



## **HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT**

Sachsova 2, P.O. box 268, HR-10001 Zagreb, Croatia

Telefon: +38516160 888, Fax: +38516144713, MB: 3219518, E-mail: [ured@hgi-cgs.hr](mailto:ured@hgi-cgs.hr)

### **CENTAR ZA GOSPODARENJE OTPADOM SPLITSKO–DALMATINSKE ŽUPANIJE NA LOKACIJI LEĆEVICA**

**DOPUNA EZO**

## **HIDROGEOLOGIJA**

Broj: 59/16

Predstojnik Zavoda:

Ravnatelj Instituta:

dr.sc. Josip Terzić, dipl.ing.geol.

dr.sc. Josip Halamić, dipl.ing.geol.

**Zagreb, lipanj 2016.**

**PROJEKT:** **CENTAR ZA GOSPODARENJE OTPADOM  
SPLITSKO–DALMATINSKE ŽUPANIJE NA LOKACIJI  
LEĆEVICA**  
Dopuna Elaborata zaštite okoliša za postupak  
ocjene o potrebi procjene utjecaja izmjene zahvata  
Centar za gospodarenje otpadom u Splitsko-  
dalmatinskoj županiji na okoliš – HIDROGEOLOGIJA

**NARUČITELJ:** **REGIONALNI CENTAR ČISTOG OKOLIŠA d.o.o.**  
Domovinskog rata 2  
21000, Split

**IZVOĐAČ:** **HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT**  
Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju  
Sachsova 2, 10000 Zagreb

**UGOVOR:** **Broj: 1816/16 Hrvatski geološki institut**

**AUTOR IZVJEŠTAJA:** **Mladen Kuhta, dipl.ing. geol.**

**Zagreb, lipanj 2016.**

## SADRŽAJ:

1. UVOD	4
2. PREGLED DOSADAŠNJIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA	5
2.1. Hidrogeološke studije	5
2.2. Istraživanja za potrebe projektiranja i izgradnje Centra	7
2.3. Trasiranja podzemnih voda	8
3. OSVRT NA NOVIJU DOKUMENTACIJU I TRASIRANJA	13
4. HIDROGEOLOŠKA SITUACIJA	15
4.1. Mogućnost onečišćenja podzemne vode	16
4.2. Smjer i dinamika podzemnog otjecanja	18
5. ANALIZA UTJECAJA	20
5.1. Utjecaj na vodozaštitna područja	20
5.2. Utjecaj na ekološku mrežu	21
5.3. Utjecaj seizmoloških čimbenika	23
6. ZAKLJUČAK	24
7. Dokumentacija	26

**Prilog 1:** Pregledna hidrogeološka karta šireg područja CGO Lečevica (M 1:200 000)

**Prilog 2:** Hidrogeološka karta područja CGO (M 1:25 000)

## 1. UVOD

Temeljem „Elaborata zaštite okoliša za postupak ocjene o potrebi procjene utjecaja izmjene zahvata Centar za gospodarenje otpadom u Splitsko-dalmatinskoj županiji na okoliš“ (dalje: EZO) izrađivača HUDEC PLAN d.o.o. iz Zagreba, društvo Regionalni centar čistog okoliša d.o.o. pokrenulo je kod Ministarstva zaštite okoliša i prirode postupak Ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš. Nadležno Ministarstvo dostavilo je EZO Hrvatskoj agenciji za okoliš i prirodu (dalje: HAOP) te zatražilo mišljenje o Potrebi provođenja Glavne ocjene za ekološku mrežu. U izrađenom mišljenju HAOP je zatražio da se predmetni EZO nadopuni sudjelovanjem hidrogeologa i to na sljedeći način:

- „Uključiti u tim koji izrađuje elaborat hidrogeologa te prikazati i razmotriti nove hidrogeološke spoznaje o širem području zahvata prikupljene nakon izrade SUO revalorizirajući pri tome i podatke već prikazane u SUO i dodatnim studijama (posebice podatke o trasiranjima)
- Uzimajući u obzir sve potrebne nadopune vezane uz hidrogeologiju, ponovo razmotriti moguće utjecaje na područja ekološke mreže u slive rijeke Krke: *HR2000918 Šire područje NP Krke* vezano uz izvore Jaruga (kanjon Krke) i Torak (kanjon Čikole), kao i na područja *HR2000931 Jadro* te *HR3000430 Pantan*
- Razmotriti mehanizam širenja onečišćenja u različitim hidrološkim uvjetima u kršu na širem području CGO (primjerice mogućnost akumulacije onečišćenja u podzemlju i iznenadne pojave na izvorima)
- Prikazati nedostatke i nesigurnosti u spoznajama (primjerice ovisnost hidrogeoloških razvodnica, brzina i smjerova tečenja o hidrološkim uvjetima) te ukoliko su potrebna predložiti dodatna istraživanja u različitim hidrološkim uvjetima
- Razjasniti navedene moguće utjecaje na područje ekološke mreže u slučaju akcidentnih situacija. Uzimajući u obzir i rezultate mikroseizmičke zonacije lokacije iz 2010. godine, objasniti vezu između njenih zaključaka i značajnosti mogućih akcidentnih situacija povezanih s potresima
- Izraditi cjeloviti grafički prilog sa svim provedenim trasiranjima relevantnim za lokaciju CGO te preglednu hidrogeološku kartu šireg područja s pretpostavljenim smjerovima tečenja
- Izraditi čitljive i tehnički kvalitetne grafičke priloge“.

Temeljem ovog mišljenja društvo Regionalni centar čistog okoliša d.o.o. pokrenulo je postupak nabave bagatelne vrijednosti (Ev. broj nabave: BN-11/16) za izradu traženih dopuna EZO. Provedenim postupkom za izvođača predmetnih usluga odabran je Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Hrvatskog geološkog instituta iz Zagreba, što je regulirano sklopljenim ugovorom broj 1816/16 od 10.06.2016.

## 2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Budući da su osnovni ciljevi ove nadopune EZO interpretacija hidrogeoloških odnosa na širem razmatranom području izgradnje Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije (dalje: Centar) i ocjena mogućih utjecaja na okolna područja ekološke mreže, a prvenstveno ona koja se odnose na ekološke sustave ovisne o podzemnoj vodi, za njenu izradu korištena je sva relevantna dokumentacija o rezultatima dosadašnjih hidrogeoloških istraživanja. Prikaz je organiziran kroz tri poglavlja pri čemu su u prvom navedena sva značajnija hidrogeološka istraživanja šireg razmatranog područja, dakle regionalne hidrogeološke studije, dok su u drugom navedena dosadašnja istraživanja provedena u svrhu projektiranja i izgradnje planiranog Centra. U trećem poglavlju zasebno su obrađena sva dosadašnja trasiranja tokova podzemnih voda izvedena na širem utjecajnom području, a koja doprinose boljem tumačenju mogućih utjecaja Centra. Glavni nalazi navedenih dosadašnjih istraživanja korišteni su kao temeljne podloge za prikaz hidrogeološke situacije i ocjenu mogućih utjecaja Centra na okoliš s hidrogeološkog aspekta.

### 2.1. Hidrogeološke studije

Hidrogeološka situacija na nekom području prvenstveno je uvjetovana njegovom geološkom građom. Šire područje zahvata obrađeno je u okviru izrade Osnovne geološke karte SFRJ u mjerilu 1:100 000, listovi Drniš (Ivanović i dr., 1977) i Split (Marinčić i dr., 1971) s pripadnim Tumačima (Ivanović i dr., 1978; Magaš i Marinčić, 1973). Premda je razrada geološke situacije sukladna mjerilu karata, na njima su riješeni osnovni litološki, stratigrafski i strukturni odnosi tog područja. Osnovni nalazi i interpretacije geološke građe izvedene u sklopu tih radova do danas nisu značajnije izmijenjeni ili reinterpretirani, pa je potrebno istaknuti da su navedene karte bile temeljne podloge za kasnije regionalne hidrogeološke obrade i interpretacije hidrogeoloških odnosa na razmatranom području.

Zahvaćeni prostor Dalmatinske zagore u zaleđu Šibenika i Splita dugi niz godina istraživani su na razini klasičnog geološkog i hidrogeološkog pristupa za potrebe regionalnih studija i izvješća za različite namjenske projekte te za objavljene znanstvene i stručne radove. U ovom pregledu hidrogeoloških istraživanja, prvenstveno su navedeni radovi koji obuhvaćaju šire područje izgradnje planiranog Centra. Posebna pozornost posvećena je istraživanjima u području zapadne granice sliva Jadra i Žrnovnice prema slivu Krke i slivu priobalnih izvora od Pantana do Marine.

Počeci hidrogeoloških istraživanja Zagore vezani su uz namjenske projekte korištenja podzemnih voda najznačajnijih izvorišta. Tako Fritz i Bahun (1960) detaljno obrađuju hidrogeološku i inženjerskogeološku problematiku dijela sliva u zaleđu Kozjaka i prvi put određuju hidrogeološku razvodnicu između slivova Jadro-Žrnovnica s jedne i Pantana s druge strane. U sklopu istraživanja mogućnosti korištenja podzemnih voda za javnu vodoopskrbu sliv Pantana istraživali su Komatina (1961, 1967, 1975), Britvić (1965), Fritz (1970), te Fritz, Renić i Buljan (1991). Istraživanja su pokazala da su podzemne vode krškog vodonosnika zaslanjene duboko u kopno, što se pokazalo kao ograničavajući faktor za njihov zahvat i korištenje.

Korisni podaci o slivu Jadra i Žrnovnice dobiveni su tijekom istraživanja za potrebe projektiranja i izgradnje hidroenergetskih objekata na Cetini, HE Đale i akumulacije Prančevići (HMZ, 1962; Magdalenić, 1971; Renić i Pavičić 1986), no oni se prvenstveno

odnose na hidrogeološku problematiku uz istočnu granicu sliva. Na tom je području za odredbu granice između slivova Jadra i Žrnovnice te izvora Studenci izvedeno i trasiranje podzemnih tokova s ponora u selu Putišić (Renić, 1992). Nadalje, unutar priljevnog područja izveden je i niz istraživanja na užim lokacijama planirane izgradnje većih privrednih objekata, a s ciljem ispitivanja njihovog utjecaja na podzemne vode (Renić, 1989; 1994; 1996; 1997; 1998).

Temeljni radovi koji razmatraju hidrogeološke odnose u području Zagore su "Hidrogeološka studija općine Split" (Fritz, 1979) i "Hidrogeološka studija područja Trogir-Šibenik-Drniš-Knin" (Fritz, Pavičić i Renić, 1984). Predmetne studije izrađene su na Hrvatskom geološkom institutu iz Zagreba, a razmatrani prostor kartografski je obrađen u mjerilu 1:100 000. Nadalje, Institut je 1999. godine izradio Hidrogeološku kartu Hrvatske, mjerila 1:300 000 (Biondić, B., Brkić, Ž. i Biondić, R.), na kojoj su prikazani regionalni hidrogeološki odnosi s glavnim smjerovima tečenja podzemnih voda i granicama značajnijih slivova, pa tako i Pantana, te Jadra i Žrnovnice. S obzirom na prikladnost mjerila, ova je karta korištena kao hidrogeološka podloga u ovom prikazu (prilog 1). Potrebno je istaknuti da je na njoj sukladno rezultatima novijih istraživanja korigiran položaj pojedinih razvodnica.

U novije vrijeme Hrvatski geološki institut je elaborirao hidrogeološku problematiku u slivu Jadra i Žrnovnice s ciljem sagledavanja sadašnje situacije, formiranja hidrogeološkog GIS-a, te izveo početna hidrogeokemijska i izotopna istraživanja (Kapelj S. i dr., 2001; 2002), koja su pokazala da značajan dio podzemnih voda na izvoru Jadra ima dugo srednje vrijeme zadržavanja u podzemlju, dakle dotoci prema izvoru su dobrim dijelom vrlo spori ali osiguravaju stabilno napajanje izvora i u izrazito sušnim uvjetima (srednja godišnja izdašnost izvora je oko 9, a minimalne izdašnosti su oko 4 m<sup>3</sup>/s), što je posebno važno za vodoopskrbu.

Nastavak ovih aktivnosti, prvenstveno vezanih na zaštitu vodoopskrbnih izvorišta Jadra i Žrnovnice, provodio je Geotehnički fakultet iz Varaždina. Istraživanja su izvođena u okviru višefaznog programa pod nazivom „Studija upravljanja vodama sliva Jadra i Žrnovnice“ u razdoblju od 2006. do 2012. godine (Kapelj, S. i dr. 2006, 2008, 2009, 2012). U sklopu tog programa izvedene su četiri duboke bušotine za praćenje stanja podzemnih voda, te provedena analiza prirodne ranjivosti podzemnih voda na području sliva Jadra i Žrnovnice (Kapelj, S. i dr., 2013), koja pokazuje da se područje planiranog Centra za gospodarenje otpadom nalazi na prostoru visoke i vrlo visoke ranjivosti.

O hidrologiji sliva Jadra i Žrnovnice pišu Bonacci, 1978 i 1987; Bonacci i Roje-Bonacci, 1997a i b). Novije hidrološke analize sliva Krke načinili su Bonacci i Ljubenkov 2005. Rezultati upućuju da bi površina ovog sliva trebala biti veća od dosad prihvaćene, a kao jedno od područja proširenja spominje se i područje općine Lećevica.

Rezultati do sada izvedenih hidrogeoloških i hidroloških istraživanja korišteni su prilikom izrade novog Elaborata o zonama sanitarne zaštite izvorišta Jadra i Žrnovnice (GEO-CAD d.o.o., 2010). Temeljem ovog elaborata kao i pozitivnog mišljenja Hrvatskih voda, Županijska skupština Splitsko-dalmatinske županije donijela je Odluku o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta javne vodoopskrbe izvora Jadra i Žrnovnice (Klasa:021-04/14-02/277; Ur.br. 2181/1-01-14-1, od 18.12.2014.). Važno je istaknuti da se prema Elaboratu i donesenoj Odluci, lokacija određena za izgradnju CGO u Općini Lećevica nalazi u IV. zoni sanitarne zaštite izvorišta Jadra i Žrnovnice.

## 2.2. Istraživanja za potrebe projektiranja i izgradnje Centra

S obzirom na kršku građu terena kao i uvjete propisane pozitivnim propisima, za potrebe projektiranja i izgradnje Centra za gospodarenje otpadom izvedena su opsežna geološka, strukturna, hidrogeološka i speleološka istraživanja. Dio dobivenih rezultata predstavlja značajan doprinos poznavanju regionalnih hidrogeoloških odnosa na širem području, posebno s aspekta definiranja položaja zonalne podzemne razvodnice sliva vodoopskrbnih izvorišta Jadra i Žrnovnice prema susjednim slivovima Krke i Pantana, što je uvaženo i tijekom definiranja područja i uvjeta njihove zaštite.

Područje predviđeno za izgradnju Centra namjenski je istraživano u razdoblju od 2002. do 2004. godine, a rezultati su prikazani u radu "Elaborat o kompleksnim geoistraživanjima lokacije Kladnjice - Lečevica", knjige I i II, izrađenom od strane poduzeća ECOINA iz Zagreba (2004). Prema projektnom zadatku glavni ciljevi provedenih istraživačkih radova bili su ustvrditi postojeće stanje lokacije, tzv. "nulto" stanje, procijeniti mogućnost onečišćenja podzemnih voda iz eventualno izgrađenog Centra te prikupiti podloge i podatke potrebne za izradu Studije o utjecaju na okoliš. U tu svrhu realiziran je program istražnih radova koji su uključili:

- fotogeološko-tektonska istraživanja
- geofizička istraživanja
- detaljno terensko geološko kartiranje
- bušenje 3 strukturno-istražne bušotine
- praćenje bušenja i interpretaciju podataka iz bušotina
- ispitivanje kakvoće podzemnih voda
- trasiranje podzemnih voda iz bušotine B-2.

Dio rezultata istraživanja kasnije je korišten pri izradi Studije utjecaja na okoliš Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije u Lečevici (dalje: SUO), koju je izradio IPZ Uniprojekt MCF iz Zagreba (2005).

Premda se može konstatirati da je program istraživanja sadržavao radove primjerene ciljevima projekta, te da su oni najvećim dijelom realizirani u skladu s pravilima struke, tijekom ocjene SUO kao glavni nedostaci istaknuto je da je premalo pozornosti posvećeno krškim geomorfološkim pojavama, prvenstveno speleološkim objektima kao pokazateljima okršenosti istraživnog područja, te neuspješno izvedeno trasiranje iz bušotine na lokaciji Centra (obrađeno u narednom poglavlju), odnosno nepoznavanje smjera dreniranja podzemnih voda.

Da bi se otklonili primijećeni nedostaci, Hrvatski geološki institut izradio je dopunsku studiju pod naslovom „Geološka i hidrogeološka istraživanja na području predložene lokacije centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije“ (Korbar i dr., 2006; Kuhta i Stroj, 2006). U sklopu tih istraživanja izvršeni su slijedeći radovi:

- analiza i valorizacija rezultata prethodnih istraživanja;
- geološko rekognosciranje šireg područja predviđenog za kartiranje;
- izrada litostratigrafske karte mjerila 1:25 000 (oko 10 km<sup>2</sup>) sa strukturnom razradom;
- hidrogeološko kartiranje razmatranog područja i izrada karte mjerila 1:25 000
- rekognosciranje pronađenih speleoloških objekata;
- trasiranje podzemnih voda iz odabranog speleološkog objekta.



Istraživanja su pokazala da se predmetna lokacija nalazi na terenu izgrađenom od dobro do osrednje propusnih karbonatnih naslaga gornje krede koje u litofacijsnom smislu pripadaju formaciji Gornjeg Humca izgrađenoj od vapnenaca, u donjem dijelu u izmjeni s dolomitima. Naslage su tektonski razlomljene i okršene. Na obrađivanom području površine 12 km<sup>2</sup> istraženo je 17 speleoloških objekata među kojima se ističe 210 m duboka Golubinka u Kalaševim dugim njivama. Trasiranjem jame smještene u blizini potencijalne lokacije Centra utvrđena je podzemna vodna veza tog područja s izvorom Jadra (poglavlje 2.3.).

Slijedeći rezultate provedenih istraživanja izrađena je nova dopunjena Studija o utjecaju na okoliš Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije (IPZ Uniprojekt MCF, 2006), te nakon zakonom propisane procedure ishodoeno Rješenje Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva o prihvatljivosti zahvata za okoliš (Klasa: UP/I 351-03/05-02/12; Ur.broj:531-08/3-1-JM-06-10 od 27. studenog 2006.g.). Ova je lokacija potom uvrštena u prostorno-plansku dokumentaciju županije i Općine Lečevica, Plan gospodarenja otpadom u RH (2007.) i Plan gospodarenja otpadom Splitsko-dalmatinske županije (2008.), kao središnje mjesto uspostave cjelovitog sustava gospodarenja otpadom u Splitsko–dalmatinskoj županiji.

Premda je geološka i strukturno-tektonska građa predmetne lokacije bila obrađivana i u spomenutim elaboratima i studijama, tijekom 2010. godine izvedeno je „Seizmičko mikrozoniranje - seizmološka i seizmotektonska studija šire okolice lokacije Županijskog centra za gospodarenje otpadom u Općini Lečevica“ (Buljan (ur.), 2010), kojom je konstatirano da je regionalno i lokalno područje oko lokacije odlagališta otpada seizmotektonski aktivno, te da se nalazi se u seizmičkom izvoru Trogir u kojem se mogu dogoditi potresi magnitude 6.2 stupnja Richterove ljestvice.

Osnovni rezultati svih spomenutih istraživanja analizirani su i korišteni tijekom izrade „Elaborata zaštite okoliša za postupak ocjene o potrebi procjene utjecaja izmjene zahvata Centar za gospodarenje otpadom u Splitsko-dalmatinskoj županiji na okoliš“ (HUDEC PLAN d.o.o., 2016). U EZO su prikazane razlike između dva rješenja zahvata (iz 2006. i 2015. godine), procijenjene razlike u mogućem utjecaju nove verzije zahvata na okoliš te, predložene potrebne mjere zaštite okoliša i praćenja stanja okoliša u odnosu na mjere navedene u Rješenju o prihvatljivosti zahvata za okoliš iz 2006. godine.

### **2.3. Trasiranja podzemnih voda**

Trasiranja podzemnih vodnih tokova vrlo su značajan dio hidrogeoloških istraživanja, a na velikom dijelu krških terena ujedno i jedini pouzdani pokazatelj smjerova i brzine tečenja podzemnih voda. Trasiranja su od presudne važnosti pri određivanju granica slivova i zaštiti podzemnih voda u kršu, a značajno doprinose i boljem poznavanju hidrodinamičkih uvjeta u vodonosniku.

Na ovdje razmatranom području koje obuhvaća rubne dijelove tri značajna krška sliva, zapadni dio sliva Jadra i Žrnovnice, istočni dio sliva rijeke Krke te dio sliva priobalnih izvora od Pantana do Marine, do sada je izvedeno nekoliko trasiranja podzemnih tokova prikazanih kronološkim slijedom. Brojevi ispred opisa trasiranja odgovaraju brojevima uz lokacije ubacivanja trasera prikazanim na slici 1 i na prilogu 1.



## 1. Ponor Jablan u Mučkom polju

Trasiranje ponora Jablan u Mučkom polju izvedeno je 14.01.1978. godine u sklopu izrade Hidrogeološke studije općine Split (Fritz, 1979). U ponor je ubačeno 120 kg Na-floresceina pri dotoku vode od približno 300 L/s. Pojava boje registrirana je već dva dana kasnije na izvorima Jadra i Žrnovnice s vrlo velikim prividnim brzinama od 10,58 cm/s (Jadro) i 12,18 cm/s (Žrnovnica). Smatra se da su ove iznimno velike brzine toka iz sjevernih rubnih dijelova sliva uvjetovane regionalnim dijagonalnim rasjedom dolina Vrbe-Postinje-Gizdovac-Klis (prilog 1), koji je omogućio brz protok podzemnih voda kroz nekoliko relativnih i visećih hidrogeoloških barijera na području između Konjskog i Dugopolja. Premda ovo trasiranje nije izravno vezano na razmatrani zapadni rub sliva Jadra, značajno je kao pokazatelj mogućih brzina tečenja podzemnih voda kroz dobro okršenu sredinu i omogućava usporedbu s rezultatima postignutim na drugim područjima.

## 2. Ponor Čulina Mlinica kod Kljaka

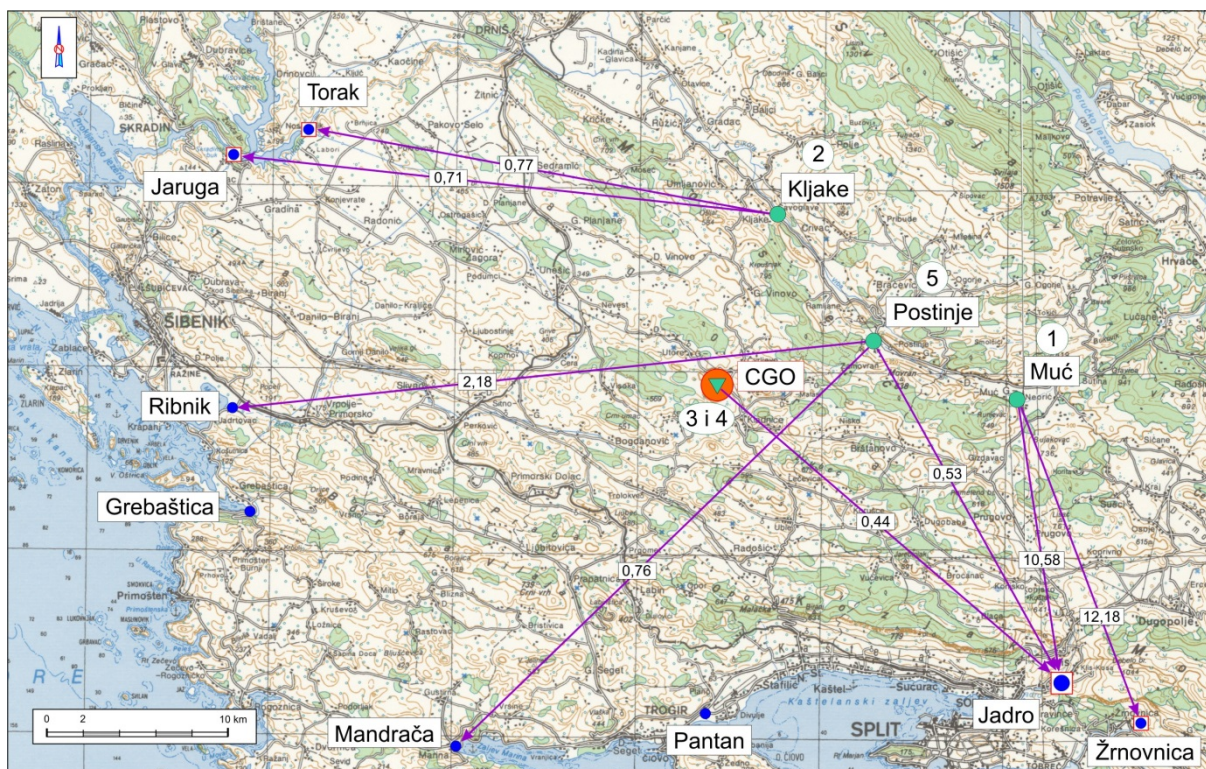
Trasiranje ponora Čulina mlinica na području Kljaka kod Petrovog polja izvedeno je 24.10.1990. godine u razdoblju hidrološki niskih voda. Tada je ubačeno 100 kg Na-floresceina pri dotoku u ponor od 5 L/s. Opažanja su vršena na izvorištima Torak, Jaruga, Ribnik, Pantan, Jadro i Žrnovnica. Pojava boje registrirana je 1.12. na izvoru Torak, a 10.12. i na izvorištu Jaruga. Prividne brzine toka bile su vrlo niske i iznosile su 0,77 cm/s (Torak), odnosno 0.71 cm/s (Jaruga). Premda se prema prethodnim tumačenjima hidrogeoloških odnosa traser prvenstveno očekivao na izvoru Pantan kod Trogira, pojava boje na njemu nije registrirana. Izvedeno trasiranje podzemnih voda znatno je promijenilo ranije poglede na slivove Jaruge, Torka i Pantana (Fritz, Renić i Pavičić, 1993) i pokazalo da se ponori u dolini Vrbe dreniraju prema rijeci Krki.

## 3. Bušotina B-2 na lokaciji CGO

Trasiranje bušotine B-2 na planiranoj lokaciji Centra za gospodarenje otpadom kod Lečevice izvedeno je 16.08.2004. godine s 80 kg Na-floresceina. Nakon ubacivanja traser je potisnut s 50 m<sup>3</sup> vode dopremljene auto-cisternom. Pojava boje praćena je na izvorima Žrnovnica, Jadro, Rupotina, Tupinolom, Radun i Pantan. Premda su opažanja trajala preko 4 mjeseca pojava boje nigdje nije registrirana (ECOINA, 2004).

Trasiranje podzemnih voda iz bušotina specifičan je zahvat s uvijek neizvjesnim rezultatom. Naime, za razliku od trasiranja stalno ili povremeno aktivnih ponora, za koje je potpuno izvjesno da komuniciraju s privilegiranim drenažnim sustavima podzemnih voda, komunikacija s podzemnim vodama u okruženju bušotine uvijek je upitna, pa i u slučajevima kada je bušotinom zahvaćen podzemni vodonosnik, kako je to slučaj s trasiranom bušotinom B-2. Kao umjetno izveden rad u krškom podzemlju, bušotina može, ali i ne mora, presjeći značajnije zone cirkulacije podzemnih voda. Premda se iz podataka bušenja i ispitivanja vidi da je stijenska masa u gornjim dijelovima probušenog intervala znatno raspucana i okršena, a da s dubinom postaje sve kompaktnija, te da je u nju nakon ubacivanja trasera uspješno utisnuto 50 m<sup>3</sup> vode, boljim praćenjem samog upuštanja mogli su se dobiti značajni dopunski podaci. Bez obzira na veliku dubinu do vodnog lica (312 m), nakon upuštanja trasera trebalo je uzorkovanjem pratiti pad njegove koncentracije u bušotini (pa i kroz duže razdoblje), kao i

kolebanja razine vode tijekom ispiranja. Na osnovi tih podataka mogle su se već tada prikupiti značajne informacije u hidrogeološkim značajkama sredine, koje bi u konačnici,



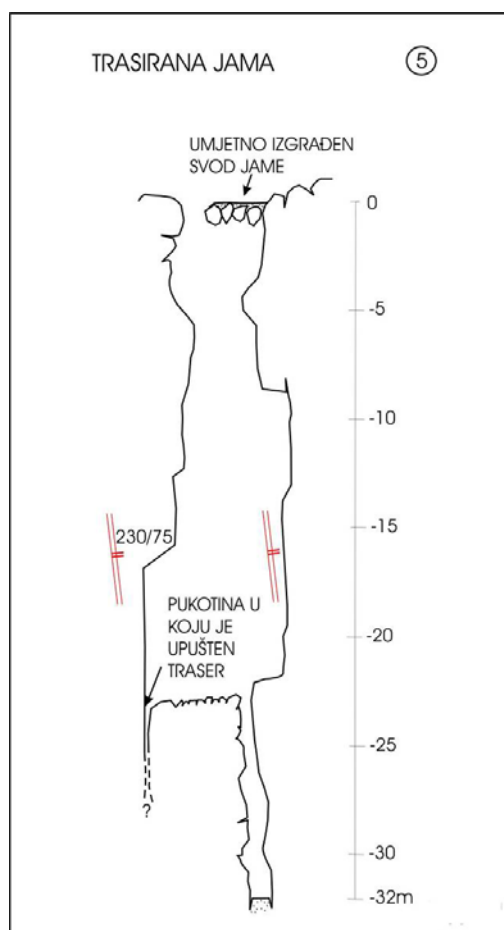
*Slika 1: Podzemne vodne veze i maksimalne brzine toka podzemnih voda (cm/s) ustanovljene tijekom dosadašnjih trasiranja tokova podzemnih voda na širem području izgradnje Centra.*

doprinijele tumačenju razloga zbog kojih traser nije registriran niti na jednom od opažanih izvora. Ovdje treba istaknuti da je praćenje razrjeđenja, odnosno unosa trasera u vodonosnik moguće jedino pri trasiranju iz bušotina. Kod njegovog upuštanja u prirodne objekte, ponore, jame, ponikve ili pukotine, to u pravilu nije moguće.

U ovom je trasiranju izostalo opažanje na području nizvodnog dijela sliva Krke, a prvenstveno na izvorima Torak i Jaruga.

#### 4. Jama u okruženju potencijalne lokacije Centra

Trasiranje Jame na lokaciji Centra jedno je od najznačajnijih trasiranja izvedenih na području sliva Jadra i Žrnovnice. Naime, razmatrano područje tipičan je krški teren bez stalnih ili povremenih površinskih tokova, pa samim tim na njemu nema ponora, odnosno mjesta pogodnih za izvođenje trasiranja podzemnih voda. Već u prvim hidrogeološkim studijama (Fritz, 1970, 1979), a potom i pri određivanju zona sanitarne zaštite (Fritz i dr., 1988) istaknut je problem razgraničenja slivova Krke, Pantana i Jadra. Premda je nekoliko puta planirano, upravo zbog nedostatka povoljnih lokacija, na širem području tromeđe ovih slivova dugi niz godina nije bilo izvedeno niti jedno trasiranje podzemnih tokova. Zbog toga uspješno trasiranje izvedeno za potrebe Centra ima i velik značaj za tumačenje regionalnih hidrogeoloških odnosa, a doprinijelo je i boljem definiranju vodozaštitnih područja izvorišta Jadra i Žrnovnice (GEO-CAD d.o.o., 2010) te saznanjima potrebnim za projektiranje Centra.



Nakon neuspjelog trasiranja, u međuvremenu onesposobljene bušotine B-2, odlučeno je da se novo trasiranje izvede iz prirodne krške jame. Nakon rekognosciranja 17 speleoloških objekata u neposrednom okruženju Centra, odlučeno je da se trasiranje izvede iz Jame br. 5 (slika 2). Ova jama odabrana je zbog značajnih dimenzija istraženog dijela (dakle i u nastavku se mogu očekivati kanali većih dimenzija), izrazite razlomljenosti stijene uz jasno vidljive proširene tektonske pukotine, činjenice da je formirana u dobro propusnim naslagama i na koncu ali ne najmanje važno, nalazi se na samoj lokaciji Centra na koti 456 m n.m.

Trasiranje je izvedeno 16.5.2006. godine sa 60 kg Na-floresceina (uranin). Prije ulijevanja trasera u odabranu pukotinu utisnuto je 20 m<sup>3</sup> vode dopremljene auto-cisternom. Sva voda trenutno je nestajala u pukotini. Nakon provjere upojnosti, u 12:30 upuštena je boja. Potom je uslijedilo njeno ispiranje i potiskivanje pomoću ukupno 80 m<sup>3</sup> vode.

*Slika 2: Topografska skica trasirane Jame br. 5 uz lokaciju Centra (prema Idejnom projektu ova se jama nalazi u užem području, ali ne u obuhvatu zahvata Centra)*

Mjesta opažanja odabrana su na temelju analize rezultata do tada izvedenih hidrogeoloških istraživanja i usuglašena s predstavnicima Hrvatskih voda. Opažani izvori, njihova udaljenost od trasirane jame, te visinska razlika i pripadni hidraulički gradijent prikazani su u tablici 1. Kote izvora i kota ulaza u jamu očitane su s topografske karte M 1:25 000.

Ovdje treba istaknuti da su izvori u zaleđu Kaštela (Tupinolom, Fuležina i Gospa Stomorija) uključeni u opažačku mrežu zbog pritiska javnosti, premda je s hidrogeološkog aspekta jasno da se oni napajaju iz lokalnih slivova formiranih u fliškim naslagama priobalnog područja.

U razdoblju opažanja koje je trajalo 90 dana (od 16.05. do 14.08.06.) pojava trasera registrirana je jedino na izvoru Jadra. Prva pojava boje i to ujedno s najvećom koncentracijom od 0,0062 mg/L, konstatirana je na uzorku uzetom u 8 sati 22.07.06. Istjecanje boje ukupno je trajalo četiri dana. Krivulja istjecanja boje prikazana je na slici 3.

S obzirom na to da je izvor Jadra od mjesta ubacivanja boje udaljen oko 25,15 km, te da je od trenutka ubacivanja trasera do njegove prve registracije proteklo približno 66 dana i 20 sati, proizlazi da je prividna brzina toka podzemne vode iznosila 0,44 cm/s. Budući se smatra da su prosječne prividne brzine tečenja u našem kršu oko 3,55 cm/s (Kuhta i Brkić, 2008), evidentno je da dobivena brzina spada u kategoriju sporijih. Zanimljiva je sličnost dobivene brzine onima određenim pri trasiranju ponora Čulina mlinica na području Kljaka kod Petrovog



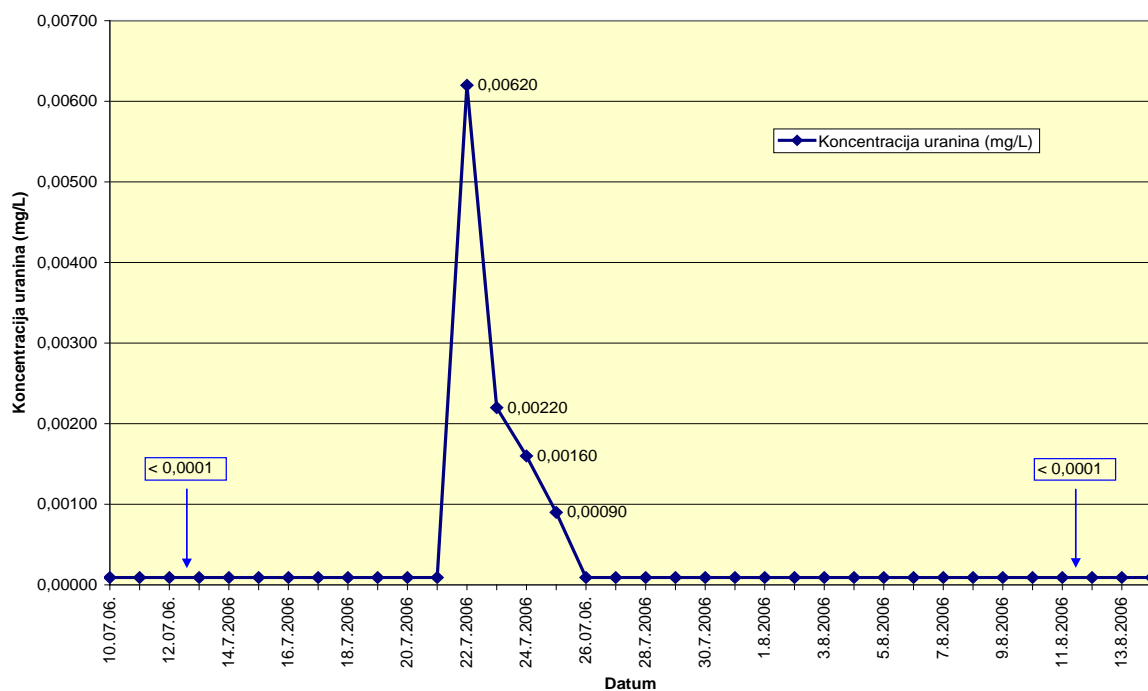
polja. Tada su prividne brzine toka prema Torku bile 0,77 cm/s, a prema izvoru Jaruga 0,71 cm/s.

Tablica 1: Pregled opažanih izvora

Naziv izvora	Udaljenost (km)	Z (m n.m.)	$\Delta H$ (m)	H. G. 1* (%)	H. G. 2** (%)
Žrnovnica	29,8	85	371	1,24	0,20
Jadro	25,15	45	411	1,63	0,40
Tupinolom	22,03	95	361	1,64	0,23
Fuležina	15,73	15	441	2,80	0,83
Pantan	17,9	4	452	2,53	0,79
Marina (Mandrača)	24,37	0	456	1,87	0,60
Ribnik	26,21	3	453	1,73	0,55
Jaruga I i II	29,1	8	448	1,54	0,47
Torak	26,7	49	407	1,52	0,36
Gospa Stomorija	13,83	96	360	2,60	0,36

\* Hidraulički gradijent izračunat na osnovi visinske razlike ( $\Delta H$ ) između ulaza u jamu (456 m n.m.) i izvora

\*\* Hidraulički gradijent izračunat na osnovi podatka o razini podzemne vode izmjerene u bušotini B-2 u sušnom razdoblju (146 m n.m., ECOINA - 16.08.2004.).



Slika 3: Dijagram istjecanja trasera (uranin) na izvoru Jadra za razdoblje od 10.7. do 14.8.2006. godine. Radi preglednosti prikaza izostavljen je prvi dio intervala opažanja (16.5. do 9.7.) u kojem nije bilo pojave trasera.

Na brzinu tečenja velik utjecaj imaju hidrološki uvjeti u kojima je trasiranje izvedeno. U tom smislu konstatirano je da su u vrijeme ubacivanja trasera vladali prosječni hidrološki uvjeti, a da su prema kraju razdoblja opažanja postupno prevladavali uvjeti niskih voda. Sukladno uvriježenom mišljenju, pri visokim vodnim stanjima može se očekivati i nešto veća prividna brzina podzemnog toka prema izvoru Jadra od ovom prilikom utvrđene.

S obzirom na zabilježene koncentracije trasera, distribuciju i ukupno trajanje njegovog istjecanja, konstatirana podzemna vodna veza između područja planirane izgradnje Centra i izvora Jadra može se smatrati pouzdano potvrđenom.

## 5. Ponor u Postinju

U sklopu Prve faze studijsko istraživačkih radova Studije upravljanja vodama sliva Jadra i Žrnovnice provedeno je 8.02.2008. regionalno trasiranje ponora u Postinju (Kapelj, S. i dr., 2008). U ponor je ubačeno 100 kg Na fluoresceina koji je potom kroz naredna 24 sata potisnut (ispran) s 520 m<sup>3</sup> vode iz vodovodne mreže. Opažanje, odnosno uzimanje uzoraka podzemne vode uspostavljeno je na crpilištima javnog vodovoda Žrnovnica, Jadro, Jaruga, Čikola i Torak te na priobalnim izvorima Pantan, Mandrača, Grebaštica i Ribnik. Traser se nakon 19 dana prvo pojavio na izvoru Ribnik u Jadrtovcu, pri čemu je registrirana prividna brzina podzemnog tečenja od 2,18 cm/s. Sljedeća pojava registrirana je 23.03.2008. na izvoru Jadro s prividnom brzinom podzemnog tečenja od 0,53 cm/s. Četiri dana kasnije (27.03.2008.) pojava trasera registrirana je na izvoru Mandrača u Marini s prividnom brzinom podzemnog tečenja od 0,76 cm/s. Na ostalim opažanim mjestima nije bilo pojave trasera.

## 3. OSVRT NA NOVIJU DOKUMENTACIJU I TRASIRANJA

Pregledom postojeće dokumentacije može se konstatirati da su na širem području zahvata provedena vrlo opsežna geološka, strukturna, seizmološka, hidrogeološka i speleološka istraživanja, koja su s obzirom na rezultate, omogućila primjereno visoku razinu spoznaje o razmatranom prostoru. To se posebno odnosi na istraženost samog područja izgradnje planiranog Centra. Što više, dio rezultata istraživanja provedenih za potrebe Centra doprinosi boljem tumačenju geoloških i hidrogeoloških odnosa na širem razmatranom području, pa su tako bili iskorišteni i pri novelaciji zona sanitarne zaštite vodoopskrbnih izvorišta Jadra i Žrnovnice.

Iz pregleda dosadašnjih istraživanja vidljivo je da su u razdoblju od izrade SUO 2006. godine do danas na širem području zahvata, a prvenstveno je riječ o slivu Jadra i Žrnovnice, izvedena višefazna hidrogeološka istraživanja u sklopu programa „Studija upravljanja vodama sliva Jadra i Žrnovnice“. U sklopu tih istraživanja, a u odnosu na predmetnu lokaciju, posebno su značajni rezultati trasiranja ponora u Postinju (Kapelj, S. i dr., 2008).

Aktivnosti vezane uz određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta Jadra i Žrnovnice izvedene 2010. godine nisu imale istraživački karakter već se elaborat (GEO-CAD d.o.o., 2010) temelji na rezultatima prethodnih istraživanja. Ovdje treba istaknuti da su upravo nalazi trasiranja iz Postinja, uz trasiranje Jame na lokaciji Centra, omogućila pouzdanije određivanje zapadne granice IV. zone sanitarne zaštite izvorišta Jadra i Žrnovnice.

Rezultati dobiveni trasiranjem ponora kod Postinja su vrlo zanimljivi i može se reći neočekivani. Ponor se nalazi na krajnjem zapadnom rubu Mućkog polja, oko 8,4 km zapadno od ranije trasiranog ponora Jablan kod Muća, te oko 8,7 km istočno od trasirane Jame na lokaciji Centra. Trasiranje ponora kod Muća pokazalo je vrlo brzu i koncentriranu vezu tog područja s izvorima Jadra i Žrnovnice. Kako je već spomenuto ustanovljene maksimalne prividne brzine toka tom su prilikom iznosile 10,58 cm/s (Jadro) i 12,18 cm/s (Žrnovnica). Ovako velike prividne brzine toka tumače se kao posljedica djelovanja jakog dijagonalnog rasjeda dolina Vrbe-Postinje-Gizdovac-Klis (prilog 1). Ovim rasjedom presječene su i pomaknute zone slabije propusnih stijena koje formiraju niz relativnih i visećih barijera prema izvorima Jadra i Žrnovnice. To je olakšalo podzemno otjecanje i omogućilo jače okršavanje stijena u široj zoni rasjeda, te u konačnici razvoj drenažnih sustava s brzim protokom podzemnih voda.

S obzirom na to da se trasirani ponor u Postinju nalazi znatno bliže spomenutoj rasjednoj zoni nego ponor kod Muća, rezultati trasiranja tim su neočekivani. Premda je trasiranjem utvrđena veza s izvorom Jadra, prividna brzina toka u tom je smjeru najmanja i iznosila je svega 0,53 cm/s.

Isto tako je neočekivana i utvrđena najbrža podzemna vodna veza (2,18 cm/s) s izvorom Ribnik kod Jadrtovca. Ovaj izvor, pa i izvor Mandrača u Marini, na kojem se traser također pojavio, udaljeni su preko 30 km od ponora u smjeru zapada (slika 1, prilog 1). Hidraulički gradijent toka relativno je nizak (tablica 2), no pojava boje nedvojbeno je utvrđena. Prema izvješću Kapelj, S. i dr. (2008) traser je na izvoru istjecao 23 dana, od toga 8 dana u vrlo visokim i golim okom vidljivim koncentracijama (maksimalna koncentracija 7.3.2008. iznosila je 0,145 mg/L, granica vidljivosti golim okom približno 0,02 mg/L), što potvrđuje dobru povezanost s trasiranim ponorom.

Zanimljivo je i to što se traser nije pojavio na znatno bližem izvoru Pantan (22,2 km), prema kojem je hidraulički gradijent toka najveći (1,8 %, tablica 2).

*Tablica 2: Opažani izvori, utvrđene vodne veze i hidraulički gradijenti toka za trasiranje iz Postinja. Ponor u Postinju nalazi se na nadmorskoj visini od približno 400 m n.m.*

Naziv izvora	Udaljenost (km)	Z (m n.m.)	$\Delta H$ (m)	Hidraulički gradijent (%)	Max. priv. Brzina (cm/s)
Ribnik	35,5	3	397	1,12	2,18
Mandrača (Marina)	31,5	0	400	1,27	0,76
Jadro	21,0	45	355	1,69	0,53
Žrnovnica	25,5	85	315	1,23	-
Pantan	22,2	0	400	1,8	-
Grebaštica	35,0	0	400	1,14	-
Jaruga	36,3	8	392	1,07	-
Torak	32,8	49	351	1,07	-
Čikola	11,1	285	115	1,03	-

Prema navodima izvođača, trasiranje iz Postinja izvedeno je u razdoblju srednje visokih voda, dok je trasiranje s lokacije Centra izvedeno u srednjim i niskim vodama.

Premda su tijekom trasiranja s lokacije Centra bili opažani svi izvori (osim Grebašnice) kao i pri trasiranju iz Postinja, pojava trasera utvrđena je jedino na Jadru. Zbog navedenog, rezultati trasiranja iz Postinja, koji su pokazali da podzemne vode s tog područja teku većom brzinom prema zapadu nego prema jugu, odnosno jugoistoku, potvrđuju svu složenost cirkulacije podzemnih voda u kršu. Geološka građa terena, pružanje strukturnih formi i tektonskih lineamenata, a u konačnici i sami gradijenti toka, sugeriraju drugačiju distribuciju voda s područja Postinja. Pojava trasera na Jadru pokazuje da se područje Postinja nalazi na razvodnici sliva tog izvora prema slivu priobalnih izvora zapadno od Trogira, ali ne i Pantana. Veza s izvorima u dolini Krke ni ovom prilikom nije ustanovljena, pa se može konstatirati da se ovdje razmatrani prostor uz zapadnu granicu sliva Jadra ne drenira prema Krki, ali niti prema priobalnom izvoru Pantan.

Ono što je još uvijek nedovoljno istraženo jest utvrđivanje točnijeg položaja zonalne podzemne razvodnice između slivova Jadra i Žrnovnice, prema slivu izvora u dolini Krke, prvenstveno Jaruge i Torka, te Pantana i ostalih priobalnih izvora u razdobljima izrazito visokih voda. Međutim, to je koje prelazi okvire istraživanja vezanih uz pozicioniranje samog Centra, a utvrđivanje njenog prostornog položaja u različitim hidrološkim uvjetima treba biti predmet regionalnih istraživanja šireg područja.

Trasiranjem podzemnih tokova iz Jame u okruženju potencijalne lokacije Centra, pitanje pripadnosti te lokacije slivu Jadra praktički je riješeno, bar što se tiče najčešćih hidroloških uvjeta, odnosno stanja srednjih i niskih voda.

#### **4. HIDROGEOLOŠKA SITUACIJA**

Unatoč relativno jednostavnoj hidrogeološkoj građi u kojoj dominiraju propusne karbonatne stijene, hidrogeološki odnosi na području planiranom za izgradnju Centra za gospodarenje otpadom vrlo su složeni. To je prvenstveno posljedica činjenice da na širem razmatranom području postoji mogućnost otjecanja podzemnih voda prema tri regionalna slivna područja; slivu Jadra i Žrnovnice na istoku (generalno), slivu priobalnih izvora od Pantana do Ribnika na jugu, te slivu Krke na zapadu.

Pojednostavljena hidrogeološka situacija prikazana je na preglednoj hidrogeološkoj karti u mjerilu 1:200 000 (prilog 1). Karta je načinjena na osnovi Hidrogeološke karte Republike Hrvatske u mjerilu 1:300 000 (Biondić i dr., 1999), ali je na njoj promijenjen položaj razvodnica između glavnih slivova sukladno rezultatima novijih trasiranja (Centar, Postinje). Istraživano područje planiranog za izgradnju Centra smješteno je na krškom terenu u središnjem dijelu Zagore. Širi potencijalno utjecajni prostor može se okonturiti kanjonima Čikole i Krke na zapadu, nepropusnim naslagama paleozoika i trijasa od Drniša preko Petrovog polja do Muća na sjeveru, dolinom Cetine na istoku te obalnom linijom na jugu. Osnovni čimbenici koji definiraju hidrogeološke odnose na nekom području, pa tako i na ovdje razmatranom, su litološka građa terena i strukturno tektonska situacija.

S obzirom na mjerilo karte, geološka je situacija znatno pojednostavljena, pa dio naslaga nije detaljno raščlanjen, odnosno nisu iskazane varijacije u litološkoj građi, a samim time nisu detaljno razrađena niti hidrogeološka svojstva stijena. Zbog navedenog, na prilogu 2 prikazana je hidrogeološka karta neposrednog okruženja lokacije planiranog Centra u mjerilu



1:25 000, izrađena tijekom detaljnih istraživanja 2006. godine (Korbar i dr., 2006). Na toj se karti može uočiti da teren izgrađuju karbonatne stijene različitog stupnja propusnosti.

Najveći dio šireg razmatranog područja izgrađuju naslage gornje krede i paleogena. Nedvojbeno se može konstatirati da razmatrano područje pokazuje visok stupanj tektonske poremećenosti. Snažna dinamika geoloških zbivanja, kojima su nakon postanka bile izložene zastupljene sedimentne stijene, manifestirala se intenzivnim boranjem naslaga i njihovim razlamanjem, pa su danas na terenu jasno izražene značajke ljuskave građe, reverznog rasjedanja i navlačenja. Glavne strukturne forme (bore i rasjedi) generalnog su pružanja ZSZ-JJI.

Glavne uzdužne rasjede, koji su često reverznog karaktera, pa i navlake, presijecaju nizovi poprečnih i dijagonalnih rasjeda. Kao posljedica ljuskave strukture redovito nedostaju dijelovi bora. Kod antiklinalnih formi obično nedostaje dio ili čitavo južno (jugozapadno) krilo. U dijelu tih tektonski reduciranih antiklinala jezgru čine dolomiti s pločastim vapnencima na krilima. U takvom strukturnom položaju ove stijene imaju funkciju relativne barijere za podzemne vode u okolnim dobro propusnim, pretežito vapnenačkim naslagama. Vrlo dobar primjer relativne barijere je antiklinalna struktura Koprno - Divojevići - Brštanovo, na terenu markirana izdancima dolomita i vapnenaca cenomanske starosti ( $K_2^1$ ), koja se nalazi neposredno južno od razmatrane mikrolokacije. Ona nije vidljiva na preglednoj karti, dok je na detaljnoj geološkoj karti (prilog 2) ova relativna barijera iskazana litostratigrafskom jedinicom Kladnjice dolomit (KD).

Nepropusne fliške naslage eocena dolaze u jezgrama sinklinala s reduciranim sjevernim krilima. U području Zagore (Vučevica, Blaca) one ne dosežu duboko u podzemlje pa su to nepotpune (viseće) barijere. Suprotno tomu, u priobalnom području od Kaštelanskog polja – do Žrnovnice ove stijene zaliježu duboko ispod krajnje erozijske baze (mora) pa imaju funkciju potpune barijere. Na njihovom kontaktu s propusnim karbonatnim stijenama formirani su i glavni krški izvori Pantan, Jadro i Žrnovnica.

Premda utjecaj pružanja struktura i litološke građe nedvojbeno postoji, to definitivno nisu jedini, ili jedini presudni elementi. To najbolje pokazuju rezultati trasiranja ponora kod Muća, koji su pokazali iznimno brzu vezu ponirućih voda i izvora Jadra i Žrnovnice (10,58 odnosno 12,18 cm/s), za što je potrebno tečenje poprieko na niz relativnih i visećih barijera. Kako je već istaknuto, ovako brza podzemna vodna veza tumači se pojačanom razlomljenošću i okršavanjem stijena duž regionalne rasjedne zone dolina Vrbe - Postinje - Gizdovac - Klis.

Za hidrogeološku ocjenu predmetne lokacije Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije najznačajnija su dva aspekta: mogućnost prodora eventualnog onečišćenja do podzemne vode, te smjer i dinamika podzemnog tečenja prema mjestima pražnjenja vodonosnika, odnosno izvorima.

#### **4.1. Mogućnost onečišćenja podzemne vode**

S obzirom na mogućnost prodora onečišćenja prema podzemnoj vodi treba konstatirati niz značajnih činjenica.

Predmetna lokacija nalazi se na tipičnom krškom terenu. Maksimalna dubina do podzemne vode u bušotini B-2 zabilježena 16.8.04., dakle u sušnom razdoblju, bila je 312 m (ECOINA, 2004). S obzirom na to da je približna kota ušća bušotine 458 m n.m. (očitano s karte), apsolutna razina vode tada je bila na približno 146 m n.m. Dobro je poznata činjenica da na

području krša u kišnim razdobljima dolazi do značajnog podizanja razine podzemnih voda, koje može dosegnuti i nekoliko stotina metara. Dinamika oscilacija razine podzemne vode u području lokacije Centra nažalost nije sustavno praćena, ali se može pretpostaviti da maksimalne razine mogu biti i stotinjak metara više od razina u sušnim razdobljima. Tome može doprinijeti i usporana funkcija neposredno južno smještene relativne barijere u antiklinalnoj strukturi Koprno - Divojevići – Brštanovo (litostratigrafska jedinica Kladnjice dolomit – KD; prilog 2).

Stijene koje izgrađuju teren na samoj lokaciji Centra, vapnenci formacije Gornjega Humca (FGH) i podređeno njen donji član s horizontima dolomita (čhd), mogu se klasificirati u kategoriju dobro i osrednje propusnih naslaga. Njihova intenzivna tektonska razlomljenost, izraženi pukotinski sustavi i okršenost konstatirani su pri svim dosadašnjim istraživanjima. Provedena speleološka istraživanja (Korbar i dr., 2006) nedvojbeno potvrđuju prethodne nalaze. Na području u okruženju Centra (12 km<sup>2</sup>) istraženo je 17 jama, od kojih se 210 m duboka Golubinka u Kalaševim dugim njivama (br.12, prilog 2) može smatrati iznimnom geomorfološkom pojavom i trenutno najdubljom jamom Zagore. Jama je udaljena oko 2,2 km od lokacije Centra. Na području u obuhvatu planiranog Centra speleološke pojave nisu utvrđene.

U takvim okolnostima mora se konstatirati da na razmatranom području u prirodnim uvjetima postoje realne mogućnosti prodora onečišćenja s površine terena prema podzemnim vodama. Podsjećamo da su i provedene analize prirodne ranjivosti pokazale da se i lokacija Centra nalazi na području visokog i vrlo visokog stupnja ranjivosti (Kapelj, S. i dr., 2013). S obzirom na znatnu debljinu nesaturirane zone (dio stjenske mase iznad razine podzemne vode), koja i u uvjetima visokih voda doseže debljinu od preko 200 metara, to se neće dogoditi trenutno, no nakon određenog vremena komunikacija će se uspostaviti. Ukoliko je izvor onečišćenja trajnog karaktera uspostavlja se sustav trajnog opterećenja vodonosnika, čiji je intenzitet sukladan intenzitetu emisije iz izvora onečišćenja.

U razdobljima visokih voda dolazi do potapanja dijelova, u sušnim razdobljima vodom nesaturirane zone, pa je za očekivati i povećani unos onečišćenja prema podzemnim vodnim tokovima. Ovdje treba istaknuti da zbog velikih količina vode koja se u takvim uvjetima infiltrira u podzemlje dolazi i do povećanog razrjeđenja onečišćivača, pa unatoč većeg unosa, koncentracija onečišćenja u podzemnoj vodi se nužno ne mora bitno povećati. Onečišćenje isprano iz nesaturirane zone, uz pretpostavku konstantnog unosa, ponovo se nadoknađuje tijekom narednog sušnog razdoblja. Proces se sukcesivno ponavlja slijedeći hidrološke cikle.

Tijekom projektiranja i izgradnje planiranog Centra predviđaju se poduzeti sve tehničke mjere za sprečavanje unosa onečišćenja u krško podzemlje. Premda potrebna tehnička rješenja povećavaju troškove izgradnje, ona su dobro poznata i u slučaju valjane izvedbe - pouzdana. Tehnički koncept Centra iz ishodišnog Idejnog rješenja opisanog u Studiji utjecaja na okoliš (IPZ d.o.o., 2006), kao i Idejnog projekta Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije (Geoprojekt d.d., 2015.), te mjere zaštite okoliša i praćenja stanja okoliša prikazane u spomenutoj Studiji i navedene u Rješenju o prihvatljivosti zahvata za okoliš iz 2006. godine, a ponovo razmotrene u Elaboratu zaštite okoliša (HUDEC PLAN d.o.o.. 2016), u skladu su s pravilima struke, pa je za očekivati da će osigurati smanjenje nepovoljnih utjecaja na podzemne vode na prihvatljivu mjeru.

## 4.2. Smjer i dinamika podzemnog otjecanja

Dobro je poznata činjenica da smjerovi i dinamika tečenja podzemnih voda na krškim područjima mogu biti vrlo složeni, te prostorno i vremenski vrlo neujednačeni. To se prvenstveno odnosi na rubne dijelove pojedinih slivova, odnosno na položaj njihovih razvodnica. Na krškim terenima najčešće se razlikuju tri tipa (vrste) razvodnica.

Najrjeđi slučaj je postojanje tzv. površinskih (topografskih) i podzemnih razvodnica. One podrazumijevaju da površinske i podzemne vode s nekog područja teku prema istom recipijentu (izvoru, rijeci) i obično se postavljaju na terenima izgrađenim od slabo propusnih ili vodonepropusnih stijena (klastiti, fliš, ponekad dolomiti).

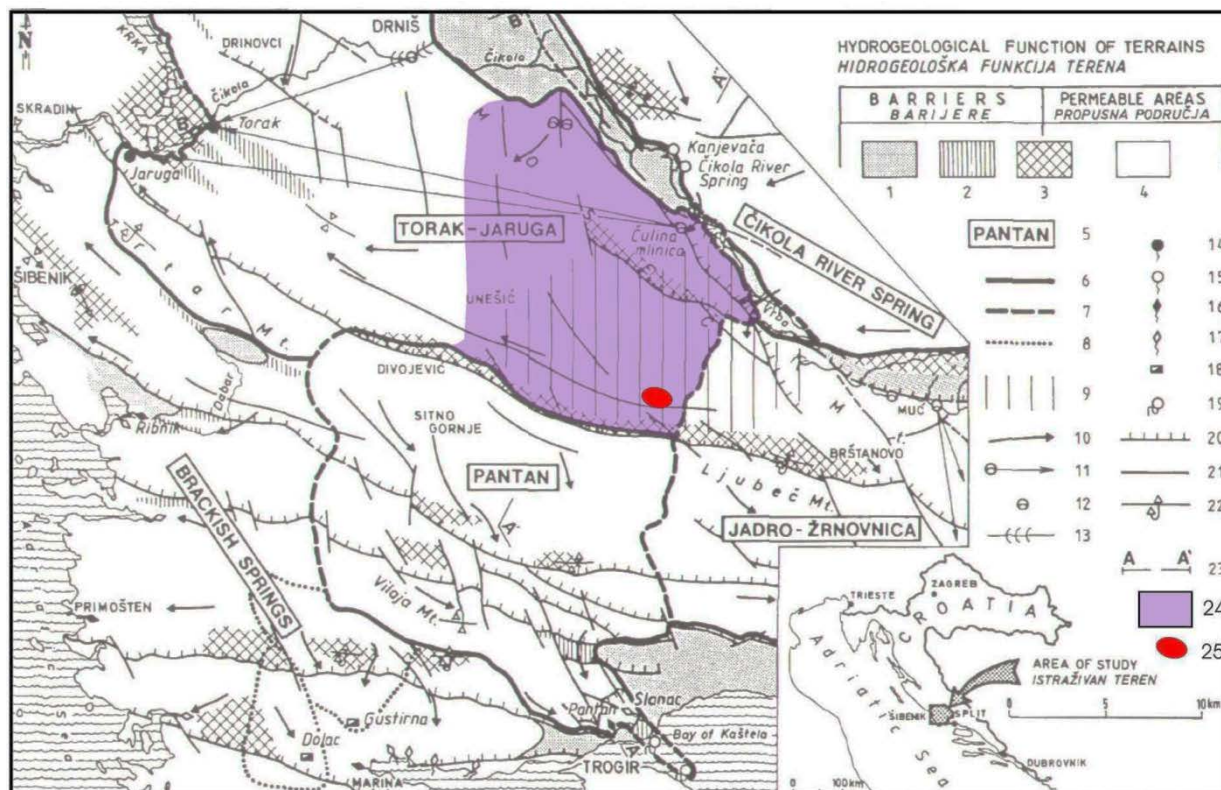
Linijske ili geološke razvodnice definiraju se na područjima za koja je izvjesno da je tečenje podzemnih voda uvjetovano geološkom građom, odnosno položajem hidrogeoloških barijera izgrađenih od slabo propusnih ili vodonepropusnih stijena. Najčešće one se postavljaju duž linije njihovog površinskog kontakta s dobro propusnim karbonatnim stijenama. Primjer je recimo južna granica sliva Jadra i Žrnovnice koja ide linijom kontakta karbonata i fliša.

Najveći dio razvodnica u kršu definiran je tzv. zonarnim podzemnim razvodnicama. Njihova osnovna karakteristika je promjena položaja ovisno o hidrološkim prilikama, odnosno stanju podzemnih voda na nekom području. Pojednostavljeno, u području zonarnih razvodnica moguće je da u razdobljima niskih voda podzemni tokovi s određene lokacije teku na jednu, a kod visokih voda na drugu stranu. Ovaj tip razvodnice redovito je prisutan na terenima, uvjetno rečeno homogene geološke građe, odnosno tamo gdje dominiraju dobro propusne naslage i gdje ne postoje jasni geološki elementi (barijere) koji bi definirali smjerove otjecanja podzemnih voda. Kako je vidljivo (prilog 1), ovakav tip razvodnica prevladava i na širem razmatranom području.

Područje zapadne granice sliva Jadra i Žrnovnice prema okolnim slivovima Krke i Čikole te priobalnih izvora od Pantana do Ribnika, tipičan je primjer zonarne podzemne razvodnice. Njen položaj oduvijek je bio upitan i različito interpretiran. Tako je u sklopu istraživanja za potrebe izrade prvih zaštitnih zona izvora Jadra, područje Lečevica svrstano u sliv izvora Pantan (Fritz i dr., 1988). Nakon trasiranja ponora Čulina mlinica kod Kljaka granice slivova su reinterpretirane, a područje Lečevica svrstano je u sliv rijeke Krke (Fritz i dr., 1993). Ovakva interpretacija granica slivova (slika 4) korištena je i pri određivanju granica grupiranih vodnih tijela Republike Hrvatske (Brkić i dr., 2006) za potrebe izrade Plana upravljanja vodnim područjima za razdoblje 2013.-2015. (NN br. 82/13), sukladno Okvirnoj direktivi o vodama EU. Slijedom navedenog područje Lečevica nalazi se unutar cjeline podzemnih voda (CPV) Krka (LKGIKCPV\_09), a ne kako prema novim saznanjima realno pripada, unutar cjeline Cetina (LKGIKCPV\_10). Ova promjena zasad nije uvedena niti u nacrt novog Plana upravljanja vodnim područjima za razdoblje 2016.-2021. (<http://www.voda.hr>).

Kako je do sada više puta istaknuto, trasiranjem Jame u okruženju izgradnje planiranog Centra (4) dokazana je podzemna vodna veza samo s izvorom Jadra. Trasiranje je izvedeno u razdoblju srednjih voda, a traser se na izvoru pojavio nakon 66 dana u uvjetima niskih voda. Dakle ostalo je otvoreno pitanje smjera tečenja podzemnih voda u hidrološkim uvjetima visokih voda. Prethodno iznesene činjenice o funkcioniranju krških vodnih sustava upućuju na mogućnost da se u takvim uvjetima dio podzemne vode drenira prema drugim izvorištima. Uzevši u obzir i rezultate trasiranja ponora u Postinju (5), ukoliko u uvjetima visokih voda dolazi do otjecanja u druge slivove, najizgledniji smjer tečenja je prema izvorima

kod Marine i izvoru Ribnik kod Jadrtovca, nešto manja prema Pantanu, dok je otjecanje prema izvorima u dolini Krke (Torak, Jaruga) najmanje vjerojatno.



Slika 4: Preslika karte s reinterpretiranim granicama sliva Pantana te Torka i Jaruge nakon trasiranja ponora Čuline mlinice (Preuzeto iz: Fritz i dr., 1993; djelomično nadopunjeno)

**Legenda:** 1 – potpuna barijera; 2 – djelomična (viseća) barijera; 3 – relativna barijera, pretežno podzemna; 4 – propusna područja; 5 – ime hidrogeološkog sliva; 6 – razvodnica, potvrđena; 7 – zonarna razvodnica, nesigurna; 8 – lokalna razvodnica; 9 – moguća premještanja položaja razvodnice, posebno u vlažnim razdobljima; 10 – pretpostavljeni smjer toka podzemne vode; 11 – podzemna veza ponora i izvora, potvrđena; 12 – ponor; 13 – ponorna zona; 14 – značajni krški izvor; 15 – izvor; 16 – značajni zaslanjeni izvor; 17 – zaslanjeni izvor; 18 – zahvat podzemne vode; 19 – vrulja, povremena; 20 – značajni reverzni rasjed, navlaka; 21 – značajni rasjed; 22 – os prebačene ili nagnute antiklinale; 23 – hidrogeološki profil;

**Dodano:** 24 – područje sliva Pantana koje je prema novim spoznajama pripojeno slivu Torka i Jaruge; 25 – potencijalna lokacija centra.



## 5. ANALIZA UTJECAJA

Analiza utjecaja na podzemne vode promatrana je s aspekta zaštićenih izvorišta koja se koriste za javnu vodoopskrbu te s obzirom na okolna područja ekološke mreže, a čiji su ekološki sustavi ovisni o stanju podzemnih voda. Pored toga dan je osvrt na utjecaj seizmoloških čimbenika.

### 5.1. Utjecaj na vodozaštitna područja

Na širem regionalnom području oko lokacije Centra nalazi se nekoliko vrlo značajnih izvorišta zahvaćenih za javnu vodoopskrbu. U dolini Krke za potrebe vodoopskrbnog sustava vodovoda Šibenik zahvaćeni su izvori Jaruga (do 1000 L/s) i Torak (50 L/s). Vodoopskrba Drniškog područja temelji se na vodozahvatima izvora Čikola (do 120 L/s). U zaleđu Marine izgrađeni su manji galerijski zahvati Dolac (10 L/s) i Rimski bunar (Gustirna, 60 L/s). Vodoopskrba šireg splitskog područja temelji se na vodozahvatima izvora Jadra i Žrnovnice.

S obzirom na rezultate provedenih istraživanja, kako onih vezanih uz samu lokaciju Centra tako istraživanja izvedenih na širem razmatranom području, može se konstatirati da se područje izgradnje nalazi u slivu izvora Jadra. To je potvrđeno trasiranjem Jame na lokaciji Centra. Ova činjenica prihvaćena je pri hidrogeološkoj interpretaciji zapadne granice sliva tijekom posljednje novelacije zaštitnih zona Jadra i Žrnovnice (GEO-CAD d.o.o., 2010), koje su usvojene Odlukom o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta javne vodoopskrbe izvora Jadra i Žrnovnice. (Klasa: 021-04/14-02/277; Ur.br.2181/1-01-14-1, od 18.12.2014.) Skupštine Splitsko-dalmatinske županije.

Područje izgradnje planiranog Centra nalazi se uz zapadnu vanjsku granicu IV. zone sanitarne zaštite. Prema važećem Pravilniku o uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (NN br. 66/2011 i 47/2013), unutar IV. zone dozvoljeno je formiranje centara za gospodarenje otpadom, što više, njihovo formiranje pod određenim uvjetima dozvoljeno je i unutar III. zone sanitarne zaštite. Dakle s obzirom na pozitivne propise i važeće odluke, mogućnost formiranja Centra na predmetnoj lokaciji nije upitna.

Prividne brzine toka podzemnih voda utvrđene trasiranjima imaju značajnu ulogu pri određivanju rasprostiranja pojedinih zona sanitarne zaštite. Pravilnikom o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN br. 66/2011) za izvorišta sa zahvaćanjem voda iz vodonosnika s pukotinskom i pukotinsko - kavernožnom poroznošću određeno je da su za definiranje granica vodozaštitnih područja mjerodavne prividne brzine toka i vrijeme putovanja trasera (vrijeme zadržavanja vode u podzemlju) utvrđeno trasiranjima u uvjetima visokih voda. Ovaj konzervativni pristup je na strani sigurnosti. Naime, smatra se da su u razdobljima visokih voda brzine tečenja najveće, odnosno vrijeme zadržavanja vode u vodonosniku najkraće.

Prema Pravilniku III. zona sanitarne zaštite obuhvaća područje s kojeg voda (traser) prema izvoru putuje između 1 i 10 dana ili su tako utvrđene prividne brzine toka od 1 do 3 cm/s. U IV. zonu svrstavaju se područja s kojih podzemne vode putuju od 10 do 50 dana ili su prividne brzine toka manje od 1 cm/s. Postoji mogućnost da se u IV. zonu uvrsti cijelo područje sliva izvan granice III. zone zaštite, dakle i dijelovi sliva s kojih vode prema izvoru putuju duže od 50 dana (kako je to učinjeno u slučaju Jadra i Žrnovnice).

Nakon trasiranja Jame na lokaciji Centra (4) traser se na izvoru Jadra pojavio nakon 66 dana uz prividnu brzinu toka od 0,44 cm/s (Kuhta i Stroj, 2006). Trasiranje je izvedeno u razdoblju

srednjih i niskih voda. Posve je opravdano postaviti pitanje kakve se brzine tečenja i vrijeme zadržavanja vode mogu očekivati u uvjetima visokih voda.

S obzirom na karakteristike toka utvrđene provedenim trasiranjem i odredbe Pravilnika, da bi se područje lokacije Centra moglo svrstati u III. zonu sanitarne zaštite izvorišta Jadrta, vrijeme zadržavanja trasera trebalo bi biti kraće od 10 dana, odnosno prividna brzina toka trebala bi biti najmanje 6,6 puta veća od utvrđene. Dakle, trebala bi biti veća od 2,9 cm/s. Premda je takva brzina tečenja podzemnih voda u kršu vrlo realna (analiza svih trasiranja izvedenih na području krša u Hrvatskoj pokazala je da su srednje brzine toka podzemnih voda oko 3,55 cm/s; Kuhta i Brkić, 2008), u danoj hidrogeološkoj situaciji ona nije za očekivati. Činjenica je da se područje Centra nalazi u rubnim dijelovima sliva, te da na svom putu do Jadrta podzemne vode s tog područja trebaju proći kroz, ili zaobići, nekoliko visećih hidrogeoloških barijera, a prva od njih je područje slabo propusnih dolomitnih naslaga (član Kladnjice dolomiti – KD u antiklinalnoj strukturi Koprno - Divojevići – Brštanovo), neposredno južno od lokacije (djelomično zahvaćena na karti u prilogu 2). Nadalje, unatoč okršnosti dobro propusnih vapnenačkih naslaga u području lokacije Centra, u razdobljima visokih voda prema izvoru se prvo dreniraju vode iz njemu bližih i dokazano vrlo razvijenih drenažnih sustava na sjeveru, poput rasjedne zone prema Muću s utvrđenim izrazito visokim brzinama toka. U takvim okolnostima može se pretpostaviti da su dotoci iz rubnih zapadnih dijelova sliva dodatno usporeni, odnosno da se snažnije aktiviraju tek nakon djelomične drenaže glavnih dovodnih sustava prema izvoru. To najbolje potvrđuju i rezultati trasiranja ponora u Postinju koje je izvedeno u uvjetima srednje visokih voda. Tom je prilikom utvrđena prividna brzina toka prema Jadru iznosila svega 0,53 cm/s, dakle neznatno je veća od one utvrđene trasiranjem s lokacije Centra.

Kako je već spomenuto, prema važećem Pravilniku o uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (NN br. 66/2011 i 47/2013) formiranje centara za gospodarenje otpadom pod određenim uvjetima dozvoljeno je i unutar III. zone sanitarne zaštite. Iz toga proizlazi da bi se formiranje centra moglo osporiti (s ovog aspekta) tek ukoliko bi razmatrano područje bilo svrstano u II. zonu sanitarne zaštite. S obzirom da se vanjska granica II. zone postavlja na udaljenosti zadržavanja vode u podzemlju u vremenu do 24 sata, proizlazi da bi za to prividne brzine toka s područja Centra trebale iznositi 29 cm/s, što realno nije moguće.

## 5.2. Utjecaj na ekološku mrežu

Na širem području izgradnje Centra nalazi se nekoliko područja ekološke mreže za koja se može konstatirati da su njihovi ekološki sustavi barem djelomično ovisni o stanju podzemnih voda, odnosno potencijalno izloženi utjecaju planiranog zahvata. Temeljem ovog kriterija može se izdvojiti područje Pantana (HR3000430), s ciljnim vrstama obrvan (*Aphanius fasciatus*) i glavočić vodenjak (*Knipowitchia panizzae*), te ciljnim stanišnim tipovima 1150 – Obalne lagune, 1410 Mediteranske stine (*Juncetalia maritimi*) i 1420 Mediteranska i termoatlantska vegetacija holofilnih grmova (*Sarcoconetea fruticosa*). Nadalje, to su područja Jadrta (HR200932) s ciljnom vrstom mekousna pastrva (*Salmothymus obtusirostris*) i šire područje NP Krka (HR2000918) iz kojeg se ovdje prvenstveno treba razmotriti utjecaj na izvorišta Jaruga i Torak.

S obzirom na prethodno iznesenu hidrogeološku situaciju i utvrđene činjenice, utjecaj planiranog Centra mogao bi se potencijalno očekivati jedino na području Jadrta, i to u slučaju da se uspostavi izravna kontinuirana komunikacija prodiranjem onečišćene ili pročišćene

vode iz Centra s podzemnom vodom ispod njega. Za analizu tog utjecaja korišteni su relevantni podaci dobiveni proračunima izvedenim u sklopu EZO (HUDEC PLAN d.o.o., 2016)

Ukupna količina otpadnih voda koja će prosječno godišnje nastajati na području Centra je oko 8.000 m<sup>3</sup>. Predviđeno je da se sve te vode pročišćavaju na adekvatnim uređajima za pročišćavanje do razine predviđene sukladno Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda („Narodne novine“ broj 80/13 i 43/14,27/15, 3/16). Tako pročišćena voda vraćat će se u tehnološke procese, a eventualni neutrošeni dio će se odvoziti i zbrinjavati na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda izvan Centra. Slijedom navedenog ove otpadne vode ne predstavljaju opasnost za okoliš, odnosno za podzemne vode na lokaciji Centra.

Realno jedinu opasnost za stanje podzemnih voda predstavljalo bi izravno procjeđivanje onečišćene vode iz tijela odlagališta kroz defekte u dijelu temeljnog brtvenog sloja odlagališta i to sintetičkoj membrani (GCL), kada ne bi bila položena na sloj zbijene gline od 0,5 m i koeficijenta vodonepropusnosti od  $1 \times 10^{-09}$  m/s. Prema proračunu detaljno opisanom u EZO, očekivana količina ove vode s opisane površine odlagališta iznosila bi 0,00197 L/s, odnosno 170,2 L/dnevno. Da ova količina izravno dospije u podzemnu vodu, a s obzirom na to da je minimalna zabilježena izdašnost izvora Jadra oko 3.600 L/s (kolovoz 1995.), odnosno 311,04 milijuna litara dnevno, čak i u slučaju da se potpuno zanemare efekti autopurifikacije na preko 25 km dugom putu do izvora, razrjeđenje onečišćenja s područja Centra bilo bi toliko da bi njegov utjecaj bio praktički zanemariv. No još dodatno treba uzeti u obzir da voda procijeđena kroz sintetičku membranu ulazi u sloj zbijene gline debljine 0,5 m i koeficijenta vodopropusnosti od svega  $1 \times 10^{-09}$  m/s koji predstavlja dodatnu barijeru s obzirom na kapacitet gline u zadržavanju vode (bubrenjem). Zbog toga se može konstatirati da Centar neće utjecati na ekološki sustav Jadra ili će taj utjecaj, u najgorem slučaju, biti prihvatljiv.

Utjecaj Centra na preostala navedena područja ekološke mreže može se na jednak način razmatrati samo hipotetski, odnosno uz pretpostavku da se u stanjima visokih voda prema njima drenira dio podzemnih voda s predmetne lokacije.

Slijedom navoda iz poglavlja 4.2., najizgledniji smjer tečenja u uvjetima visokih voda je prema izvorima kod Marine i izvoru Ribnik kod Jadrtovca, koji nisu u ekološkoj mreži. Premda je vjerojatnost otjecanja prema Pantanu, a posebno području Krke (izvorišta Jaruga i Torak) mala, bez trasiranja u visokim vodama nije ju moguće potpuno isključiti. Uz iste ulazne podatke o procjeđivanju navedene u slučaju utjecaja na Jadro, ovdje treba istaknuti da se utjecaj na ove lokalitete treba promatrati u uvjetima visokih voda (zna se da je u srednjim i niskim voda smjer tečenja prema Jadru), dakle, uz maksimalne izdašnosti ovih izvora. Premda nema podataka sustavnih mjerenja, sva navedena izvorišta unutar ekološke mreže u razdoblju visokih voda imaju izdašnost koja višestruko premašuje navedenu minimalnu izdašnost izvora Jadra. Drugim riječima, na ovim se izvorištima može očekivati još manji utjecaj nego na Jadru, naravno uz pretpostavku da se veza s područjem Centra uopće uspostavi.

Zaključno se može konstatirati da planirani Centar za gospodarenje otpadom, izveden u skladu s Idejnim projektom, neće s hidrogeološkog aspekta imati značajnijeg utjecaja na okolna područja ekološke mreže, s obzirom da se u redovnim radnim okolnostima (pored tehničke izvedbe nepropusnih podloga) zbog poduzimanja svih propisanih mjera zaštite tla i vode, ne očekuje komunikacija izvora onečišćenja s podzemljem.



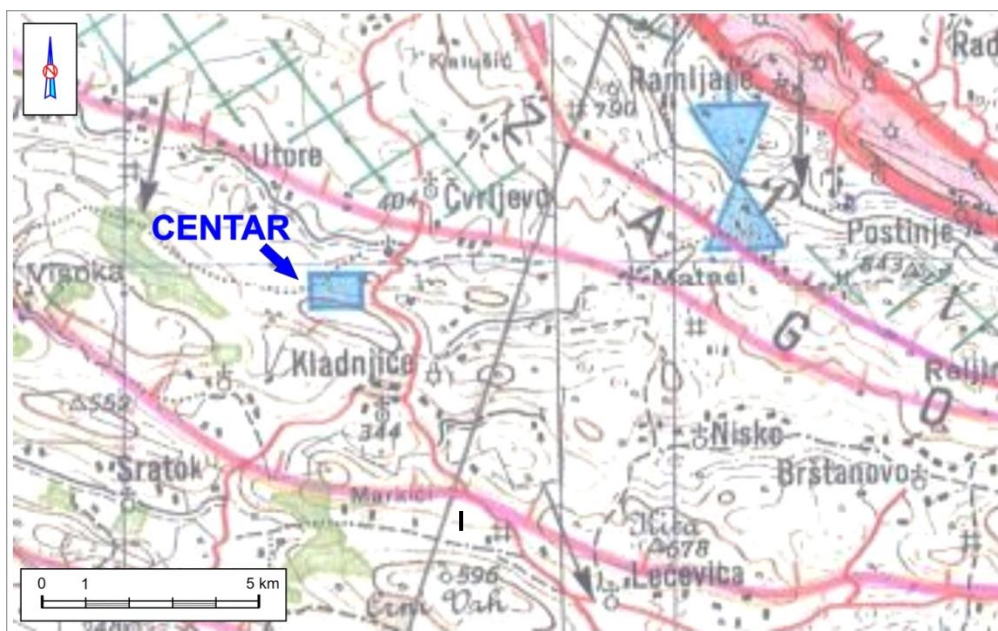
### 5.3. Utjecaj seizmoloških čimbenika

Šire područje se zbog recentne tektonske aktivnosti odlikuje seizmičkom aktivnošću koja je opisana u dokumentu Studija seizmičkog mikrozoniranja - seizmološka i seizmotektonska studija šire okolice lokacije Županijskog centra za gospodarenje otpadom u Općini Lećevica (Buljan (ed) 2010). Studija donosi detaljan opis strukturno-tektonskih i seizmoloških elemenata na širem razmatranom području te izračun projektnih vrijednosti seizmičkih parametara.

Osnovni zaključci Studije su da je regionalno i lokalno područje oko lokacije Centra seizmotektonski aktivno. Lokacija odlagališta otpada nalazi se u seizmičkom izvoru Trogir u kojem se mogu dogoditi potresi magnitude 6.2 stupnja po Richteru. Usvoji li se pristup da su projektne vrijednosti definirane povratnim periodom  $T=475$  godina, slijedi da su projektne vrijednosti horizontalne akceleracije  $PGA$  0,22 g i intenziteti ( $I_{max}$ ) 7,7° MCS. Ove se činjenice treba uzeti u obzir kod projektiranja sigurnosnih parametara na lokaciji.

S aspekta utjecaja na okoliš, pa tako i ekološku mrežu, najnepovoljnija situacija jest ukoliko uslijed potresa dođe do pucanja temeljnog brtvenog sustavu ispod odlagališta. U tom smislu treba navesti da prema opisu Mercalli-Cancani-Siebergove ljestvice (MCS ljestvica) vidljivo se pucanje tla može očekivati kod razornog potresa, odnosno potresa 8-og stupnja te ljestvice, što je blizu proračunom dobivenoj očekivanoj vrijednosti od 7,7° MCS.

S obzirom na to da se pucanja tla događaju samo mjestimice i prvenstveno uz glavne regionalne tektonske diskontinuitete, a koji se nalaze sjeverno i južno od lokacije (slika 5), njihova pojava na području Centra nije izgledna, ali ju nije moguće potpuno isključiti.



Slika 5: Preslika isječka karte strukturnog sklopa šireg područja lokacije Centra na kojoj je vidljivo da se glavni tektonski diskontinuiteti nalaze sjeverno i južno od lokacije CGO (preuzeto iz: Buljan (ed) 2010).

U slučaju da uslijed pomaka tla dođe do narušavanja integriteta temeljnog brtvenog sloja, uz pravilno postupanje to neće izazvati značajnije posljedice za okoliš. Vrlo značajnu ulogu na

sprečavanje pucanja brtvenog sloja imaju njegove tehničke karakteristike. Naime, brtveni sloj uključuje i foliju od polietilena visoke gustoće. Pored nepropusnosti, jedna od njenih karakteristika je i velika mogućnost rastezanja prije sloma, koja doseže i do 350 %. Dakle, njenom slomu trebala bi prethoditi izuzetno velika pucanja tla, koja realno nisu za očekivati. Nadalje, budući da su kazete za odlaganje blago nagnute i kontinuirano drenirane, u njima nema nakupljanja veće količine onečišćenih procjednih voda, pa u trenutku potresa zatečene količine, ukoliko i prodru u podlogu odlagališta, neće imati većeg utjecaja na podzemne vode, sve da s njom uopće dođu u kontakt.

Ukoliko se nakon razornog potresa u neposrednom okruženju primijete vidljivi pomaci i pucanja tla rad Centra treba prilagoditi nastaloj situaciji. Do otkrivanja i sanacije oštećenja ispod tijela odlagališta njegove kritične dijelove treba prekriti nepropusnom folijom kako bi se spriječila infiltracija oborinskih voda u otpad i ispiranje raznih supstanci u stijene podloge. Pozitivan učinak u smanjenju koncentracije eventualno prodrlog onečišćenja imat će i preko 200 m duboka, vodom nesaturirana zona, koja sprječava ostvarenje kontakta između dviju vodenih faza.

## 6. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj predmetnog izvješća je hidrogeološka dopuna „Elaborata zaštite okoliša za postupak ocjene o potrebi procjene utjecaja izmjene zahvata Centar za gospodarenje otpadom u Splitsko-dalmatinskoj županiji na okoliš“ izrađivača HUDEC PLAN d.o.o. iz Zagreba, sukladno mišljenju izdanom od strane Hrvatske agencije za okoliš i prirodu (KLASA: 612-07/16-38/205, UBBROJ: 427-07-2-16-2 od 19.travnja 2016. godine).

Pregledom postojeće dokumentacije može se konstatirati da su na širem području zahvata provedena vrlo opsežna geološka, strukturna, seizmološka, hidrogeološka i speleološka istraživanja, koja su s obzirom na rezultate, omogućila primjereno visoku razinu spoznaje o razmatranom prostoru. To se posebno odnosi na istraženost samog područja predviđenog za izgradnju planiranog Centra.

Istraživanja izvedena u razdoblju nakon izrade SUO 2006. godine predstavljaju značajan doprinos boljem poznavanju hidrogeoloških uvjeta na razmatranom područja. Njihovi rezultati nemaju ograničavajućeg utjecaja na izgradnju planiranog Centra za gospodarenje otpadom i ne mijenjaju situaciju o odnosu na Rješenje Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva o prihvatljivosti zahvata za okoliš (Klasa: UP/I 351-03/05-02/12; Ur.broj:531-08/3-1-JM-06-10 od 27. studenog 2006.g.).

S obzirom na Idejnim projektom predviđen način i tehničko-tehnološke karakteristike izgradnje te tehnologiju rada Centra, a nakon provedene hidrogeološke analize može se konstatirati da Centar za gospodarenje otpadom neće značajnije utjecati na stanje podzemnih voda okolnih izvorišta zahvaćenih za javnu vodoopskrbu, kao niti na područja ekološke mreže. Karakteristike krških vodnih sustava općenito, kao i hidrogeološke značajke razmatranog područja upućuju na mogućnost da se u uvjetima visokih voda dio podzemnih voda s predmetne lokacije drenira prema Jadru, kako je to utvrđeno provedenim trasiranjem

u razdoblju srednjih do niskih voda, a dio da otječe prema drugim izvorima. Uzevši u obzir i rezultate kasnije izvedenog trasiranja ponora u Postinju, ukoliko u uvjetima visokih voda dolazi do otjecanja u druge slivove, najizgledniji smjer tečenja je prema izvorima kod Marine i izvoru Ribnik kod Jadrtovca, nešto manja prema Pantanu, dok je otjecanje prema izvorima u dolini Krke (Torak, Jaruga) najmanje vjerojatno.

Analiza utjecaja Centra na vodozahvate i područja ekološke mreže, provedena uz pretpostavku dreniranja prema svim navedenim izvorima, pokazala je da Centar neće značajnije utjecati na stanje kakvoće njihovih podzemnih voda. S obzirom na to ocjenjuje se da dodatna istraživanja, odnosno trasiranja podzemnih tokova u razdoblju visokih voda nisu nužna za valoriziranje prihvatljivosti zahvata.

Rezultate provedenog seizmičkog mikrozoniranja iz 2010. godine, a posebno njime definirane projektne seizmičke parametre potrebno je primijeniti tijekom izrade glavnog projekta Centra. Ocjenjuje se da u slučaju akcidentne situacije izazvane potresom neće doći do značajnijeg utjecaja na zahvaćena izvorišta i područja ekološke mreže.

Izradio:

Mladen Kuhta, dipl.ing.geol.

## 7. Dokumentacija

- BIONDIĆ, B., BRKIĆ, Ž., BIONDIĆ, R. (1999): Hidrogeološka karta Republike Hrvatske M 1 : 300 000. Institut za geološka istraživanja, Zagreb.
- BONACCI, O. (1978): Hidrogeološka studija Žrnovnice. Fond str. dok. Građevinski institut, Split.
- BONACCI, O., ROJE-BONACCI, T. (1997): Hidrološki vid određivanja biološkog minimuma rijeke Žrnovnice. Hrvatske vode br. 19, Zagreb.
- BONACCI, O., ROJE-BONACCI, T. (1997): Hidrološki vid određivanja biološkog minimuma rijeke Jadro. Hrvatske vode br. 21, Zagreb.
- BONACCI, O., LJUBENKOV, I. (2005): Nove spoznaje o hidrologiji rijeke Krke. Hrvatske vode br. 52, Zagreb.
- BRITVIĆ, V. (1965): Izvještaj o hidrogeološkom kartiranju na području Pantana – Trogir. Fond str. dok. Geotehnika, Zagreb.
- BRKIĆ, Ž., BIONDIĆ, R., PAVIČIĆ, A., SLIŠKOVIĆ, I., MARKOVIĆ, T., TERZIĆ, J., DUKARIĆ, F. & DOLIĆ, M. (2006): Određivanje cjelina podzemnih voda na jadranskom slivu prema kriterijima Okvirne direktive o vodama EU. Hrvatski geološki institut, Zagreb.
- BULJAN, R. (ed) (2010): Seizmičko mikrozoniranje-seizmološka i seizmotektonska studija šire okolice lokacije Županijskog centra za gospodarenje otpadom u Općini Lećevica. Studija.
- ECOINA (2004): Elaborat o kompleksnim geološkim istraživanjima područja „Kladnjice“ – Lećevica. Zagreb.
- FRITZ, F., BAHUN, S. (1960): Geološka, hidrogeološka i inženjerskogeološka istraživanja područja Dugo Polje. Fond str. dok. HGI br. 3262, Zagreb.
- FRITZ, F. (1970): Geološka građa i hidrogeološki odnosi sabirnog područja izvora Pantan. Arhiv OVP, Split.
- FRITZ, F. (1979): Općina Split – Hidrogeološka studija. Fond str. dok. HGI br. 191/79, Zagreb.
- FRITZ, F., PAVIČIĆ, A., RENIĆ, A. (1984): Hidrogeološka studija područja Trogir-Šibenik-Drniš- Knin. Fond str. dok. HGI br. 248/84, Zagreb.
- FRITZ, F., PAVIČIĆ, A., RENIĆ, A., KAPELJ, J., (1988): Izvori Jadro i Žrnovnica. Dio hidrogeoloških istražnih radova potrebnih za prijedlog zona sanitarne zaštite izvora. Fond str. dok. HGI br. 140/89, Zagreb.
- FRITZ, F., RENIĆ, A., BULJAN, R. (1991): Izvor Pantan kod Trogira. Hidrogeološka osnova za eksploataciju pitkih podzemnih voda. Fond str. dok. HGI br. 95/91, Zagreb.
- FRITZ, F., RENIĆ, A., PAVIČIĆ, A. (1993): Hydrogeology of the hinterland of Šibenik and Trogir, Croatia. Geologia Croatica, 46/2, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 291-304.
- GEO-CAD d.o.o. (2010): Izvorište Jadra i Žrnovnice Split, zone sanitarne zaštite, Zagreb.

- GEOPROJEKT d.d. (2015): Idejni projekt CGO Splitsko-dalmatinske županije, Split.
- HIDROMETEREOLOŠKI ZAVOD-HMZ (1962): Bojenje ponora Grabov mlin u akumulaciji Prančevići kod Biska na Cetini, Zagreb.
- HUDEK PLAN d.o.o. (2016): Elaborat zaštite okoliša za postupak ocjene o potrebi procjene utjecaja izmjene zahvata Centar za gospodarenje otpadom u Splitsko-dalmatinskoj županiji na okoliš. Zagreb.
- IPZ UNIPROJEKT MCF (2005): Studije o utjecaju na okoliš Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije u Lečevici. Zagreb.
- IPZ Uniprojekt MCF (2006): Studija utjecaja na okoliš Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije u Lečevici. Zagreb.
- IVANOVIĆ, A., SIKIRICA, V. & SAKAČ, K. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Drniš, L 33-9.- Inst. geol. istraž. Zagreb (1963-1967), Sav. geol. zavod Beograd.
- IVANOVIĆ, A., SIKIRICA, V., MARKOVIĆ, S. & SAKAČ, K. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Drniš, L 33-9.- Inst. geol. istraž. Zagreb, Sav. geol. zavod Beograd, 59 str.
- KAPELJ, S.; KAPELJ, J., NOVOSEL, A., SINGER, D. (2001): Hidrogeološka istraživanja Jadra i Žrnovnice. I. faza istraživanja, Tumač uz preglednu hidrogeološku kartu M 1 : 100 000. – Preliminarni izvještaj. Fond str. dok. HGI br. 42/01, Zagreb.
- KAPELJ, S.; KAPELJ, J., SINGER, D. (2002): Hidrogeološka istraživanja slivnog područja izvora Jadro i Žrnovnica. II. faza istraživanja. Fond str. dok. HGI br. 43/02, Zagreb.
- KAPELJ, S., KAPELJ, J., PRELOGOVIĆ, E., MARJANAC, T., TUŠAR, B., KOVAČ, I., BIONDIĆ, B. (2006): Studija upravljanja vodama sliva Jadra i Žrnovnice, I faza studijsko-istraživačkih radova, EVV:1/2005. Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu br. 637/06.-02, Varaždin, str. 157.
- KAPELJ, S., KAPELJ, J., PRELOGOVIĆ, E., MARJANAC, T., CVETKO-TEŠOVIĆ, B., SREMAC, J. (2008): Studija upravljanja vodama sliva Jadra i Žrnovnice, II faza studijsko-istraživačkih radova, EVV:9/07. Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu br. 538/08.-02, Varaždin, str. 90.
- KAPELJ, S., KAPELJ, J., NOVOSEL, A. (2008): Studija upravljanja vodama sliva Jadra i Žrnovnice-Prva faza studijsko-istraživačkih radova EVV:1/2005. Dodatak I: Tehnički izvještaj o provedenom trasiranju ponora u Postinju kod Muća. Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin.
- KAPELJ, S., KAPELJ, J., LOBOREC, J., HIP, I., DOGANČIĆ, D. (2009): Studija upravljanja vodama sliva Jadra i Žrnovnice, III faza studijsko-istraživačkih radova EVV:21/2008. Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu br. 680/09.-02, Varaždin, str. 75.
- KAPELJ, S., DOGANČIĆ, D., LOBOREC, J., KAPELJ, J. (2012): Studija upravljanja vodama sliva Jadra i Žrnovnice, IV fazastudijsko-istraživačkih radova. Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu broj 2186-76-11-12-4, Varaždin, str. 135.
- KAPELJ S., LOBOREC, J. KAPELJ, J. (2013): Assessment of aquifer intrinsic vulnerability by SINTACS method. *Geologia Croatica*. 66/2: 119-128.
- KOMATINA, M. (1961): Tumač uz osnovnu hidrogeološku kartu terena Kašteli-Omiš. Zavod geol. geof. istr., Beograd.



- KOMATINA, M. (1967): Hidrogeološke odlike dijelova terena Dalmacije, zapadne Bosne i Hercegovine. Arhiv OVP Split.
- KOMATINA, M. (1975): Hidrogeološke odlike slivova centralnodinarskog karsta. Rasprave Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, Savezni geološki zavod Beograd, 1-105.
- KORBAR T., L. FUČEK, D. PALENIK, D. MATIČEC, M. KUHTA, A. STROJ (2006): Geološka i hidrogeološka istraživanja na području predložene lokacije Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije kod Lečevica. Hrvatski geološki institut, Zagreb. Fond stručne dokumentacije 68/06. Studija.
- KUHTA, M., STROJ, A. (2006): Geološka i hidrogeološka istraživanja na području predložene lokacije Centra za gospodarenje otpadom Splitsko-dalmatinske županije kod Lečevica. Dopunsko izvješće. Rezultati trasiranja jame na lokaciji Centra. Hrvatski geološki institut, Zagreb. Fond stručne dokumentacije 90/06.
- KUHTA, M. & BRKIĆ, Ž. (2008): Water Tracing Tests in the Dinaric Karst of Croatia. Integrating Groundwater Science and Human Well-being, Taniguchi, M., Yoshioka, R., Sinner, A., Aureli, A. (ur), Proceedings CD, Toyama, Japan.
- MAGDALENIĆ, A. (1971): Hidrogeologija sliva Cetine. Krš Jugoslavije 7/4. 1-82.
- MARINČIĆ, S., MAGAŠ, N. & BOROVIĆ, I. (1971): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Split, K 33-21.- Inst. geol. istraž. Zagreb (1968-1969), Savezni geol. zavod, Beograd.
- MARINČIĆ, S., MAGAŠ, N. & BOROVIĆ, I. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za listove Split i Primošten, , K 33-20 i K 33-21.- Inst. geol. istraž. Zagreb, Savezni geol. zavod Beograd, 47 str.
- RENIĆ, A., PAVIČIĆ, A. (1986): HE Đale, glavni projekt. Područje akumulacije, geološke podloge. Fond str. dok. HGI br. 332/86, Zagreb.
- RENIĆ, A. (1989): Izvor Žrnovnica. Detaljna hidrogeološka istraživanja – nizvodni profil. Fond str. dok. HGI br. 92/89, Zagreb.
- RENIĆ, A. (1992): Jurjevića izvor – Studenci. Hidrogeološki istražni radovi za prijedlog zona sanitarne zaštite. Fond str. dok. HGI br. 73/92, Zagreb.
- RENIĆ, A. (1994): Kamenolom Križice, hidrogeološki istražni radovi. Mikrozoniranje dijela III zone sanitarne zaštite izvora Jadra i Žrnovnice. Fond str. dok. HGI, Zagreb.
- RENIĆ, A. (1996): Benzinska postaja Klis-Kurtovići. Hidrogeološki istražni radovi, mikrozoniranje osnovnih zona sanitarne zaštite izvora Jadra i Žrnovnice. Fond str. dok. HGI br. 63/96, Zagreb.
- RENIĆ, A. (1997): Kamenolom i asfaltna baza Konjsko. Hidrogeološki istražni radovi, mikrozoniranje osnovnih zona sanitarne zaštite izvora Jadra i Žrnovnice. Fond str. dok. HGI br. 86/97, Zagreb.
- RENIĆ, A. (1998): Hidrogeološko mišljenje o utjecaju otpadnih voda tvrtke „Metind“ d.o.o. Muć na podzemne vode. Fond str. dok. HGI, Zagreb.