Tokom 2022. godine, na bazi *Projekta detaljnih hidrogeoloških istraživanja terena za potrebe uspostavljanja monitoring mreže izvorišta Bolje Sestre (Geoprojekt, 2021)*, formirana je monitoring mreža, i to u skladu sa Okvirnom direktivom Evropske Unije o vodama, pri čemu su tačke osmatranja pozicionirane na ključnim lokacijama, kako u površinskim tako i u podzemnim vodnim tijelima.

Formiranje monitoring mreže izvršeno je izvođenjem novih bušotina i ugradnjom pijezometara kao i nabavkom nove opreme za monitoring koja omogućava sistemsko prikupljanje sledećih podataka:

- Režim podzemnih voda - izvedeno je 6 novih pijezometara sa ugradnjom dajvera za kontinualno osmatranje nivoa, temperature i konduktiviteta podzemnih voda.
- Meteorološki podaci preko meteorološke stanice instalirane na prostoru Boljih Sestara sa integrisanim mjerenjima isparavanja i temperature vazduha, kao i padavina na dnevnom nivou.
- Kapacitet izvorišta Bolje Sestre - Dajveri (data logger-i) koji omogućuju da se definiše odgovarajuća kriva proticaja za izvorište Bolje Sestre.
- Kvalitet vode izvorišta Bolje Sestre - Instalirana je višeparameterska sonda za praćenje mutnoće (NTU), elektroprovodljivosti (EC), pH i temperature vode (T).
- Površinski oticaj. Da bi se istražila moguća veza između površinskih i podzemnih voda, instalirane su stanice za kontinuirano praćenje nivoa površinskih voda i to:
 - na rijeci Morači u području Lekića (nakon ušća Sitnice);
 - na reci Cijevni prije ušća u rijeku Moraču (most Srpska);
 - na isticanju Malog blata – rijeka Biševina.

Praćenje režima podzemnih voda

Praćenje režima podzemnih voda vrši se preko 6 pijezometara, dubine od 20 – 43 m. Izvedeni su uglavnom u okviru II zone sanitarne zaštite izuzev jednog pijezometra koji je izveden u neposrednom zaleđu izvorišta. Pozicije pijezometara (slika 6) omogućavaju praćenje režima podzemnih voda u karstnoj izdani ali i u zbijenoj izdani Grbavaca. Odabrane su na osnovu rezultata svih do sada izvedenih istraživanja kako bi se osmatranje vršilo na određenim ključnim tačkama i to:

- Pijezometarska bušotina PB-LK1 dubine 35 m izvedena je u krečnjacima koji tangiraju rijeku Moraču između Lekića i Grbavaca. Ovo je zona gdje je ranijim istraživanjima utvrđeno poniranje dijela vode rijeke Morače direktno u karstnu izdan, ali opitom bojenja nije dokazana veza sa izvorištem Bolje Sestre.
- Pijezometrska bušotina PB-GR1 dubine 43.5 m izvedena je kroz fluvioglacialne pjeskovite šljunkove (zbijena izdan) u središnjem dijelu Grbavaca i to sve do krečnjačke podine.
- Pijezometarska bušotina PB-GR2 do dubine 40 m, izvedena je kroz krečnjake i to u zoni gdje je utvrđena direktna veza karstne izdani oboda Grbavačkog polja sa izvorištem Bolje Sestre (Geoprojekt 2021).
- Pijezometarska bušotina PB-GR3 do dubine 20 m, izvedena je kroz zbijenu izdan u neposrednoj blizini PB-GR2 kako bi se na ovoj važnoj tački osmatranja uspostavila korelacija između režima zbijene i karstne izdani.
- Pijezometarska bušotina PB-GR3 do dubine 20 m, izvedena je kroz zbijenu izdan u neposrednoj blizini PB-GR2 kako bi se na ovoj važnoj tački osmatranja uspostavila korelaciju između režima zbijene i karstne izdani.
- Pijezometarska bušotina PB-BS 1 dubine 32 m izvedena je u zaleđu izvorišta Bolje Sestre (I zona sanitarne zaštite) sa ciljem da se pozicioniraju kaverne koje transferišu izdanski tok ka zoni isticanja. Tokom izvođenja bušotine dolazilo je do zamućivanja vode na izvorištu što je potvrda direktne hidraulične veze, ali veliki kavernozi sistemi nisu konstatovani na ovoj mikrolokaciji.
- Pijezometarska bušotina PB-VG 1 dubine 30 m, izvedena je kroz krečnjake u okviru intenzivno karstifikovane zone između Grbavaca i Vukovaca.



Slika 6. Satelitski snimak sa pozicijama izvedenih pijezometarskih bušotina (iz Geoprojekt, 2022)

Sve bušotine su opremljene sofisticiranim uređajima „ecoLog“ za kontinuirano praćenje nivoa podzemnih voda, temperature i konduktiviteta, odgovarajućim zaštitnim kapama koje propuštaju signal a ujedno vrše i fizičku zaštitu, kao i odgovarajućim modemima i transponderom za slanje podataka na računar (slika 7. - 8.).



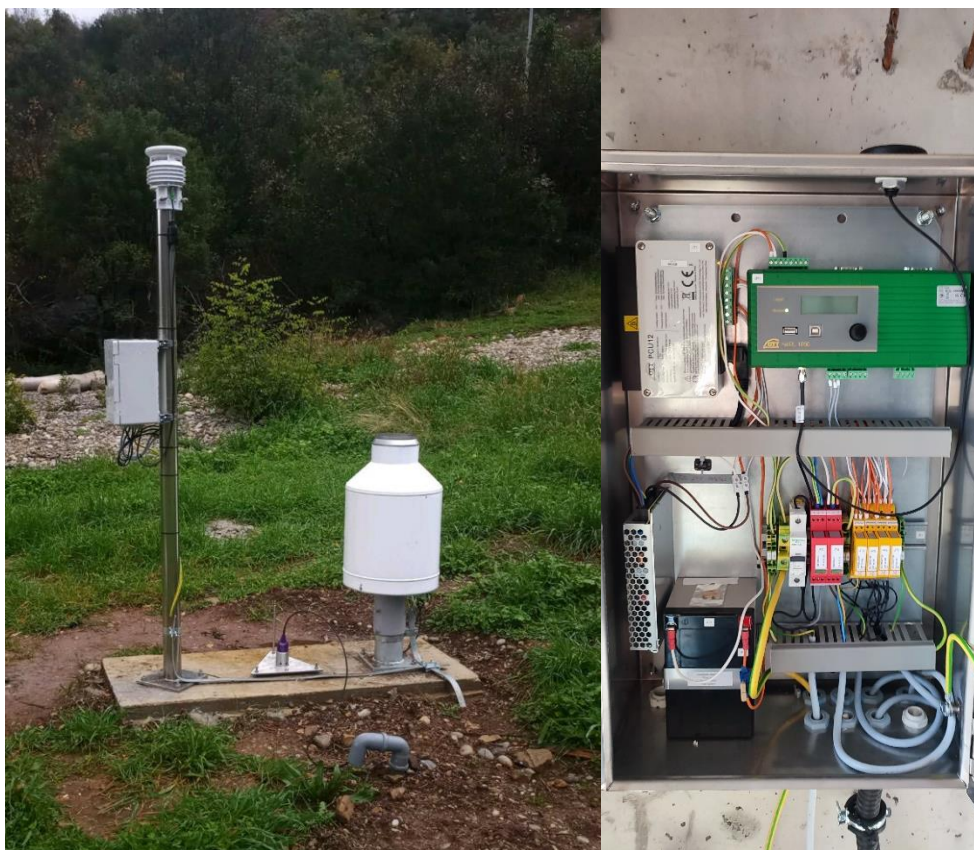
Slika 6. Sofisticirani „ecoLog“ uređaj za kontinuirano praćenje nivoa, temperature i konduktiviteta podzemnih voda

Slika 7. Zatvarač pijezometra sa modemom i transponderom

Slika 8. Zaštitna cijev pijezometra sa betonskim blokom

Meteorološka stanica

U zoni izvorišta Bolje Sestre instalirana je OTT automatska meteorološka stanica, koja u sebi sadrži kišomjer (mjeri količinu i intenzitet padavina), isparitelj klase A (mjeri isparavanje sa vodene površine), senzor za mjerenje relativne vlažnosti i temperature vazduha, kao i senzor koji mjeri visinu atmosferskog pritiska na lokaciji. Podaci se prikupljaju preko centralne akvizicione jedinice i šalju direktno na računar (slike 9. i 10.) .



Slika 9. Meteorološka stanica instalirana u zoni izvorišta

Slika 10. Centralna akviziciona jedinica

Praćenje izdašnosti izvorišta

Praćenje izdašnosti izvorišta se vrši preko OTT PLS-C sonde za mjerenje nivoa, temperature i provodljivosti vode, koja je instalirana tako da očitava nivo vodenog stuba na prelivu brane. Nivo vode je usaglašen sa vodomjernom letvom na desnoj strani, koja je instalirana od strane ZHMS-a. To omogućava sistematsko mjerenje proticaja uz prethodno definisanje krive proticaja.

Takođe PLS-C sonda - za mjerenje nivoa, temperature i provodljivosti vode, instalirana je i na obodnom (spolnjem) zidu vodozhavata i mjeri parametre jezerske vode (Malo Blato). Nivo vode je usaglašen sa vodomjernom letvom koja je postavljena neposredno uz lokaciju instrumenta.

Kvalitet vode izvorišta

Ranije instalirane sonde na izvorištu za praćenje mutnoće (NTU), elektroprovodljivosti (EC), pH i temperature vode (T) nisu nikada kontinuirano radile zbog tehničkih problema. Zbog toga je direktno u mjesto isticanja Boljih Sestara kod najizdašnijeg izvora instalirana **multiparameterska sonda OTT HL7** koja mjeri nivo, temperaturu, pH-vrijednost, mutnoću (NTU) sa samočistačem, rastvoreni kiseonik (LDO) i elektroprovodljivost vode (slika 11.) .



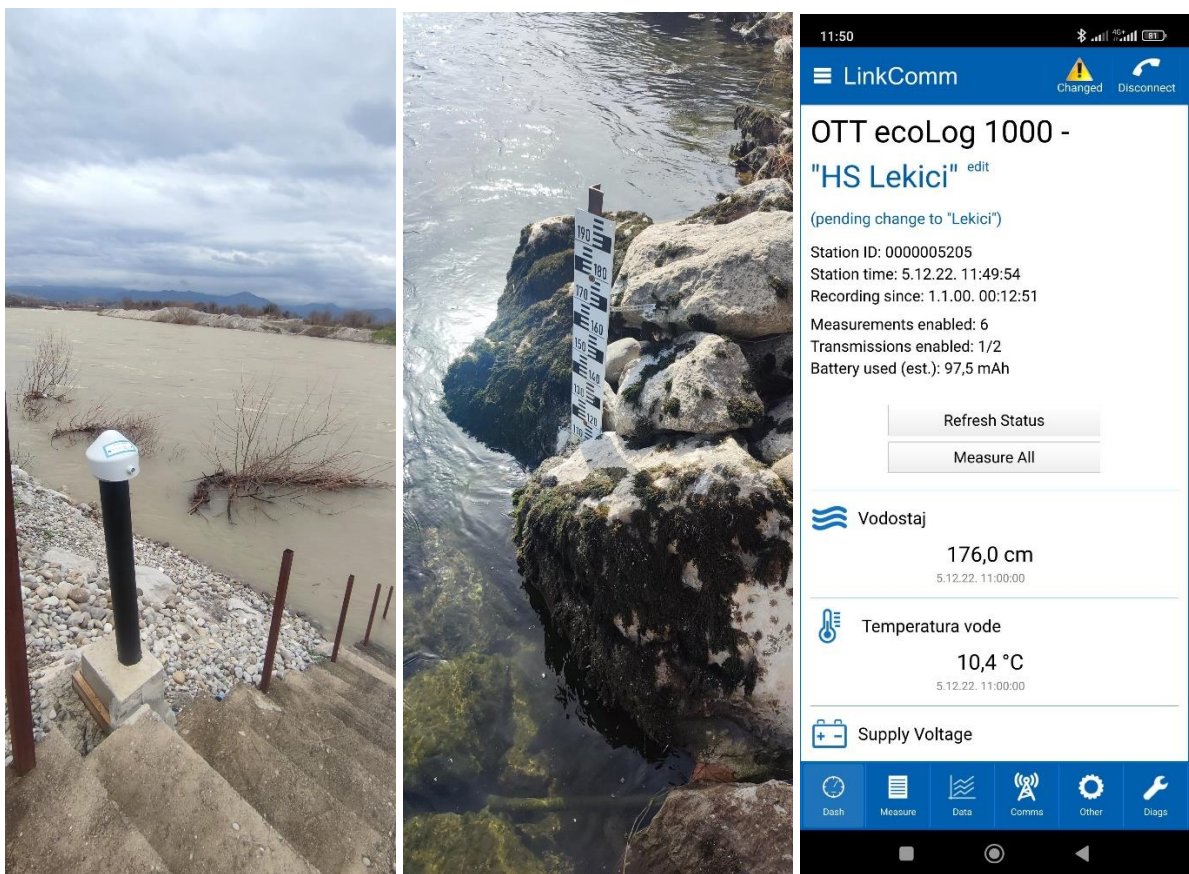
Slika 11. Pozicija multiparametarske sonde za praćenje kvaliteta vode izvorišta

Površinski oticaj

U cilju utvrđivanja korelacije površinskih i podzemnih voda, izvršeno je instaliranje hidroloških stanice za kontinuirano praćenje nivoa površinskih voda (slike 12.-14). To je urađeno na sledećim lokacijama:

- na rijeci Morači u području Lekića;
- na reci Cijevni prije ušća u rijeku Moraču (most Srpska);
- na isticanju Malog blata – rijeka Biševina;

Instalirane su OTT ecoLog 1000 sonde koje mjere nivoe (vodostaj) i temperaturu vode. Kao kontrolni instrumenti su postavljene i vodomjerne letve. Sonde u sebi sadrže integrisani GSM/GPRS modem i akvizicionu jedinicu, što omogućava da se izmjereni podaci šalju na računar i softver.



Slika 12. Hidrološka stanica Lekići

Slika 13. Kontrolna vodomjerna letva

Slika 14. Očitavanja rezultata sa HS „Lekići“ u realnom vremenu

4.2.4 Evaluacija rezultata monitoringa površinskih i podzemnih voda

Za potrebe evaluacije rezultata monitoring mreže, od strane Investitora su dostavljeni podaci o nivoima površinskih i podzemnih voda za period od 01.02.2023. do 01.06.2023. godine registrovani na piježometarskim bušotinama, vodomjernim stanicama kao i unutar vodozahvata. Rezultata su predstavljeni u sledećoj tabeli 3. kao i na grafiku

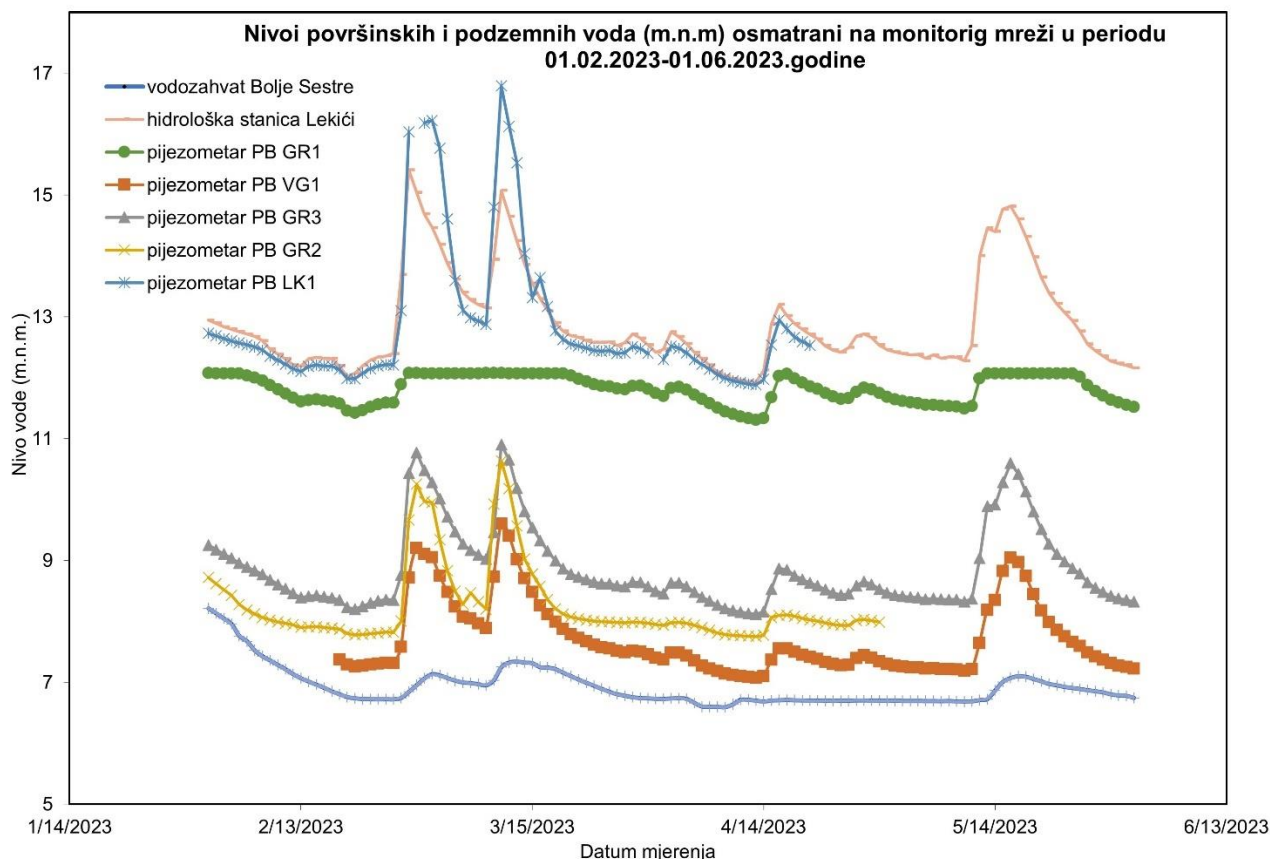
Tabela 3. Nivoi podzemnih i površinskih voda (m.n.m.) registrovani na monitoring mreži u periodu od 01.02.2023. do 01.06.2023. godine

Datum	Vodozahvat Bolje Sestre (m.n.m.)	Bušotina PB - VG 1 (m.n.m.)	Bušotina PB-GR3 (m.n.m.)	Bušotina PB-GR2 (m.n.m.)	Bušotina PB-GR1 (m.n.m.)	Bušotina PB-LK 1 (m.n.m.)	Vodomjerna letva LK (m.n.m.)
2/1/2023	8.216		9.254	8.722	12.074	12.73	12.945
2/2/2023	8.134		9.178	8.617	12.073	12.688	12.895
2/3/2023	8.047		9.105	8.518	12.073	12.642	12.835
2/4/2023	7.958		9.04	8.427	12.073	12.605	12.798
2/5/2023	7.762		8.954	8.276	12.07	12.569	12.756
2/6/2023	7.674		8.891	8.187	12.039	12.538	12.717
2/7/2023	7.523		8.834	8.124	11.999	12.506	12.677
2/8/2023	7.428		8.773	8.065	11.956	12.457	12.608
2/9/2023	7.358		8.683	8.021	11.878	12.355	12.469
2/10/2023	7.285		8.608	7.992	11.809	12.289	12.39

2/11/2023	7.214		8.535	7.968	11.743	12.225	12.309
2/12/2023	7.132		8.458	7.943	11.672	12.149	12.21
2/13/2023	7.066		8.39	7.903	11.607	12.103	12.192
2/14/2023	7.012		8.416	7.909	11.63	12.184	12.312
2/15/2023	6.961		8.424	7.912	11.643	12.208	12.332
2/16/2023	6.909		8.404	7.9	11.622	12.194	12.317
2/17/2023	6.851		8.387	7.889	11.609	12.194	12.317
2/18/2023	6.803	7.378	8.35	7.871	11.576	12.137	12.194
2/19/2023	6.757	7.293	8.233	7.801	11.462	11.987	12.022
2/20/2023	6.738	7.26	8.201	7.779	11.423	11.983	12.072
2/21/2023	6.725	7.272	8.25	7.785	11.466	12.075	12.199
2/22/2023	6.722	7.294	8.301	7.798	11.518	12.148	12.288
2/23/2023	6.721	7.309	8.336	7.811	11.559	12.191	12.341
2/24/2023	6.722	7.32	8.36	7.822	11.589	12.217	12.358
2/25/2023	6.721	7.313	8.353	7.82	11.588	12.211	12.396
2/26/2023	6.743	7.583	8.762	8.007	11.893	13.101	13.694
2/27/2023	6.845	8.714	10.436	9.664	12.077	16.034	15.413
2/28/2023	6.953	9.204	10.771	10.253	12.074		15.039
3/1/2023	7.064	9.109	10.479	9.969	12.072	16.182	14.687
3/2/2023	7.134	9.052	10.282	9.952	12.072	16.224	14.466
3/3/2023	7.113	8.751	10.014	9.339	12.072	15.768	14.19
3/4/2023	7.069	8.481	9.719	8.833	12.072	14.607	13.884
3/5/2023	7.027	8.239	9.472	8.493	12.072	13.598	13.62
3/6/2023	6.998	8.077	9.271	8.282	12.072	13.11	13.403
3/7/2023	6.988	8.05	9.169	8.471	12.072	12.982	13.277
3/8/2023	6.969	7.964	9.097	8.322	12.072	12.93	13.199
3/9/2023	6.95	7.888	9.022	8.203	12.076	12.873	13.146
3/10/2023	7.033	8.729	9.466	9.925	12.076	14.797	13.942
3/11/2023	7.252	9.602	10.9	10.637	12.074	16.792	15.072
3/12/2023	7.326	9.402	10.652	10.182	12.071	16.128	14.649
3/13/2023	7.341	9.018	10.19	9.568	12.071	15.531	14.247
3/14/2023	7.324	8.706	9.811	9.024	12.071	14.038	13.859
3/15/2023	7.314	8.484	9.539	8.78	12.071	13.313	13.551
3/16/2023	7.248	8.263	9.33	8.575	12.071	13.644	13.296
3/17/2023	7.242	8.12	9.153	8.356	12.071	13.171	13.097
3/18/2023	7.217	7.997	8.999	8.208	12.07	12.77	12.902
3/19/2023	7.157	7.875	8.865	8.119	12.068	12.624	12.762
3/20/2023	7.102	7.788	8.779	8.074	12.034	12.555	12.692
3/21/2023	7.044	7.724	8.729	8.043	11.98	12.521	12.663
3/22/2023	6.992	7.67	8.689	8.024	11.938	12.487	12.611
3/23/2023	6.942	7.616	8.644	8.007	11.89	12.447	12.576
3/24/2023	6.892	7.577	8.622	7.997	11.864	12.438	12.58
3/25/2023	6.844	7.552	8.622	7.993	11.86	12.447	12.588
3/26/2023	6.803	7.511	8.585	7.983	11.826	12.4	12.527
3/27/2023	6.78	7.491	8.571	7.975	11.81	12.41	12.574
3/28/2023	6.754	7.521	8.649	7.988	11.867	12.513	12.719
3/29/2023	6.742	7.503	8.637	7.986	11.868	12.477	12.648
3/30/2023	6.736	7.455	8.57	7.971	11.814	12.398	12.537
3/31/2023	6.729	7.402	8.496	7.95	11.745		12.415
4/1/2023	6.728	7.373	8.455	7.936	11.7	12.296	12.469
4/2/2023	6.735	7.482	8.632	7.978	11.829	12.518	12.752
4/3/2023	6.737	7.484	8.635	7.984	11.853	12.486	12.674
4/4/2023	6.73	7.434	8.572	7.967	11.804	12.409	12.557

4/5/2023	6.66	7.352	8.48	7.938	11.722	12.295	12.416
4/6/2023	6.60	7.273	8.401	7.9	11.654	12.221	12.317
4/7/2023	6.60	7.227	8.335	7.855	11.584	12.14	12.206
4/8/2023	6.60	7.181	8.267	7.808	11.507	12.052	12.092
4/9/2023	6.59	7.143	8.215	7.784	11.444	11.993	12.026
4/10/2023	6.64	7.119	8.179	7.773	11.401	11.949	11.981
4/11/2023	6.71	7.099	8.153	7.766	11.365	11.921	11.954
4/12/2023	6.71	7.083	8.131	7.759	11.334	11.898	11.933
4/13/2023	6.70	7.072	8.117	7.753	11.31	11.883	11.92
4/14/2023	6.69	7.103	8.162	7.773	11.333	11.973	12.123
4/15/2023	6.70	7.367	8.532	8.063	11.677	12.535	12.881
4/16/2023	6.71	7.551	8.869	8.097	12.028	12.944	13.202
4/17/2023	6.71	7.555	8.848	8.106	12.061	12.803	13.021
4/18/2023	6.71	7.496	8.753	8.086	11.987	12.662	12.888
4/19/2023	6.70	7.452	8.691	8.05	11.918	12.593	12.796
4/20/2023	6.70	7.413	8.632	8.023	11.857	12.528	12.711
4/21/2023	6.70	7.38	8.588	8.001	11.813		12.637
4/22/2023	6.70	7.335	8.52	7.976	11.748		12.521
4/23/2023	6.69	7.296	8.466	7.952	11.692		12.455
4/24/2023	6.70	7.276	8.435	7.938	11.653		12.42
4/25/2023	6.70	7.287	8.453	7.936	11.662		12.495
4/26/2023	6.70	7.394	8.585	8.016	11.768		12.68
4/27/2023	6.70	7.442	8.655	8.034	11.834		12.717
4/28/2023	6.70	7.4	8.609	8.014	11.812		12.655
4/29/2023	6.70	7.343	8.53	7.987	11.746		12.535
4/30/2023	6.69	7.297	8.469		11.686		12.457
5/1/2023	6.70	7.273	8.432		11.642		12.423
5/2/2023	6.69	7.258	8.413		11.616		12.397
5/3/2023	6.69	7.247	8.397		11.593		12.374
5/4/2023	6.69	7.244	8.395		11.585		12.382
5/5/2023	6.69	7.225	8.365		11.552		12.319
5/6/2023	6.69	7.229	8.376		11.555		12.373
5/7/2023	6.69	7.218	8.362		11.538		12.321
5/8/2023	6.69	7.215	8.358		11.531		12.344
5/9/2023	6.69	7.211	8.358		11.528		12.336
5/10/2023	6.68	7.191	8.327		11.496		12.278
5/11/2023	6.69	7.218	8.371		11.534		12.527
5/12/2023	6.71	7.644	9.036		11.985		14
5/13/2023	6.72	8.185	9.889		12.073		14.455
5/14/2023	6.87	8.353	9.918		12.073		14.4
5/15/2023	7.01	8.823	10.28		12.073		14.766
5/16/2023	7.07	9.044	10.596		12.072		14.815
5/17/2023	7.10	8.971	10.421		12.072		14.606
5/18/2023	7.09	8.744	10.13		12.072		14.319
5/19/2023	7.05	8.445	9.799		12.072		13.982
5/20/2023	7.02	8.179	9.51		12.071		13.65
5/21/2023	6.97	7.985	9.272		12.071		13.384
5/22/2023	6.95	7.853	9.107		12.073		13.218
5/23/2023	6.92	7.752	8.986		12.073		13.073
5/24/2023	6.91	7.667	8.877		12.071		12.937
5/25/2023	6.89	7.594	8.784		12.018		12.768
5/26/2023	6.87	7.494	8.64		11.878		12.551
5/27/2023	6.85	7.425	8.55		11.783		12.443

5/28/2023	6.84	7.368	8.479		11.706		12.353
5/29/2023	6.80	7.31	8.417		11.637		12.274
5/30/2023	6.78	7.273	8.376		11.593		12.234
5/31/2023	6.78	7.252	8.351		11.557		12.206
6/1/2023	6.74	7.221	8.323		11.519		12.161



Slika 15. Grafički prikaz upoređenih nivoa (m.n.m.) površinskih i podzemnih voda registrovanih na monitoring mreži u periodu 01.02.2023-01.06.2023

Na gornjem grafiku (slika15), jasno se vidi da nivoi podzemnih voda kao i nivo vode u vodozahvatu (donja svijetlo plava linija) direktno korespondiraju sa nivoom površinskih voda Morače (gornja svjetlonaradžansta linija). Takođe, upoređivanjem nivoa vode na susjednim pijezometrima izvedenim u okviru karstne izdani (PB GR2) i zbijene izdani (PB GR3), jasno se može zaključiti da zbijena izdan Grbavaca prihranjuje karstnu izdan, a to sve korespondira i sa nivom Morače, od kojeg direktno zavisi i nivo zbijene izdani. Predstavljeni rezultati su direktna potvrda opravdaosti izvođenja eksperimentalnog pregrađivanja Morače u cilju formiranja određenog uspora uzvodno od ustave, što bi kao krajnji rezultat trebalo da ima povećanje nivoa vode u vodozahvatu, odnosno povećanje izdašnosti izvorišta u periodu hidrološkog minimuma.

5 PROJEKTNA REŠENJA PROCESA ISTRAŽIVANJA

5.1 Konceptcija i metodologija istraživanja

U okviru dokumenta "*Tehno-ekonomska studija za proširenje kapaciteta zahvatanja vode*" (Geoprojekt i dr. 2021-2022) kao jedna od mogućih sanacionih mjera u pokušaju poboljšanja hidrauličke situacije navodi se izgradnja (stalne) brane na rijeci Morači. Kako bi se predvidjeli uticaji ove intervencije na izvorište, i formirale podloge za projektovanje i izgradnju trajnog objekta ili niza objekata (rešenje sa kaskadama) potrebno je izvesti hidrogeološka istraživanja koja bi obuhvatala praćenje uticaja izgradnje nove privremene nasute ustave, na režim podzemnih i površinskih voda u široj zoni izvorišta Bolje Sestre, i to u periodu tokom i nakon njene izgradnje. U skladu sa zakonskom regulativom, istraživanja će se izvesti po predmetnom ***Projektu detaljnih hidrogeoloških istraživanja uticaja izgradnje privremene ustave na Morači na režim podzemnih voda u zoni izvorišta Bolje Sestre***.

Prije izrade ovog projekta izvršena je analiza raspoložive dokumentacije, rekognosciranje terena kao i evaluacija dosadašnjih rezultata mjerenja na uspostavljenoj monitoring mreži.

Na osnovu rezultata ranijih istraživanja, a posebno rezultata istraživanja izvedenih po projekatu **Monitoring, control and protection of the regional water supply source "Bolje Sestre"** (Geoprojekt.d.o.o. i dr. 2021-2022), jasno je potvrđena opravdanost izvođenja eksperimentalnog pregrađivanja Morače. Kao najvažnije činjenice navode se:

- korito Morače je nekontrolisanim vadjanjem šljunka produbljeno na pojedinim djelovima i za više od 5m, čime je ubrzan vodotok i smanjeno prirodno prihranjivanje priobalja. Ovo je potvrđeno geodetskim merenjima korita i obala rijeke, kao i vodnog ogledala u tri navrata, tokom hidroloških minimuma 2020, 2021 i 2022;
- konstatovano je da su nivoi vode u kopanim bunarima u Grbavcima opali za više od 3 metra ako se porede periodi prije otvaranja izvorišta (2007) i danas, a mnogi bunari su potpuno presušili;
- opitom trasiranja podzemnih voda nedvosmisleno je utvrđena fizička veza dvije izdani, karstne iz koje se dreniraju Bolje Sestre i aluvijalne u Grbavcima, sa kretanjem podzemnih voda iz pravca Grbavaca ka izvorištu Bolje Sestre, što je posebno izraženo tokom ljetnjeg minimuma kada je to ujedno i glavni vid prihranjivanja izvorišta;
- simultanom hidrometrijom na vodotoku Morače konstatovan je gubitak vode u koritu rijeke od Lekića (ušće Sitnice) do ušća Cijevne, koji u malovodju iznosi od 0.7 - 3.5 m³/s čime se potvrđuje prihranjivanje podzemnih voda aluvijona rječnim vodama, a koje se dalje prolongira u pravcu karstne izdani;
- privremeno pregrađivanje vodotoka Morače koje su jula 2020 izvele nelegalno i bez tehničke dokumentacije, organizacije koje su se bavile iskopavanjem šljunka i pijeska iz korita rijeke (rovokopačima je izveden dugački nasip kako bi se olakšala dalja eksploatacija), imalo je za neposrednu posledicu povišenje nivoa rijeke, aktivnije prihranjivanje priobalne izdani, i posledično povećanje izdašnosti Boljih Sestara;
- na uspostavljenoj monitoring mreži podzemnih i površinskih voda, utvrđena je direktna zavisnost režima površinskih voda Morače, podzemnih voda zbijene izdani na području Grbavaca kao i karstne izdani u zaleđu izvorišta i režima vode u vodozahvatu izvorišta Bolje Sestre.

U skladu sa navedenim, potrebno je ponoviti eksperimentalno i privremeno pregrađivanje vodotoka Morače, i to u skladu sa Rješenjem o utvrđivanju vodnih uslova koje je propisala Uprava za vode Crne Gore br.060-327/22-02011-68 od 25.05.2022. Prema tome, potrebno je uz ovaj Projekat hidrogeoloških istraživanja koji definiše obim potrebnih radova i mjerenja, izraditi i poseban

Građevinski projekat koji se odnosi na izgradnju privremene ustave - kaskade poprečno preko korita Morače između Lekića i ušća Cijevne u Moraču. Cilj ustave je usporiti rječnu vodu i omogućiti duži kontakt između površinskih voda i aluvijona, i time stimulirati prihranjivanje aluvijalne izdani.

Rekognosciranjem terena koje je obavljeno tokom maja i juna 2023.godine, registrovani su ostaci dvije nekadašnje pregrade - ustava na Morači, koje su u različitim periodima korišćene za prelazak mehanizacije sa lijeve na desnu obalu Morače, tokom nelegalne eksploatacije pjeskovito-šljunkovitog materijala iz korita i sa obala rijeke. Pozicije ovih pregrada mogu se pratiti na satelitskim snimcima iz različitih perioda od 2017 - 2020. godine kada su iste korišćene (slike 17 - 21).



Slika 17. Satelitski snimak iz 08.2017 sa pozicijom pregrade na Morači (izvor Google Earth)



Slika 18. Satelitski snimak iz 07.2019 sa pozicijom pregrade na Morači (izvor Google Earth)

Na ovim satelitskim snimcima prikazan je položaj pregrade, koja je u periodu od 2017. – do kraja 2019.godine korišćena za prelazak mehanizacije sa lijeve na desnu obalu Morače. Na snimcima se vidi da je Morača tokom navedenog perioda, za vrijeme malih voda, skoro u potpunosti pregrađena neposredno uzvodno od ušća Cijevne. Tečenje se odvija preko pregrade samo duž dvije zone širine 2 – 5 m (slika 17), što je neminovno moralo da utiče na vodostaj Morače na uzvodnom dijelu i njegov porast (uspor).



Slika 18. Satelitski snimak iz 10.2021 sa ostacima pregrade na Morači (izvor Google Earth)

Slika 19. Pregrada na Morači formirana tokom 2020.godine (foto 8.2020.godine – izvor Regionalni Vodovod Crnogorsko Primorje)

Na slikama 18 i 19 prikazana je pregrada koja je formirana kasnije, tokom 2020.godine (slika 19), odnosno ostaci iste (slika 18). Locirana je na oko 450 m uzvodno od ušća Cijevne. U okviru dokumentacije, koju je za potrebe Investitora, tokom 2021.godine izradio, Energoprojekt iz Beograda, navodi se da je formiranjem ove pregrade tokom jula 2020. godine, registrovano povećanje nivoa vode u vodozahvatu, odnosno značajno povećanje izdašnosti izvorišta. Beličević (2021) navodi da je „nivo vode u vodozahvatu veoma retko niži od kote preliva i to u uslovima crpenja najvećih količina pri najvećoj potrošnji. To je bilo posebno izraženo u toku septembra i oktobra 2020. godine kada je postizano sniženje od 23 cm pri crpenju 668 l/sec ali pri gašenju pumpi nivo se brzo vraća i preliva preko preliva. To je i potvrđeno na osnovu testa crpenja izvedenog u avgustu 2020.g. kada se nivo do kote preliva povratio za 16 minuta, a do punog mlaza preko preliva za 35 minuta.“

Ostaci nasutog materijala ovih pregrada i dalje su na terenu. To je utvrđeno analizom satelitskih snimaka od avgusta 2022. godine, kao i rekognosciranjem terena tokom juna 2023.godine (slike 20 – 23). U cilju racionalizacije radova, predlaže se da se eksperimentalno pregrađivanje Morače izvrši upravo u ovim zonama.



Slika 20. Satelitski snimak iz 8.2022 sa ostacima pregrada na Morači (izvor Google Earth)



Slika 21. Vještački formiran meander na desnoj obali Morače – nasip od pregrade formirane 450 m uzvodno od ušća Cijevne (foto M.Matović)



Slika 22. Ostaci nasipa neposredno uzvodno od ušća Cijevne (foto M.Matović)



Slika 22. Pozicije nekadašnjih pregrada na Morači u odnosu na izvorište Bolje Sestre i karstno zaleđe izvorišta (foto M.Popović)

Tokom ranijih istraživanja dokazano je da podzemne vode zbijene izdani Grbavaca (formirane u okviru pjeskovito-šljunkovitih sedimenata) u recesionom periodu dominantno prihranjuju karstnu izdan koja se drenira preko izvorišta Bolje Sestre. S obzirom da su površinske vode Morače u direktnoj hirauličkoj vezi za podzemnim vodama zbijene izdani (što je i dokazano osmatranjima na monitoring mreži), potvrđeno je da podizanje nivoa vode u Morači utiče na regulaciju nivoa podzemnih voda zbijene izdani a samim tim i na intenzivnije prihranjivanje i povećanje hidrauličkog gradijenta u okviru karstne izdani zaleđa Boljih Sestara.

Dosadašnjim istraživanjima nije izdvojena posebna mikrolokacija u okviru koje se odvija najintenzivnije prihranjivanje karstne izdani vodama zbijene izdani, već se smatra da je to dio od erozionog proširenja između Lekića i Grbavaca, zatim zona aluvijona Grbavaca pa sve do ušća Cijevne. Na to ukazuju rezultati gore navedenih istraživanja: simultana hidrometrija, opit trasiranja kao i rezultati sa monitoring mreže (Geoprojekt i dr. 2021-2022.). Zbog toga eksperimentalno pregrađivanje Morače treba koncipirati tako da se ostvari podizanje nivoa površinskih voda Morače uzvodno od ušća Cijevne. U prilog tome ide i analiza satelitskih snimaka iz različitog perioda na osnovu koje se može izvršiti upoređivanje promjena na riječnom koritu Morače u zoni ušća Cijevne i minimalne izdašnosti izvorišta.

5.2 Analiza satelitskih snimaka zone uzvodno od ušća Cijevne u Moraču

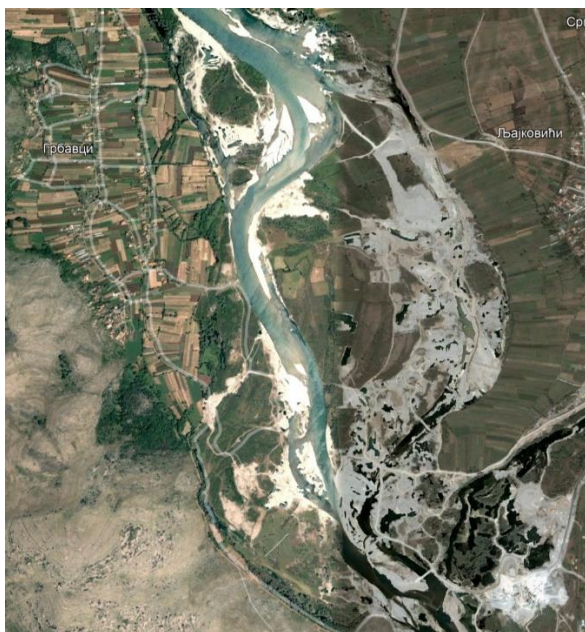
U ovom poglavlju će se prikazati analiza satelitskih snimaka iz različitog perioda od 2004 do 2023. godine, kako bi se izvršilo upoređivanje intervencija koje su izvršene na koritu Morače tokom eksploatacije šljunka (u zoni ušća Cijevne) sa izdašnošću izvorišta Bolje Sestre. Cilj ove analize je da se uz korišćenje svih dosadašnjih rezultata istraživanja i saznanja, pomogne pri definisanju buduće lokacije eksperimentalne ustave na Morači.



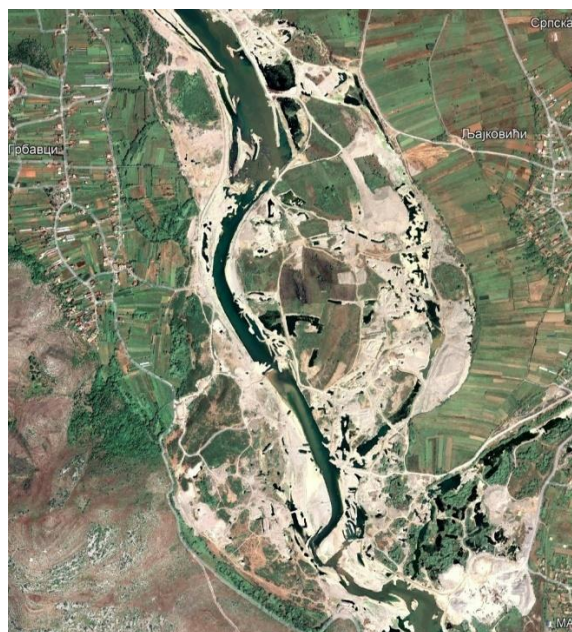
Slika 23. Satelitski snimak Morače uzvodno od ušća Cijevne iz perioda 04.2004.godine (izvor Google Earth)

Na snimku iz 04.2004 godine se vidi da Morača uzvodno od ušća Cijevne teče duž dva primarna rukavca.

07.2008.



08.2009.



Slike 23 i 24. Satelitski snimci Morače uzvodno od ušća Cijevne iz perioda 07.2008.godine i 08.2009.godine (izvor Google Earth)

Na kasnijem snimcima iz 07.2008.godine i 08.2009.godine, vidi se da je iskopavanje materijala intenzivirano (poljoprivredne površine iz 2004. su prekopane). Zbog produbljivanja zapadnog rukavca Morače, tečenje je koncentrisano samo duž ovog dijela rječnog korita. Istočni rukavac je pregrađen i cijela zona je prekopana u vidu vještačkih izdanskih oka. Cijevna je na nekoliko mjesta pregrađena. To omogućava koncentrisanje mehanizacije na nekadašnjem ostrvu između rukavaca, odnosno dalji nastavak eksploatacije u samom koritu Morače. Uočavaju se i pregrade koje služe za prelazak mehanizacije na desnu obalu Morače, ali koje uslovljavaju održavanje nivoa površinskih voda na većoj koti i pored produbljivanja korita.

08.2012.



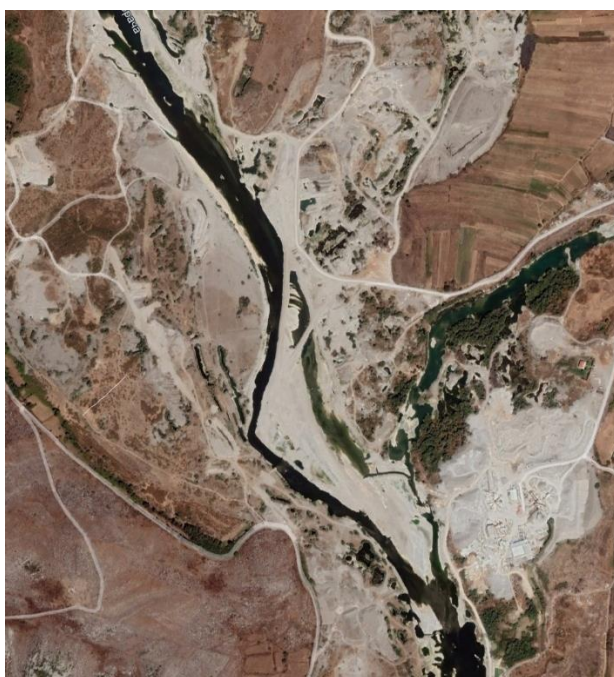
07.2013.



08.2014.



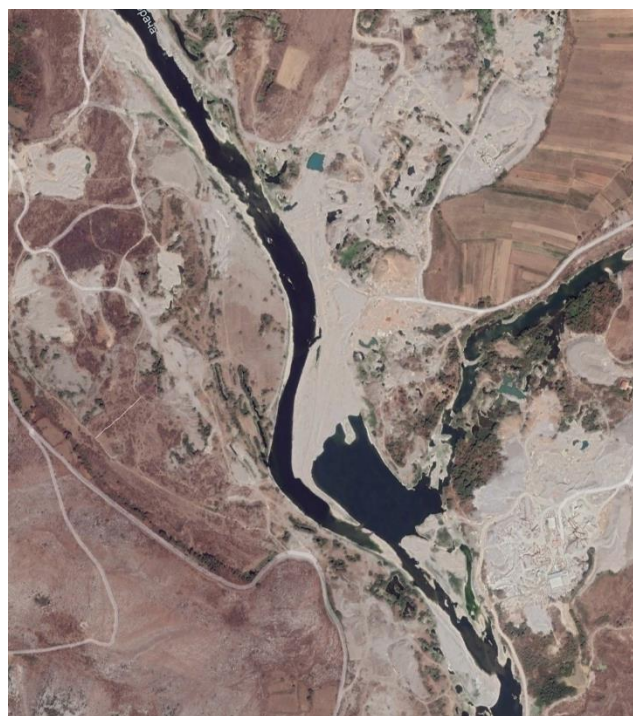
08.2015.



08.2016.



08.2017.



Slike 26-31. Satelitski snimci Morače uzvodno od ušća Cijevne iz avgustovskog perioda od 2012-2017.godine (izvor Google Earth)

Na snimcima iz perioda malih voda od 2012-2017 uočavaju se značajne promjene rječnog korita u ovoj zoni. Korito je uzvodno od ušća Cijevne za više nego duplo prošireno u odnosu na period do 2009. Ipak uočava se da se u zoni neposredno uzvodno od ušća, rijeka pregrađuje, što za posledicu ima sporiji trend opadanja nivoa Morače u odnosu na količine iskopanog materijala.

08.2017.



08.2019.

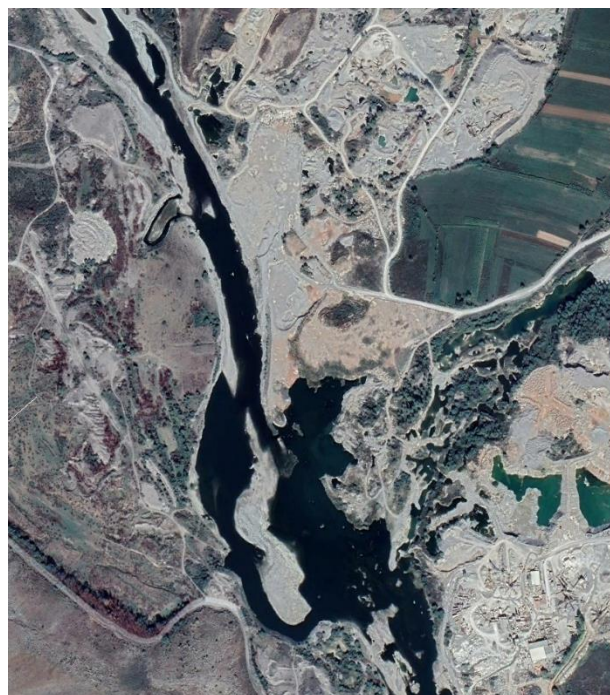


Slike 32-33. Satelitski snimci Morače uzvodno od ušća Cijevne iz avgustovskog perioda od 2017-2019.godine (izvor Google Earth)

Tokom 2017 godine formiran je nasip preko Morače, neposredno uzvodno od ušća Cijevne, kojim je u recesionom periodu gotovo u potpunosti zaustavljen površinski tok rijeke. Tečenje se odvija preko nasipa samo preko dva manja rukavca, širine 2-4 m, ali vjerovatno djelimično i difuzno kroz tijelo nasipa. Nasip uz određene izmjene egzistira sve do kraja 2019. Postojanje ove pregrade-nasipa (čija je namjena bila za prelazak mehanizacije na desnu obalu) uslovio je održavanje nešto višeg nivoa vode Morače uzvodno.

02.2020.

10.2021



Slike 34-35. Satelitski snimci Morače uzvodno od ušća Cijevne iz 02.2020. i 10.2021.god (izvor Google Earth)

Ako se dalje analiziraju satelitski snimci iz 02.2020, vidi se da je Morača probila nasip koji je funkcionisao od 2017. do kraja 2019. Takođe na snimku iz perioda hidrološkog minimuma 10.2021.godine vidi se da je korito Morače dodatno produbljeno preko ovog nasipa, odnosno da Morača bez uspora teče u zoni ušća Cijevne. To potvrđuju i geodetska snimanja korita Morače izvedena tokom 2020, 2021 i 2023. godine. Vidi se da je nivo Morače za samo 21 cm niži na profilu 3 koji se nalazi nizvodno od ušća u odnosu na profil 2 koji se nalazi neposredno uzvodno od ušća Cijevne (tabela 4).

Tabela 4. Geodetski profili istraženi u 2020/2021

Profil 1	
Kv1	Kv2
Y:6599189.179 m	Y:6599146.637 m
X:4691367.392 m	X:4691323.490 m
H: 8.6138 m	H:8.608 m
Profil 2	
Kv1	Kv2
Y:6599415.967m	Y:6599523.484 m
X:4690651.001m	X:4690700.367m
H: 7.5383 m	H:7.5336 m
Profil 3	
Kv1	Kv2
Y:6599929.979m	Y:6599823.594 m
X:4690217.915m	X:4690149.777m
H: 7.3479 m	H:7.3615 m



Sl. 36. Odabrane lokacije i profili na rijeci Morači za geodetska snimanja 2020-2023. godine

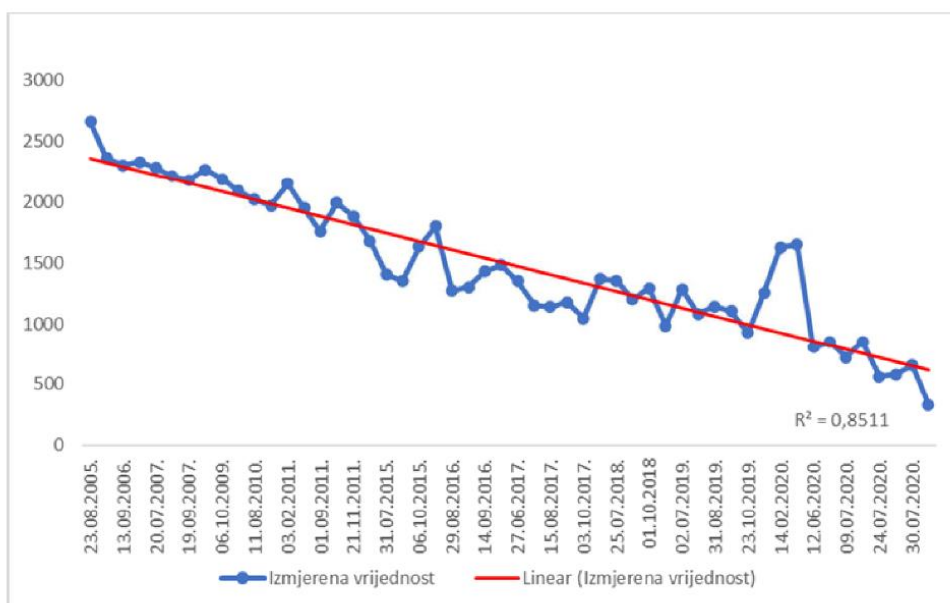
Na istom snimku (slika 35.), vide se ostaci nasipa koji je formiran na 450 m uzvodno od ušća Cijevne tokom 2020. godine. I u toj zoni korito je produbljeno, odnosno Morača nesmetano protiče i preko tog zaostalog dijela nasipa.

U nastavku će se analizirati trend opadanja izdašnosti izvorišta, kako bi se utvrdila moguća veza sa navedenim promjenama u koritu Morače, u zoni uzvodno od ušća Cijevne.

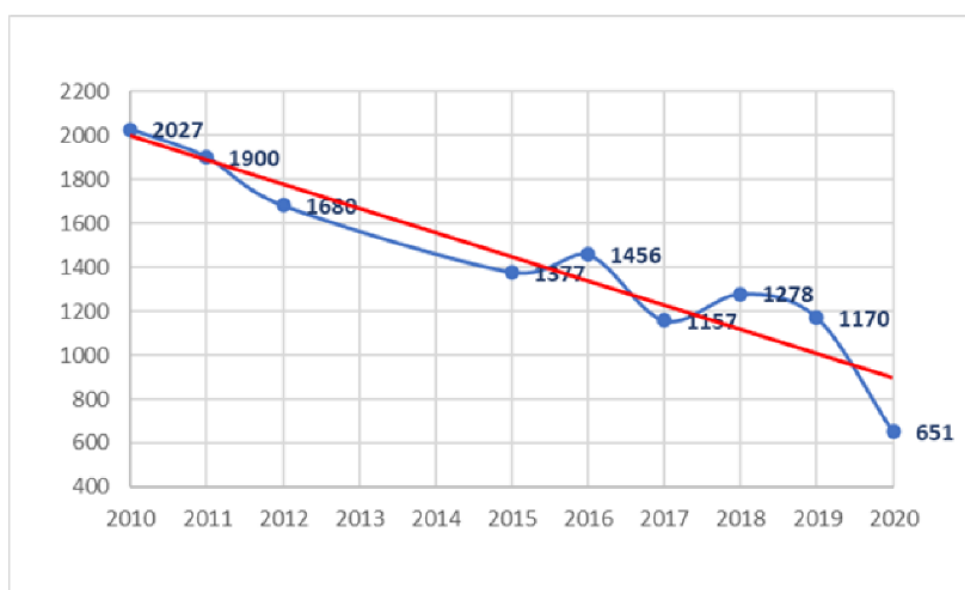
Trend opadanja izdašnosti izvorišta konstatovan je u cjelokupnom analiziranom periodu (CEMA, 2020). Ipak najznačajnije opadanje izdašnosti registrovano je 2020.godine. Prema riječima mještana, iste godine većina kopanih bunari u Grbavcima ostaju suvi.

Tabela 5. Mjereni proticaji vrulje Bolje Sestre (2017 – 2020)

<i>Datum</i>	<i>Q (l/s)</i>	<i>Datum</i>	<i>Q (l/s)</i>
27.06.2017.	1350	23.10.2019.	927
26.07.2017.	1150	24.01.2020.	1257
15.08.2017.	1140	14.02.2020.	1627
31.08.2017.	1178	05.05.2020.	1647
03.10.2017.	1047	12.06.2020.	806
06.11.2017.	1367	03.07.2020.	848
25.07.2018.	1355	09.07.2020.	720
31.08.2018.	1200	17.07.2020.	858
01.10.2018.	1293	24.07.2020.	562
26.10.2018.	984	27.07.2020.	581
02.07.2019.	1284	30.07.2020.	655
06.08.2019.	1080	03.08.2020.	555
31.08.2019.	1144	05.09.2020.	334
03.10.2019.	1104	30.11.2020.	941



Sl. 37. Trend opadanja isticanja vrulje Bolje Sestre u celokupnom periodu rada vodozahrata (prema CEMA, 2020)



Sl. 38. Trend opadanja isticanja vrulje Bolje Sestre u periodu 2010-2020 (prema CEMA, 2020)

U periodu hidrološkog minimuma 23.10.2019 izdašnost iznosi 927 l/s, i to je najmanja izmjerena izdašnost na izvoru do tada. Već sledeće 2020. godine, izdašnost izvorišta Bolje Sestre značajno opada, pa je u periodu hidrološkog minimuma 05.09.2020, izmjerena izdašnost na prelivu iznosila 334 l/s. Zbog povećane potražnje za vodom tokom kritičnih ljetnjih mjeseci 2021. i 2022. godine, vršeno je crpenje uz obaranje nivoa vode ispod kote preliva.

Navedeno naglo opadanje izdašnosti izvorišta tokom 2020.godine, kao i naglo opadanje nivoa podzemnih voda u zbijenoj izdani Grbavaca, moglo bi se dovesti u vezu sa produbljivanjem korita Morače u zoni neposredno uzvodno od ušća Cijevne. Upravo jedan od ciljeva istraživanja po ovom projektu je da se ova pretpostavka i dokaže.

5.3 Predlog pozicija i karakteristika eksperimentalne ustave

Na osnovu analize svih dosadašnjih podataka u sklopu projektovanih hidrogeoloških istraživanja, potrebno je izvršiti podizanje nivoa u zoni uzvodno od ušća Cijevne. Na osnovu rekognosciranja terena, a posebno vodeći računa o racionalizaciji troškova izgradnje, predlaže se formiranje eksperimentalne ustave na identičnoj poziciji ustave iz 2020 godine, kada je tokom potpunog pregrađivanja registrovano povećanje izdašnosti na izvorištu. Takođe predlaže se obnavljanje i druge nizvodnije ustave koja je bila formirana neposredno uzvodno od ušća Cijevne. Kao što je navedeno u gornjem tekstu, rekognosciranjem terena utvrđeno je da je u ovim zonama u koritu Morače ostala značajna količina materijala od ranijih pregrada (koje su služile za prelazak mehanizacije na desnu obalu), pa bi u cilju racionalizacije troškova ovaj nanos trebalo iskoristiti.

Pozicija predložene primarne, uzvodne ustave, je na 450 m uzvodno od ušća Cijevne (slike 39. i 40.). To je zona između geodetskih profila 1 i 2. Ustavu treba izvoditi bagerovanjem sa obale i nasipanjem materijala u korito rijeke Morače do visinske kote 8.8m n.v. počev od lijeve obale u pravcu desne obale. Ukupna dužina ustave od lijeve obale ka desnoj se procenjuje na 165m, ali će se iskoristiti veliki dio prvobitne ustave iz 2020.godine, pa će dio nove ustave koju treba nasuti, praktično iznositi oko 80 m (izvodjenje u periodu malovodja kada je korito najuže). Poslednjih 4.5m ka desnoj obali se ostavlja otvoreno kako bi se obezbedio nesmetani oticaj riječnih voda (vidi sl. 40 iz jula 2020) uz uslov da se nivo vode uzvodno od ustave poveća do 8.5 m.n.v. Projektovanje ustave treba izvršiti u svemu u skladu sa Rješenjem o utvrđivanju vodnih uslova koje je 25.maja 2022.godine izdala nadležna Uprava za vode. Iako je okolni teren u periodu velikih voda periodično plavljen, prilikom projektovanja treba voditi računa da ustava ne izazove dodatno plavljenje terena. Takođe treba voditi računa da se spriječi eventualna erozija obale u periodu velikih voda.



Slika 39. Satelitski snimak sa predloženom pozicijom primarne ustave (plava boja) i pozicijama geodetskih profila (crvena boja) snimljenih 2021-2022.godine (izvor Google Earth)

Slika 40. Pregrada na Morači formirana tokom 2020.godine (foto 8.2020.godine – izvor Regionalni Vodovod Crnogorsko Primorje)

Okvirne koordinate početne i krajnje tačke predložene primarne uzvodne ustave su date u sledećoj tabeli 6. U svakom slučaju formiranje ustave treba obaviti u okviru katastarskih parcela 2146 i 2161 KO Grbavci, koje su u državnom vlasništvu.

Tabela 6. Okvirne koordinate predložene primarne-uzvodne ustave

POČETNA TAČKA NA LIJEVOJ OBALI		KRAJNJA TAČKA NA DESNOJ OBALI	
X	Y	X	Y
4 691 144	6 599 361	4 690 987	6 599 267

Kako bi se posigli dodatni efekti povećanja nivoa vode uzvodno od ušća Cijevne, predlaže se reaktiviranje i sekundarne, nizvodnije ustave, neposredno uzvodno od ušća Cijevne, koja je od 2017 – 2019 služila za prelazak mehanizacije na desnu obalu. (slike 39. i 41.).



Slika 41. Satelitski snimak (8.2022.) sa predloženom pozicijom sekundarne, nizvodne ustave (izvor Google Earth)

Kao što se na slici 41. vidi, u zoni ove ustave će se u najvećoj mjeri iskoristiti ostaci ranije ustave (dužine oko 400 m), a procjenjuje se da je potrebno izvršiti dodatno nasipanje u južnom dijelu nekadašnje ustave (donja plava linija) u dužini oko 20 m. Ovo će se definisati u okviru Glavnog građevinskog projekta, nakon geodetskih i batimetrijskih snimanja korita Morače u ovoj zoni. Predlaže se da kota krune ove sekundarne ustave bude 8.50 m.n.m. odnosno da se uzvodno od ustave ostvari

podizanje površinskih voda Morače najmanje do kote oko 8.0 m.n.m. u periodu malih voda. Projektovanje ustave treba izvršiti u svemu u skladu sa Rješenjem o utvrđivanju vodnih uslova koje je 25. maja 2022.godine izdala nadležna Uprava za vode.

Okvirne koordinate početne i krajnje tačke predložene sekundarne nizvodne ustave su date u sledećoj tabeli 6. U svakom slučaju formiranje ustave treba obaviti u okviru katastarske parcele 2290 KO Grbavci, koja je u državnom vlasništvu.

Tabela 6. Okvirne koordinate predložene sekundarne-nizvodne ustave

POČETNA TAČKA NA LIJEVOJ OBALI		KRAJNJA TAČKA NA DESNOJ OBALI	
X	Y	X	Y
4 690 929	6 599 541	4 690 327	6 599 689

Kote krune ustava su procenjene na osnovu podataka o nivoima Morače u zonama geodetskih profila snimljenih u periodu malih voda tokom septembra 2021. (tabela 4.). **U skladu sa projektnim zadatkom, formiranje ustave treba obaviti u periodu hidrološkog minimuma (kada nivo površinskih voda Morače bude blizak navedenim geodetskim mjerenjima iz septembra 2021).**

Za praćenje efekata izgradnje ustava potrebno je izvesti bušotine za praćenje nivoa podzemnih voda u neposrednoj blizini kao i postaviti vodomjerne letve uzvodno i nizvodno od ustava. Predlaže se da se postave tri bušotine u trougaonom rasporedu neposredno uzvodno od primarne ustave, kao i jedna bušotina nizvodno (koja može biti u zoni donje-sekundarne ustave. Osmatranjem nivoa površinskih i podzemnih voda u zoni ustava, zajedno sa praćenjem mjernih podataka na već uspostavljenoj monitoring mreži, omogućiće se korelacija vodostaja i nivoa podzemnih voda, što će uz praćenje efekata ustave na izdašnost Boljih Sestara, pružiti važne informacije o karakteru hidrauličkog odnosa površinskih i podzemnih voda i omogućiti podloge za buduće projektovanje trajnijeg tehničkog rješenja.

Bušotine će biti izvedene kroz pjeskovito-šljunkovite sedimente, a s obzirom na to da će služiti za praćenje nivoa podzemnih voda zbijene izdani, predviđa se da je dovoljna dubina bušotina do 12 m, odnosno ukupno 48 m bušenja. Bušenje treba izvesti rotacionom metodom sa jezgrovanjem. Nakon bušenja potrebno je izvršiti detaljno hidrogeološko kartiranje jezgra istražnih bušotina.

Izrada svake bušotine uključuje air-liftovanje i ispiranje do pojave čiste vode. Generalno, air-liftovanje bi trebalo da se odvija oko 4 sata po bušotini, ali će Nadzor i Odgovorni rukovodilac istražnih radova na licu mjesta odlučiti da produže ukupno vrijeme testiranja, ako je potrebno.

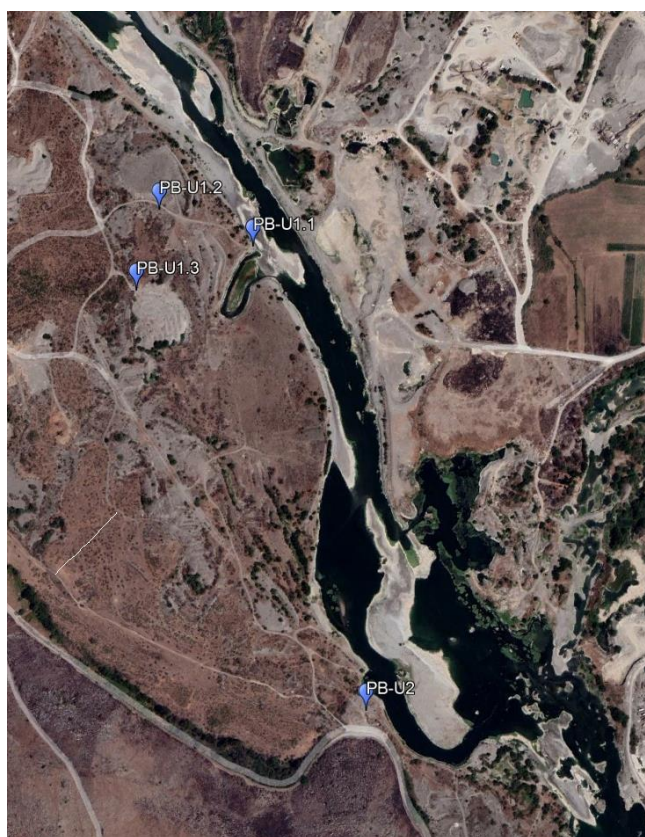
Nakon završetka bušenja, izvršiće se ugradnja piježometarskih konstrukcija od punih i perforiranih PVC cijevi, kao i ugradnja zaštitnog betonskog bloka i poklopaca bušotine sa katancem.

U tabeli 7, prikazane su koordinate projektovanih istražnih bušotina, dubina, očekivana litologija kao i katastarske parcele na kojima se planira izvođenje bušotina. Prema dostupnim podacima iz Uprave za nekretnine Crne Gore (www.ekatastar.me) sve lokacije su na parcelama sa pravom svojine Države Crne Gore ili Opštine Podgorica.

Tabela 7. Podaci o projektovanim pijezometarskim bušotinama

Pijezometarska bušotina	Koordinate		Projekta na dubina (m)	Litologija	Broj katastarske parcele (www.ekatastar.me)
	Y	X			
PB-U1.1	4 691 086	6 599 298	12	Pjeskoviti šljunak, mjestimično konglomerat	2146 KO Grbavci
PB-U1.2	4 691 152	6 599 148	12	Pjeskoviti šljunak, mjestimično konglomerat	2146 KO Grbavci
PB-U1.3	4 691 024	6 599 111	12	Pjeskoviti šljunak, mjestimično konglomerat	2161 KO Grbavci
PB-U2	4 690 376	6 599 509	12	Pjeskoviti šljunak, mjestimično konglomerat	2290 KO Grbavci

Predložene pozicije bušotina prikazane su i na slici 42.



Slika 42. Satelitski snimak (8.2022.) sa predloženim pozicijama pijezometarskih bušotina (izvor Google Earth)

Osim ovih radova potrebno je izvršiti ponavljanje simultane hidrometrije na profilima Morače neposredno uzvodno i nizvodno od budućih ustava, prije i nakon izgradnje (8 mjerenja). To bi pružilo nove podatke o gubicima rječne vode i prihranjivanju aluvijalne izdani.

Pored navedenih, trebalo bi sprovesti i neke druge aktivnosti koje bi takođe, doprinijele boljoj ocjeni uticaja regulisanog vodotoka Morače na aluvijalnu izdan, kao i na proticaj izvorišta Bolje Sestre. Izmedju ostalog potreban je novi opit trasiranja jednog od pijezometara (najuzvodnijeg od tri u trouglu pored uzvodne ustave) sa detekcijom trasera NaCl u drugim pijezometrima, čime bi se odredio pravac kretanja izdanskog toka.

Takođe, treba izvršiti kalibraciju formiranog hidrodinamičkog modela sa unosom podataka osmatranja režima u prethodnom periodu i korelacije novoprikupljenih podataka pre, tokom, i po realizaciji ustave (kvantitativni i podaci kvaliteta uzorkovane vode u aluvijonu i na Boljim Sestrama).

Osmatračke bušotine i postavljanje vodomjernih letvi treba izvesti prije izgradnje ustava, kako bi mogli da se prate efekti prije, tokom i nakon izgradnje. Takođe treba voditi računa da se izgradnja ustava obavi makar 10 – 15 dana prije isključivanja pumpi velikog kapaciteta za navodnjavanje poljoprivrednih površina kompanije “Plantaže”. Tokom perioda navodnjavanja, grupom bunara se neprekidno crpi preko 2 m³/s podzemnih voda. S obzirom na veoma dobre filtracione karakteristike zbijene izdani Zetske ravnice, smatra se da, i pored malih depresija u bunarima koje se ostvaruju tokom ovog crpenja, radijus dejstva može biti veoma veliki. Zbog toga treba isključiti mogućnost uticaja ovog crpenja na predmetni eksperiment u početnoj fazi (prvih 10 – 15 dana), kada treba jasno registrovati efekte pregrađivanja Morače.

Nakon izvođenja terenskih istraživanja u periodu malih voda uradiće se Elaborat o rezultatima hidrogeoloških istraživanja uticaja izgradnje privremene ustave na Morači na režim podzemnih voda u zoni izvorišta Bolje Bestre. Nakon dodatnih osmatranja, koja bi se nastavila i nakon malovođa, sve do moguće prirodne destrukcija nasipa vodama Morače u periodu velikih voda, izradiće se Aneks elaboratu i sadržaće podatke ovih kontinualnih osmatranja.

Ukoliko iz bilo kojih razloga, Investitor na bude u mogućnosti da realizuje dio ovih hidrogeoloških istraživanja i radova, njihov obim se može donekle redukovati, ali će stepen pouzdanosti planiranih podloga za buduća tehnička rješenja biti svakako nižeg nivoa. U tom slučaju redukcija bi se izvršila u saradnji projektanata i investitora u sklopu pripreme tenderske dokumentacije za izvođenje radova.

6 PREDMJER SA OPISOM I TEHNIČKIM USLOVIMA IZVOĐENJA RADOVA

6.1 Izvođenje i opremanje pijezometarskih bušotina

6.1.1 Pripremni radovi za izvođenje pijezometarskih bušotina

U sklopu pripremni radova potrebno je izvršiti mobilizaciju mašine i opreme za istražno bušenje kao i uređenje radilišta. Za izvođenje pijezometarskih bušotina potrebno je formirati odgovarajuće radne platoon, i dopremanje sve potrebne opreme za bušenje, mašinu, bušaći pribor, kompresor, agregat za struju itd.

Izvođač će obezbediti svu opremu i osoblje potrebno za uspešno izvršenje navedenog programa bušenja. Sva oprema mora biti kvalitetna da obezbedi potrebnu tačnost za rad. Oprema mora biti održavana u ispravnom stanju i sigurna za radnike i životnu sredinu.

Izvođač će biti odgovoran da obezbedi pristupne puteve do lokacije, obezbedi električnu energiju (generatori) kako bi se omogućilo izvođenje bušenja, sva potrebna ispitivanja, osiguralo gorivo, tečnost za bušenje u količini koja odgovara lokalnim uslovima, snabdevanje svih potrebnih materijala lokacije (cevi i šljunčani zasip, kompresori, pumpe itd.).

Po ovoj poziciji predviđaju se svi pripremni radovi za izvođenje pijezometarskih bušotina.

6.1.2 Izvođenje pijezometarskih bušotina

Istražno bušenje će se na ovom terenu izvoditi kao jedna od osnovnih metoda istraživanja. Na osnovu rezultata koji će se dobiti bušenjem definišaću se:

- litološki sastav;
- dubine do nivoa podzemnih voda kao i filtracione karakteristike vodonosnih sredina.

Predlaže se da se bušenje izvodi rotaciono sa jezgrovanjem u aluvijalnim / fluvioglacialnim sedimentima, u skladu sa tehničkim standardima za ove vrste bušenja.

Predviđa se izvođenje 4 pijezometarske bušotine, prečnikom 131-146 mm, dubine do 12 m, sa ukupnom dubinom oko 48m.

Bušenje će se izvesti mašinskom garniturom, rotacionom metodom, sa kontinualnim jezgrovanjem. Bušaći pribor (krune, sržne cijevi, hvatači jezgra i dr.) kao i parametri režima bušenja (broj obrtaja, osovinski pritisak, vrsta, količina i brzina cirkulacije isplake) biće prilagođeni lokalnim geološkim uslovima, kako bi se dobio maksimalan kvalitet i procenat jezgra, odnosno, neporemećeni uzorci za laboratorijska ispitivanja. Zahtjeva se kod istražnog bušenja rotacionom metodom da procenat materijala, izvađenog iz jednog manevra, bude minimum 80%. Prečnik bušenja treba da bude 146 mm jer je planirana ugradnja pijezometarskih konstrukcija prečnika 125 mm. Tokom bušenja koristiće se odgovarajuće obložne kolone.

Kompletno izvađeno jezgro, iz bušotina koje će se izvoditi rotacionom metodom slagat će se u drvene sanduke, dimenzija 1 x 1 m, podeljene na unutrašnje segmente, na kojima će biti vidno obeležene oznake bušotina, dubine i intervali manevara bušenja. Pri slaganju, poštovaće se redosled izvađenog jezgra, a u intervalima gdje jezgro nije izvađeno, u sanduku će ostati prazno mjesto sa jasno upisanim dužinama intervala. Sanduci sa jezgrom će se fotografisati, a fotografije će predstavljati sastavni dio tehničke dokumentacije.

U toku rada (odnosi se na obje metode bušenja) vodi se dnevnik bušenja, koji obavezno sadrži sledeće tehničke podatke: redni broj manevra, vrijeme bušenja manevra, bušeni intervali sa količinom izvađenog jezgra, nivo podzemne vode itd. U ovaj dnevnik se unose i svi podaci relevantni za proces bušenja

Po ovoj poziciji predviđa se:

- izvođenje 4 istražno-pijezometarske bušotine rotacionom metodom sa jezgrovanjem, prečnika 146 mm, odnosno ukupno 48 m bušenja.

6.1.3 Detaljno hidrogeološko kartiranje nabušenog materijala

U toku istražnog bušenja potrebno je izvoditi detaljno hidrogeološko kartiranje jezgra istražnih bušotina. Hidrogeološkim kartiranjem jezgra neophodno je definisati granice različitih litogenetskih kompleksa, kao i fizičko-mehanička i hidrogeološka svojstva izdvojenih litoloških članova, koliko je to moguće terenskim vizuelnim opažanjem.

Profili istražno-pijezometarskih bušotina, koji predstavljaju grafičku dokumentaciju kartiranja jezgra, treba da sadrže sledeće podatke:

- grafički prikaz i detaljan opis stijenske mase,
- dubinu pojave i ustaljenog nivoa podzemne vode, sa datumom mjerenja,
- konstrukciju bušotine.

Pored navedenog, profil treba da sadrži i sledeće tehničke podatke: broj bušotine, lokacija bušotine, kota usta bušotine, datum bušenja, prečnik bušotine, dubina zacjevljivanja, ukupna dubina bušotine.

Po ovoj poziciji predviđeno je:

- detaljno hidrogeološko kartiranje jezgra istražnih bušotina, ukupno 48 m',

6.1.4 Ugradnja pijezometarskih konstrukcija i izrada zaštitnog betonskog bloka bušotine

Nakon izvođenja istražno-pijezometarskih bušotina do predviđene dubine, izvršiće se ugradnja pijezometarskih konstrukcija od punih i perforiranih PVC cijevi prečnika ϕ 125 mm. Puna cijev treba da bude postavljena u nadizdanskim zonama kao i u zoni taložnika u dužini 1m. Ostali dio bunarske konstrukcije će se formirati od perforiranih cijevi. Filterske sekcije ugradiće se u intervalima vodonosnih horizonata. Raspored ugradnje pojedinih sekcija definisaće odgovorni rukovodilac hidrogeoloških istraživanja u dogovoru sa Nadzorom nakon bušenja i hidrogeološkog kartiranja nabušenog materijala.

Po ovoj poziciji predviđa se:

- ugradnja PVC pijezometarskih cijevi prečnika ϕ 125 mm, punih i perforiranih, ukupno 48 m';

Po završetku ugradnje glinenog tampona, potrebno je zaštititi istražno-pijezometarsku bušotinu izradom betonskog bloka dimenzija 1 x 1 x 0.3 m sa zaštitnom kapom i katancem.

Nakon ugradnje betonskog bloka sa zaštitnom kapom, potrebno je izvršiti geodetsko snimanje kota i koordinata pijezometarskih bušotina.

Po ovoj poziciji predviđa se:

- izrada betonskog bloka dimenzija 1 x 1 x 0.3 m, sa metalnim poklopcem i katancem.

6.1.5 Ispiranje bušotina metodom air-lifta

Nakon izvođenja istražno-eksploatacionih bušotina potrebno je izvršiti ispiranje metodom „air-lifta“, odnosno uz upotrebu komprimovanog vazduha. Način ispiranja, odnosno režim uključivanja i isključivanja kompresora u cilju efikasnijeg ispiranja, odrediće odgovorni rukovodilac radova. Predviđeno je da ispiranje istražno-pijezometarskih bušotina traje 4 h po bušotini, ali u dogovoru sa Nadzorom, period ispiranja bušotine se može produžiti.

Po ovoj poziciji predviđa se:

- *Montaža i demontaža opreme za ispiranje metodom „air-lifta“ u svim bušotinama,*
- *Ispiranje bušotine metodom „air-lifta“, 4 h po bušotini, ukupno 16 h.*

6.2 Ugradnja hidrometrijskih letvi

Ugradnja hidrometrijskih letvi izvršiće se prije formiranja privremenih ustava na Morači, kako bi se omogućilo osmatranje nivoa rijeke prije, tokom i nakon izgradnje privremenih ustava. Postavljanje je potrebno izvršiti na lokacijama neposredno uzvodno i neposredno nizvodno od planiranih ustava. Mikrolokacije će odrediti odgovorni rukovodilac radova, direktno na terenu.

Osmatranja nivoa površinskih voda uzvodno i nizvodno od planiranih ustava, omogućiće praćenje funkcionalnosti ustava tokom izgradnje. Takođe dvije vodomjerne letve koje će biti postavljene neposredno uzvodno od planiranih ustava, biće opremljene sondama za kontinuirano osmatranje nivoa vode, odnosno biće uključene u osmatračku mrežu podzemnih i površinskih voda.

S obzirom na morfologiju terena, potrebno je prvo izliti i čvrsto fundirati armirano-betonske stubove prečnika 110 mm, dužine 3 m za koje će se ankerisati standardne vodomjerne letve. Nakon postavljanja, potrebno je geodetski snimiti kotu “0” letve. Takođe, uz vodomjerne letve koje se postavljaju uzvodno od planiranih ustava, potrebno je postaviti perforiranu čeličnu cijev prečnika 50 mm, u koje će biti instalirane sonde za kontinuirano mjerenje nivoa i temperature vode.

Po ovoj poziciji predviđa se:

- *Postavljanje hidrometrijskih letvi, uz odgovarajuće armirano-betonske stubove prečnika 110 mm 4 komada, i postavljanje 2 perforirane čelične cijevi, prečnika 50mm, dužine 3 m uz vodomjerne letve uzvodno od planiranih ustava.*

6.3 Simultana hidrometrija

Prije i nakon izgradnje ustava na Morači, potrebno je izvesti simultana mjerenja proticaja rijeke Morače neposredno uzvodno i nizvodno od ustava. To će pružiti nove podatke o gubicima rječne vode i prihranjivanju aluvijalne izdani. Simultanu hidrometriju izvesti uz korišćenje standarda za mjerenje proticaja u otvorenim kanalima – Metoda za određivanje riječnog toka ultrazvučnom (akustičnom) metodom, ISO standard 6416:1992, odnosno akustičnog doplera kako je to izvedeno i tokom ranijih istraživanja koja je sproveo Geoprojekt i dr. 2021-2022.god (slike 43.)



Slika 43. Simultana hidrometrija tokom niskog nivoa rijeke Morače (period niskih voda, August 2021)

Po ovoj poziciji predviđa se:

- *Vršenje simultanog mjerenja proticaja rijeke Morača na 4 profila, prije izgradnje ustava i nakon izgradnje ustava, ukupno 8 mjerenja.*

6.4 Opit trasiranja

Opit trasiranja vrši se u cilju određivanja pravaca kretanja izdanskog toka i njegove virtuelne brzine, što bi omogućilo i analizu hidrodinamičke slike na djelu priobalja i dalje u pravcu karstnog oboda Kolozuba. Opit trasiranja potrebno je izvesti nakon izgradnje ustave u periodu hidrološkog minimuma, na najuzvodnijem instaliranom piježometru (PB-U1.2) i to uz korišćenje trasera NaCl. Okvirnu količinu trasera od oko 100 kg potrebno je rastvoriti u 2000 l vode a zatim uz pomoć crijeva koje će biti spušteno do dna bušotine, slobodnom padom naliti u bušotinu. Detekcija u druga dva nizvodna piježometra (PB-U1.1 i PB-U1.3) vrši se pomoću instaliranih sonde za kontinuirano osmatranje nivoa vode, temperature i elektroprovodljivosti. Nakon ubacivanja trasera, sonde treba programirati na frekvenciju mjerenja od 15 minuta u periodu od 10 dana.

Po ovoj poziciji predviđa se:

- Opit trasiranja jednog od piježometara pomoću trasera NaCl. Okvirna količina trasera je 100 kg.

6.5 Osmatranje nivoa podzemnih i površinskih voda

Osmatranje nivoa podzemnih i površinskih voda treba vršiti od perioda prije početka izgradnje ustave, pa sve dok ustava ne bude razrušena nailaskom poplavnih talasa u periodu velikih voda, kako bi se prikupio što veći broj relevantnih podataka o uticaju ustave na režim isticanja Boljih Sestara. Osmatranje treba vršiti na izvedenim piježometrima i vodomjernim letvama, kao i na stanicama za monitoring uspostavljenim tokom 2022. godine. Za te potrebe, izvedene piježometarske bušotine i vodomjerne letve, treba opremiti sofisticiranim sondama za kontinuirano mjerenje i to:

- bušotine PB-U1.2 i PB-U2 - sondama za kontinuirano mjerenje nivoa i temperature vode PB-U1.2 i PB-U2;
- bušotine PB-U1.1 i PB-U1.3 – sondama za kontinuirano mjerenje nivoa, konduktiviteta i temperature vode;

- dvije vodomjerne letve postavljene uzvodno od planiranih ustava – sondama za kontinuirano mjerenje nivoa i temperature podzemnih voda.

Sonde treba da budu povezane kablom za direktno očitavanje, bez potrebe za vađenjem sonde.

Nakon opremanja sondama, izvedene pijezometarske bušotine i vodomjerne letve će biti uključene u sistem za monitoring podzemnih i površinskih voda. Očitavanje rezultata će se vršiti u režiji Investitora a podaci će se blagovremeno dostavljati Izvođaču, do kraja realizacije navedenog Projekta.

6.6 Uzimanje uzoraka vode i izrada osnovnih hemijskih i mikrobioloških analiza vode

Uzimanje uzoraka vode i izrada osnovnih hemijskih i mikrobioloških analiza vode vrši se na dva odabrana pijezometra i to na: najbližem rijeci Morači kod uzvodne ustave (PB – U1.3), i kod nizvodne ustave (PB-U2). Potrebno je uzeti uzorke i izvršiti analize na po jednom uzorku prije izgradnje ustave, odmah nakon izgradnje ustave i 30 dana nakon izgradnje ustave.

Uzimanje uzoraka i izradu skraćenih hemijskih i mikrobioloških analiza vršiće ZU Institut za javno zdravlje Podgorica, u skladu sa standardom:

- za uzorkovanje MEST EN ISO 19458:2013,
- za ispitivanje: Fizičko-hemijska – Osnovna analiza (A) i Mikrobiološka – Osnovna analiza (A) u skladu sa Pravilnikom o bližim zahtjevima koji u pogledu bezbjednosti treba da ispunjava voda za piće (Sl.list CG br. 24/2012).

Analize služe za korelaciju parametara kvaliteta podzemnih voda u aluvijalnoj izdani Grbavaca pored Morače i voda karstne izdani koja se drenira na izvorištu Bolje Sestre.

6.7 Kalibracija postojećeg HD modela

Kalibracija hidrodinamičkog modela formiranog tokom realizacije TES vrši se sa unosom podataka osmatranja režima u periodu nakon 2022. i korelacije sa novoprikupljenih podataka koji će se obezbjediti prije, tokom, i po realizaciji ustave.

6.8 Obrada podataka

Nakon završetka svih terenskih istraživanja i perioda osmatranja nivoa podzemnih i površinskih voda u period od 30 dana nakon izgradnje ustava, izvršiće se obrada podataka i izrada Elaborata o rezultatima detaljnih hidrogeoloških istraživanja uticaja izgradnje privremene ustave na Morači na režim podzemnih voda u zoni izvorišta Bolje Bestre. Nakon dobijanja rezultata praćenja funkcionalnosti privremene ustave u periodu povodnja izradiće se Aneks Elaborata.

7 DINAMIKA IZVOĐENJA ISTRAŽNIH RADOVA

Za realizaciju ovog Projekta, predviđa se sledeća dinamika izvođenja pojedinih vrsta radova.

Tabela 8.1: Dinamički plan izvođenja istražnih radova u periodu malih voda

	Vrsta radova	dana																							
		10				20				30				40				50				60			
1.	Izvođenje istražno-pijezometarskih bušotina, sa kartiranjem nabušenog materijala, ispiranjem metodom air-lifta i ugradnjom pijezometarske konstrukcije																								
2.	Postavljanje vodomjernih letvi																								
3.	Simultana hidrometrijska mjerenja																								
4.	Uzimanje uzoraka vode i izrada osnovnih hemijskih i mikrobiloških analiza vode																								
5.	Formiranje ustava na Morači																								
6.	Praćenje efekata formiranih ustava																								
7.	Obrada podataka i izrada Elaborata																								
8.	Praćenje efekata formiranih ustava do perioda velikih voda dok ustave ne bude razrušena nailaskom poplavnih talasa	Ne može se predvidjeti period velikih voda ali će se svakako vršiti monitoring podzemnih i površinskih voda na uspostavljenoj mreži do nailaska poplavnog talasa koji će razrušiti privremene ustave. Rezulati mjerenja se dostavljaju Izvođaču, nakon čega se izrađuje Aneks Elaborata																							
9.	Izrada Aneksa Elaborata	U periodu od 10 dana nakon dostavljanja rezultata mjerenja sa monitoring mreže, koji obuhvata period velikih voda																							

8 SPECIFIKACIJA RADOVA PO VRSTI I OBIMU

Specifikacija radova po vrsti i obimu prikazana je u sledećoj tabeli.

Tabela 9: Specifikacija radova po vrsti i obimu

SPECIFIKACIJA RADOVA					
I faza istraživanja - pripremni radovi					
R.Br.	Opis	j.m.	kol.	jed. cij.	ukupno
1	Analiza raspoložive dokumentacije i detaljno rekognosciranje terena u cilju racionalnijeg projektovanja istražnih radova	dan/geol	3.00		
2	Evaluacija dosadašnjih rezultata mjerenja na uspostavljenoj monitoring mreži	dan/geol	5.00		
3	Izrada Projekta detaljnih hidrogeoloških istraživanja terena, sa definisanjem položaja i visine eksperimentalne nasute ustave na Morači, u skladu sa zakonom o geološkim istraživanjima (sl. List CG br. 28/11) i Pravilnikom o izradi Projekta geoloških istraživanja (sl. List br. 9/85)	pauš	1.00		
II faza istraživanja - izvođenje istražnih radova					
R.Br.	Opis	j.m.	kol.	jed. cij.	ukupno
4	Geodetsko snimanje šireg područja, Izrada Građevinskog projekta i izvođenje privremene nasute ustave na Morači u skladu sa preporukama iz Projekta detaljnih hidrogeoloških istraživanja	pauš	U režiji investitora		
5	Postavljanje hidrometrijskih letvi za mjerenje nivoa vode Morače i to 2 letve uzvodno od privremene ustave i 1 letvu nizvodno	kom	4.0		
6	Simultana hidrometrija na vodotoku Morače na profilima uzvodno i nizvodno od privremene ustave, pre i nakon njene izgradnje	mjerenje	8.00		
7	Izvođenje piježometarskih bušotina u zoni privremene ustave i to 3 bušotine uzvodno i 1 bušotina nizvodno. Bušotine se nakon istraživanja mogu uključiti u postojeću monitoring mrežu izvorišta i zadržati kao osmatrački objekti uz buduće trajne objekte (kaskade).				

7.1	Transport mašine i opreme za izvođenje bušenja	pauš	1.00		
7.2	Izvođenje 4 istražne bušotine dubine do 12 m	m'	48.00		
7.3	Hidrogeološko kartiranje jezgra istražnih bušotina	m'	48.00		
7.4	Ugradnja PVC pijezometarskih konstrukcija prečnika 125 mm	m'	48.00		
7.5	Ispiranje pijezometara metodom air-lifta u trajanju od 4 h po bušotini	h	16.00		
7.6	Izrada betonskog zaštitnog bloka pijezometra sa čeličnom zaštitnom kapom	kom	4.00		
8.1	Nabavka i ugradnja sofisticiranih sonde za kontinuirano osmatranje nivoa vode i temperature (2 sonde se ugrađuju u pijezometre sa dužinom kabla za očitavanje od 10 m, 2 sonde se ugrađuju pored vodomjernih letvi sa dužinom kabla za očitavanje od 3 m)	kom	4		
8.2	Nabavka i ugradnja sofisticiranih sonde za kontinuirano osmatranje nivoa, konduktiviteta i temperature vode (2 sonde se ugrađuju u pijezometre sa dužinom kabla za očitavanje od 10 m)	kom	2		
9	Opit trasiranja u cilju utvrđivanja hidrauličke veze i pravca kretanja novoinfiltriranih podzemnih voda u zoni Grbavaca, opit na pijezometarskoj mreži pomoću NaCl. Detekcija i analize uzoraka konduktivimetrom	opit pauš.	1.00		
10	Očitavanje rezultata mjerenja sa monitoring mreže i dostavljanje Izvođaču	U režiji Investitora			
11	Kalibracija postojećeg HD modela na bazi podataka režima isticanja vrela Bolje Sestre, kroskorelacija parametara režima nivoa površinskih i podzemnih voda u zoni ustave tokom trajanja perioda malovodja 2023 god. (pre, tokom i nakon izgradnje ustave)	dan/geol	12.00		
12	Uzimanje uzoraka vode i izrada osnovnih hemijskih i mikrobiloških analiza vode na odabrana 2 pijezometra i to: 1 analiza na uzorku prije izgradnje ustave, 1 analiza odmah nakon izgradnje ustave i 1 analiza 30 dana nakon izgradnje ustave. Podatke o režimu kvaliteta vode na izvorištu obezbjeđuje Investitor	kom	6.00		

13	Korelacija parametara kvaliteta podzemnih voda u aluvijalnoj izdani Grbavaca pored Morače i voda karstne izdani koja se drenira na izvorištu Bolje Sestre	dan/geol	5.00		
III faza istraživanja - obrada podataka					
R.Br.	Opis	j.m.	kol.	jed. cij.	ukupno
14	Rukovodjenje i koordinacija istraživačkih radova na terenu, komunikacija sa investitorom i izvodjačima radova na izgradnji privremen ustave	dan/geol	20.00		
15	Obrada podataka i izrada Elaborata o rezultatima hidrogeoloških istraživanja	kom	1.00		
16	Izrada Aneksa elaborate nakon dostavljanja rezultata mjerenja sa monitoring mreže nakon perioda velikih voda	kom	1.00		

9 EKONOMSKO OBRAZLOŽENJE

Istraživanja koja se predlažu po ovom Projektu su opravdana, kada se imaju u vidu ekonomski efekti, koji se mogu postići korišćenjem rezultata istraživanja u odnosu na ulaganja finansijskih sredstava na realizaciji ovog Projekta.

10 MJERE HIGIJENSKO-TEHNIČKE ZAŠTITE

Izvođači istražnih radova su dužni da preduzmu odgovarajuće mjere radi sigurnosti zaposlenog osoblja i svih lica koja po službenoj dužnosti obilaze istražne radove, u skladu sa pozitivnim propisima koji važe u Crnoj Gori. Tim propisima su utvrđene mjere i aktivnosti na stvaranju uslova koji obezbeđuju sigurnost na radu, sprečavaju i otklanjaju opasnosti i štetnosti koje mogu prouzrokovati povrede na radu, profesionalna i druga oboljenja i oštećenja zdravlja radnika na radu, kao i čuvanja zdravlja i radne sposobnosti u periodu izvođenja terenskih istražnih radova.

U konkretnom slučaju, mjere higijensko-tehničke zaštite moraju se preduzeti pri izvođenju istražnog bušenja i pratećih radova. Lica koja učestvuju u izvođenju navedenih terenskih istražnih radova, moraju dosljedno poštovati zakonske mjere o zaštiti na radu i koristiti za to propisanu zaštitnu opremu, kao što su radno odjelo, čizme, šlem, rukavice i druga zaštitna sredstva, zavisno od radnog mjesta. U skladu sa prethodno pomenutim zakonskim propisima Izvođač svih istražnih radova, a posebno bušenja, mora raspolagati ljudstvom i odgovarajućim tehničkim sredstvima neophodnim za izvođenje navedenih terenskih radova.

11 MJERE ZAŠTITE NA RADU, ZAŠTITE ČOVJEKOVE SREDINE I SIGURNOSTI LJUDI I IMOVINE

Mjere zaštite čovjekove sredine i sigurnosti ljudi i imovine Izvođač istražnih radova je dužan da sprovodi u saglasnosti sa pozitivnim propisima koji su za te mjere donijeti u Republici Crnoj Gori. Posebnu ulogu u sprovođenju ovih mjera ima Odgovorni rukovodilac radova. On vrši stručnu kontrolu preduzetih mjera, a u slučajevima incidentnih situacija brine o preduzimanju hitnih mjera sanacije čovjekove sredine i obezbeđenja sigurnosti ljudi i imovine. Napominjemo da se terenskim istražnim radovima ne smije ugroziti kvalitet životne sredine, odnosno zagaditi okolni teren i podzemne vode. Naročito se mora voditi računa da tokom izvođenja bušenja ne dođe do izlivanja nafte i naftnih derivate. To se može spriječiti postavljanjem PVC folija ispod mašine za bušenje, kompresora i agregata.

LITERATURA:

Beličević V., 2021: Hidrogeološka analiza izdašnosti izvorišta Bolje Sestre. Water Resources Management Plan – Extract, Regional Water Supply System Expansion Project. Energoprojekt – Hidroinženjering, Beograd

Bešić Z., 1969: Geologija Crne Gore, knj.2. Karst Crne Gore, Pos. izd. Geol. dr. CG, p.415, Podgorica

Burić M, Radulović M., 2005: A projection of long-term water supply of the settlements along the Montenegrin coast with a regional water system, “Water resources and environmental problems in karst”, Guide for exc.KARST 2005, Belgrade, Kotor

CEMA d.o.o. Podgorica, 2020: Analiza prirodnih i antropogenih uticaja na režim izdašnosti vodoizvorišta Bolje Sestre, Fond JP Regionalni vodovod, Budva

Dragović D., 1997: Some natural potentials of the Skadar Lake area and usage possibilities according to ecological requirements: CANU, 44: Natural values and protection of Lake Skadar: 67 -77, Podgorica

Energoprojekt – Hidroinženjering, 2021: Regional water supply system expansion project, Water resources management plan, Izvod – Hidrogeološka analiza izdašnosti izvorišta Bolje Sestre, Fund RWS, Budva

Filipović B., Filipović S., Dubljević V., D.Radojević, 2006: Izveštaj o recenziji rezultata istraživanja na izvorištu Bolje Sestre 2005-2006, Fond JP Regionalni vodovod, Budva

Filipović S., 1981: Effects of pollution on Lake Skadar and its most important tributaries. The biota and limnology of Lake Skadar. Univ.of Michigan, Ann Arbor/Biological institute, 97 – 108, Podgorica

Filipović S., 1983: Microelements in the water and in some organisms of Lake Skadar and its tributaries. PhD thesis, University in Belgrade- PMF-Chemical institute: 1 - 158. Belgrade

Geoprojekt, 2021: Geodetski profili preko rijeke Morače snimljeni tokom septembra 2021. godine. “Regionalni vodovod crnogorsko primorije” d.o.o, Budva

Geoprojekt d.o.o. 2021: Project of hydrogeological exploration at Bolje Sestre source area for creation of Monitoring network. IPA Project, RWS Budva

Geoprojekt i dr. 2021: Report on establishment of the 3rd sanitary protection zone (SPZ) of Bolje Sestre source, Project: Monitoring, control and protection of the regional water supply source Bolje Sestre, Geoprojekt & partners research team, Podgorica

Geoprojekt i dr. 2021-2022: Techno-economical study of Bolje Sestre source, Project: Monitoring, control and protection of the regional water supply source Bolje Sestre, Geoprojekt & partners research team, Podgorica

Glavatović B, Šupić V, Gošović D., 2006: Elaborat o geofizičkim ispitivanjima terena izvorišta “Bolje Sestre” na Skadarskom jezeru, Fond “Geoprojekta”, Podgorica

Grupa autora RHMZ CG, 2005: Izvještaj o izvedenom opitu bojenja donjeg dijela toka rijeke Morače u zoni Malog blata, Fond JP Regionalni vodovod, Budva

Grupa autora RHMZ CG, 2005: Elaborat o ispitivanju kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika izvorišta Bolje Sestre i rijeke Biševine i procjeni uticaja rijeke Morače na vode Malog blata, Fond RHMZ CG, Podgorica i JP Regionalni vodovod, Budva

Grupa autora ITSC ltd. Montenegro, 2005: Studija procjene uticaja na životnu sredinu sa izvorišta Bolje Sestre Crnogorskog primorja, Fond JP Regionalni vodovod, Budva

Hrvačević S, 2004: Resursi površinskih voda Crne Gore, monografija, Pos. izd. Elektroprivrede CG, Podgorica

Martinović – Vitanović V, Kalafatić V, 2006: Kvalitet vode potencijalnog izvorišta “Bolje Sestre”, Gornje Malo blato, Skadarsko jezero- Hidrobiološki i mikrobiološki aspekt, Fond Instituta “S.Stanković” i IK Konsalting, Beograd

Mišurović A, 2006: Izvještaj o analizi voda i sedimenta izvorišta Karuč i Bolje Sestre, Fond JU Centra za toksikološka ispitivanja, Podgorica i JP Regionalni vodovod, Budva

Radulović M, 2000: Hidrogeologija karsta Crne Gore, Pos. izd. Zavoda za geol. Istraž. CG, Podgorica

Radulović M, 2002: Aktuelna problematika vodosnabdijevanja Crnogorskog primorja, Problemi hidrogeologije i inženjerske geologije, knj. 2, Hidrogeologija, Herceg Novi.

Radulović M, Radulović V, Stevanović Z, Komatina M, Dubljević V, 2005: General geology and hydrogeology of Dinaric karst in Montenegro and Serbia, “Water resources and environmental problems in karst”, Guide for exc.KARST 2005, Belgrade, Kotor

Radulović M, 2005: Hidrogeološka istraživanja terena između Grbavaca i izvorišta Bolje Sestre, Elaborat, Fond str. Dok. «Geoprojekta», Podgorica

Radulović MM., Radulović M., Stevanović Z., Sekulić G., Radulović V., Burić M., Novaković D., Vako E., Blagojević M., Dević N., Radojević D., 2015: Hydrogeology of the Skadar Lake basin (Southeast Dinarides) with an assessment of considerable subterranean inflow. Environmental Earth Science, 74/1: 71-82

Radulović V, 1983: Prilog poznavanju položaja i veličine Skadarskog jezera, Pos. izd. CANU, Podgorica

Radulović V, 1989: Hidrogeologija sliva Skadarskog jezera, Pos. izd. Zavod za geološka istraživanja SR Crne Gore, Podgorica

Radulović V, Radulović M, 1997: Karst Crne Gore, Monog: ‘100 years of Hydrogeology in Yugoslavia’ (ed. Z.Stevanović), p.147-185, Pos. izd. RGF, Beograd

Radulović V, 1997: The Skadar Lake water and of brim springs as source for water supply CANU, 44: Natural values and protection of Lake Skadar: 39 – 67, Podgorica

Stevanović Z. et al, 2007a: Projekat dopunskih hidrogeoloških istraživanja izvorišta Bolje Sestre (Malo blato, Skadarsko jezero), Podloge za rešavanje problema vodosnabdevanja Crnogorskog primorja, Fond str. dok. IK Konsulting i JP Reg. Vod. CG primorje, Budva

Stevanović Z. et al, 2007b: Izvorište Bolje Sestre, Elaborat o izvedenim istraživanjima Fond str. dok. IK Konsulting i JP Reg. Vod. CG primorje, Budva

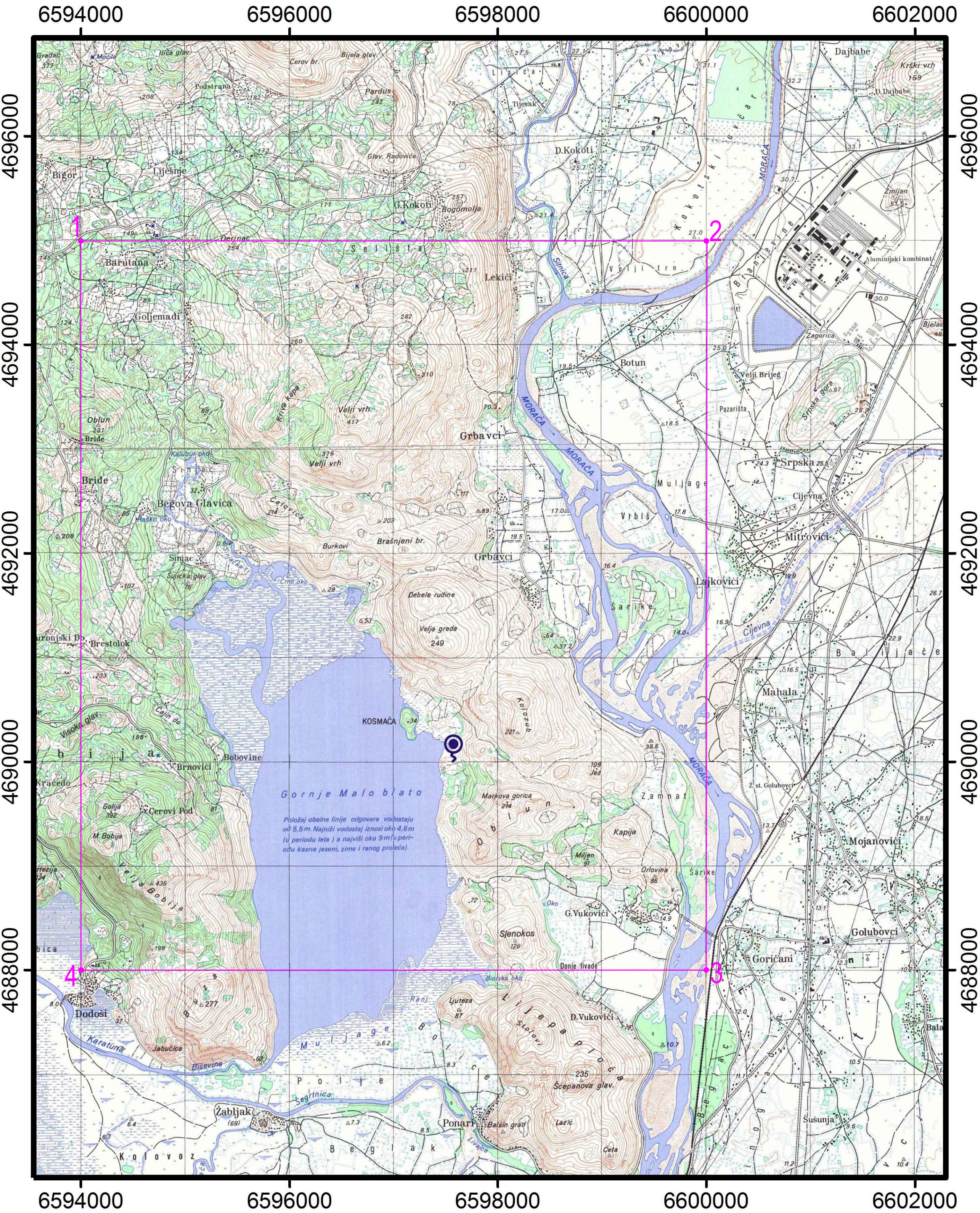
Stevanović Z., Radulović M., Puri S., Radulović MM., 2008: Karstic source Bolje sestre - Optimal solution for regional water supply of Montenegro coastal area. Rec. de rapp. du Com. pour le karst et spéléologie Acad. Serbe des Sciences et des Arts, Belgrade, 9: 33-64.

Stevanović Z. 2010b: Intake of the Bolje Sestre karst spring for the regional water supply of the Montenegro coastal area. In: Krešić, N. & Stevanović, Z. (eds.): Groundwater Hydrology of Springs: Engineering, Theory, Management, and Sustainability, Elsevier Inc., pp. 459-480.

PRILOZI

GEOGRAFSKI POLOŽAJ ŠIREG PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

1 : 25 000



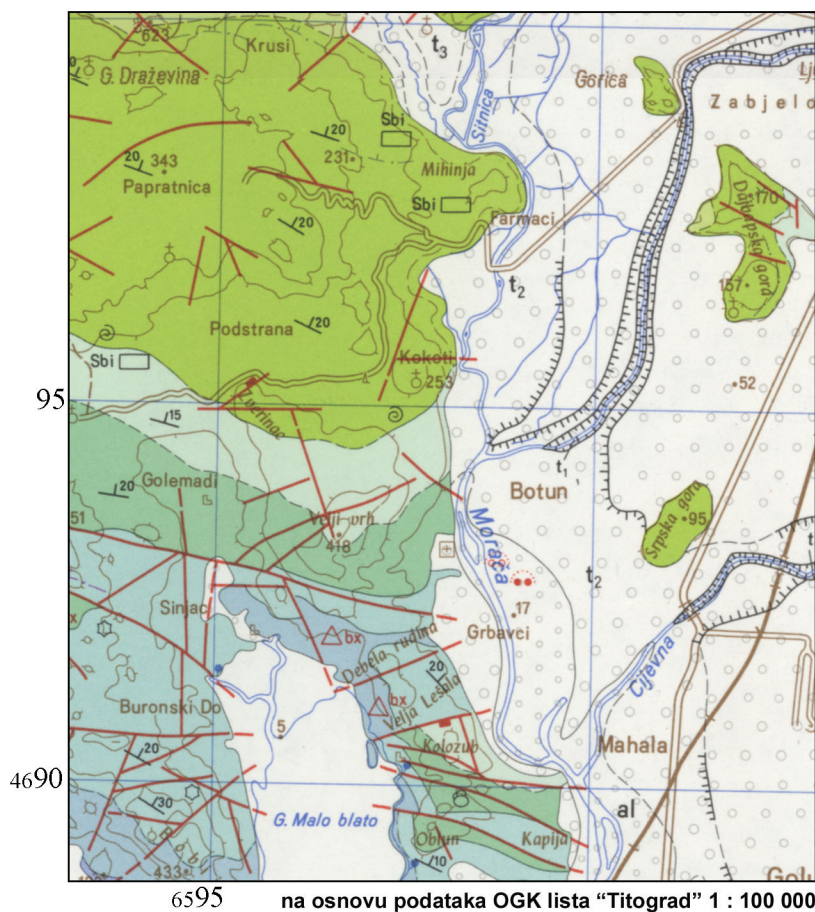
Legend

 Izvorište Bolje sestre

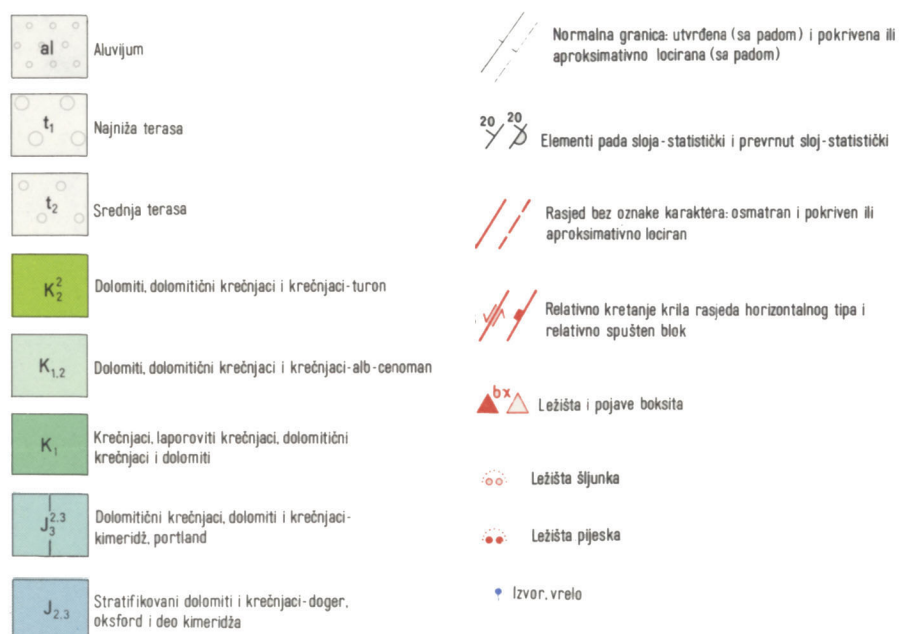
Koordinate tačaka područja istraživanja:

1.	4 695 000	6 594 000	3.	4 688 000	6 600 000
2.	4 695 000	6 600 000	4.	4 688 000	6 594 000

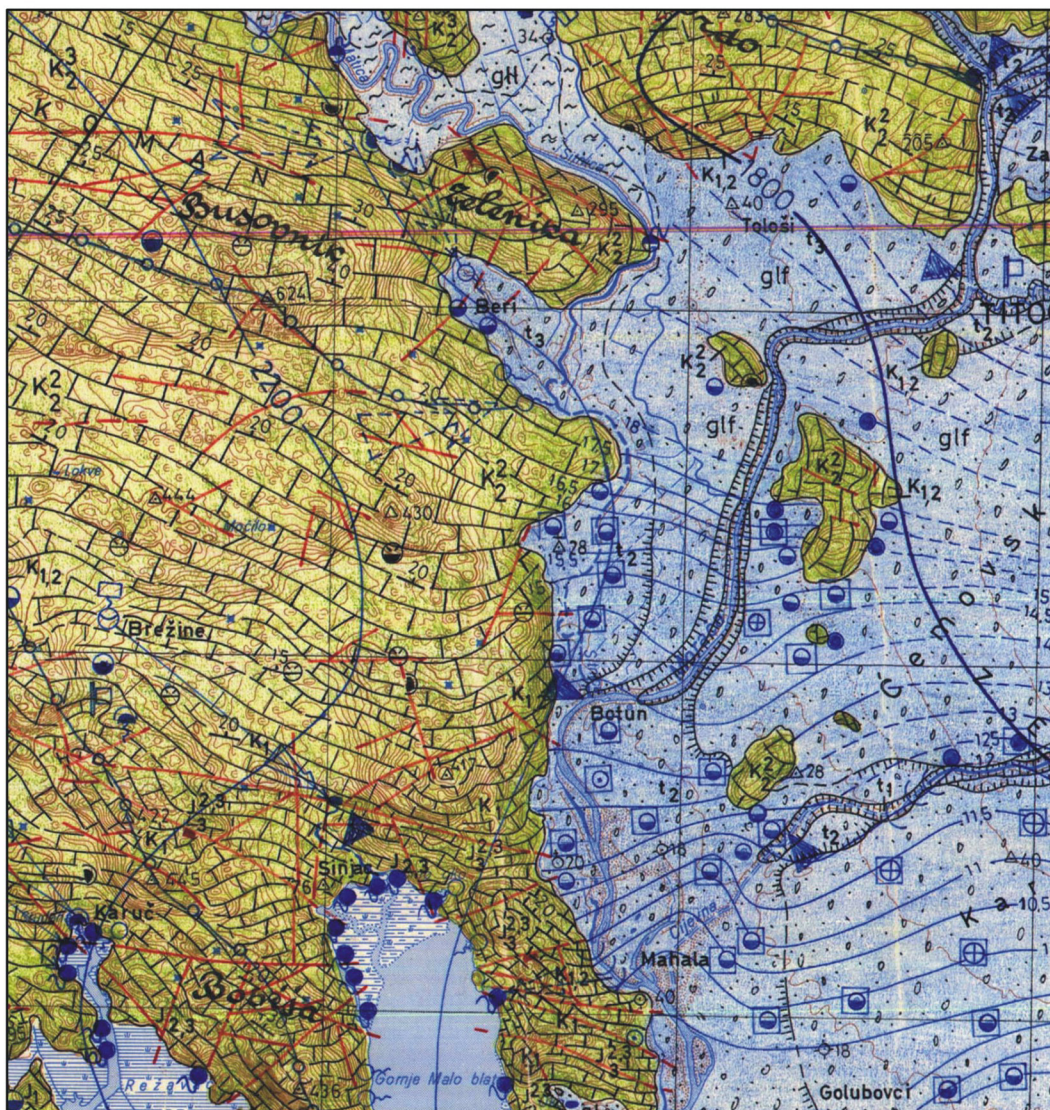
PREGLEDNA GEOLOŠKA KARTA ŠIRE OKOLINE MALOG BLATA 1 : 100 000



na osnovu podataka OGK lista "Titograd" 1 : 100 000



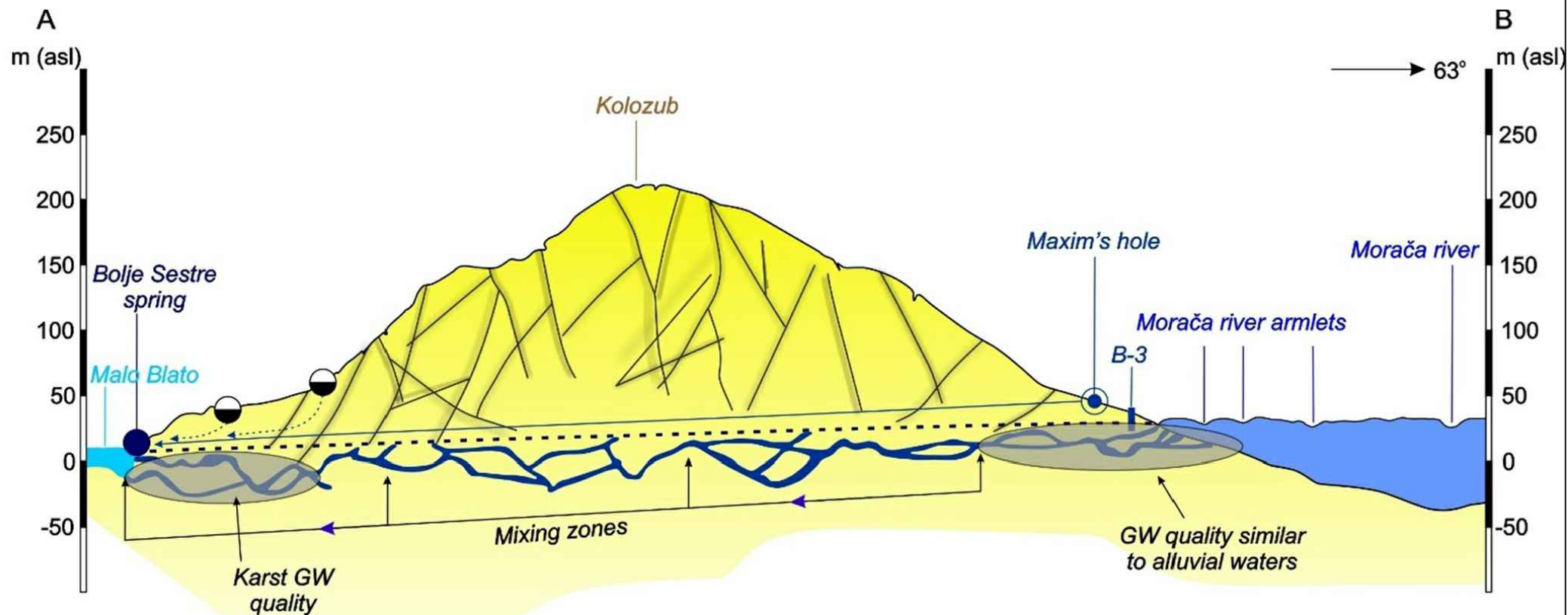
HIDROGEOLOŠKA KARTA ŠIREG PODRUČJA IZVORIŠTA "BOLJE SESTRE" 1 : 100 000



na osnovu podataka OHGK lista "Titograd 1 : 100 000"

	t	PLEISTOCEN: konglomerati, šljunkovi i pjeskovi (terasni sedimenti).		podvodni izvor (vrućja)
	glf	PLEISTOCEN: gline, pjeskovi, šljunkovi i konglomerati (glaciofluvijalni sedimenti).		bušeni bunar.
	K ₃	GORNJA KREDA: krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti.		pećina sa vodom.
	K ₂	GORNJA KREDA: krečnjaci i dolomitični krečnjaci.		osmatračka bušotina.
	K _{1,2}	DONJA KREDA, GORNJA KREDA: krečnjaci i dolomitični krečnjaci.		vodomjerni profil.
	J _{2,3}	GORNJA JURA: krečnjaci i dolomitični krečnjaci.		hidroizohipse
	J _{2,3}	SREDNJA JURA, GORNJA JURA: krečnjaci i dolomiti.		2000 izolinije padavina
		KARSTNO - PUKOTINSKI TIP IZDANI (DOBRO PROPUSNE STIJENE)		
		ZBIJENI TIP IZDANI (DOBRO PROPUSNE STIJENE)		

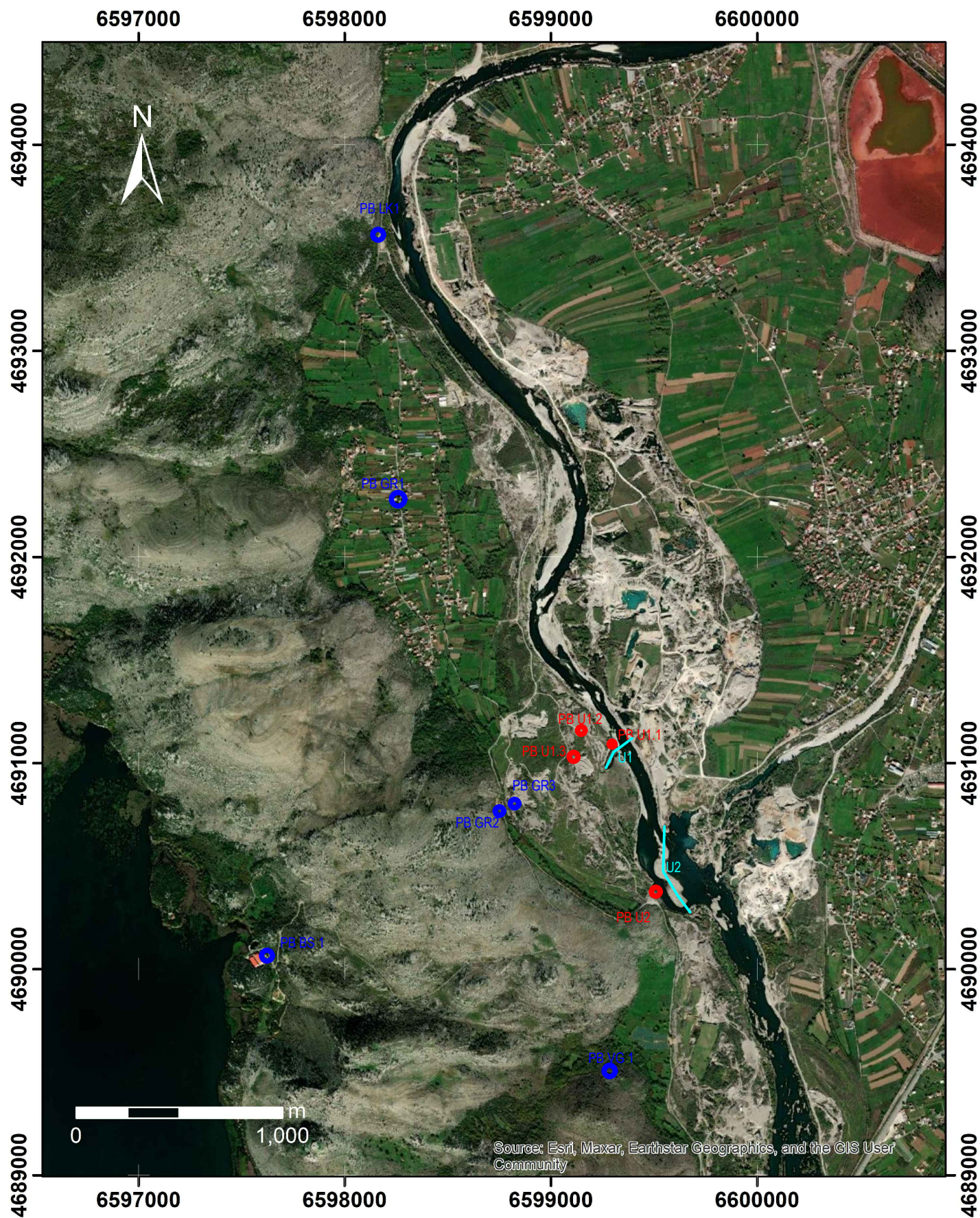
PROGNOZNI HIDROGEOLOŠKI PRESJEK TERENA OD GRBAVACA DO VRELA BOLJE SESTRE



Legend

	Karstna izdan područja Kolozuba		Izvorište Bolje Sestre		Kaverna		Pravac cirkulacije podzemnih voda (utvrđen i pretpostavljen)
	Zbijena izdan Grbavaca		Ponori u zoni kolozuba		Pijezometar		Nivo podzemnih voda

Situacija terena sa položajem projektovanih istražnih radova 1 : 25 000



LEGENDA

- PB VG 1 Ranije izvedena istražno-pijezometarska bušotina za monitoring podzemnih voda
- PB U 1.1 Projektovana istražno-pijezometarska bušotina
- U1 Predložena pozicija ustave

TEHNIČKA KONSTRUKCIJE PROJEKTOVANIH PIJEZOMETARSKIH BUŠOTINA R 1:100

