

Il modello idrogeologico

Hidrogeološki model

LUCA ZINI, FRANCO CUCCHI, CHIARA CALLIGARIS

Dipartimento di Matematica e Geoscienze, Università degli Studi di Trieste

3.1 L'acquifero del Carso Classico

Nelle case di Trieste così come in quelle del Carso sloveno e italiano, quando si apre il rubinetto, escono acque che hanno storie e origini diverse. Una parte di esse proviene dai sistemi di acquiferi della Pianura Isontina, estratte a circa 150-200 m di profondità, ma considerevole è anche il contributo dovuto alle acque ipogee del Carso Classico: il 100% di quelle dell'acquedotto sloveno e circa il 20% di quelle italiane. Le acque sono contenute all'interno dell'idrostruttura carsica e fluiscono attraverso i grandi condotti e le miriadi di piccole fratture che suddividono l'ammasso roccioso carbonatico. Il Carso Classico si estende su un'area di circa 750 km² dal fiume Isonzo al mare Adriatico e fino all'abitato di Postumia. Formalmente è suddiviso tra Italia e Slovenia, ma è invece sede di un unico acquifero che non ha confine e che è alimentato dalle precipitazioni, dalle perdite dell'acquifero alluvionale della piana dell'Isonzo e dalle acque del fiume Reka, che dal momento in cui si inabissa presso le grotte di San Canziano prende il nome di Timavo. Da un punto di vista idrogeologico l'acquifero è caratterizzato dalla presenza di due litotipi: le rocce carbonatiche, estremamente carsificate e ad elevata permeabilità per fessurazione e carsimo, ed il flysch, caratterizzato complessivamente da bassa permeabilità. Il forte contrasto di permeabilità tra queste due unità litologiche congiuntamente ai gradienti idraulici che si generano in seno al Carso giocano un ruolo importante nelle modalità di ricarica, di deflusso e di emersione delle acque dal sistema. I fianchi settentrionale e meridionale in flysch dell'anticlinorio, costituiscono due barriere laterali e continue

3.1 Vodonosnik klasičnega Krasa

Ko v tržaških, pa tudi v kraških slovenskih in italijanskih domovih priteče voda iz pip, le-ta s seboj prinese bogate zgodbe o raznolikih virih. Del vode prihaja iz vodonosnih sistemov Soške nižine, kjer se zajetja nahajajo v globini približno 150-200 m, znaten del voda pa priteka iz vodonosnika klasičnega Krasa: slovenski vodovod se z njimi napaja v 100-odstotnem deležu, italijanski vodovodni sistem pa črpa iz tovrstnih podzemnih virov 20 % vode. Podzemne vode so zbrane znotraj kraškega vodonosnika in tečejo skozi velike kanale in nešteto razpok, ki preprečajo apnenčaste kamnite gmote. Klasični Kras se razteza na območju, ki zajema približno 750 km² od reke Soče in Jadranskega morja do Postojne. Uradno se deli na italijanski in slovenski del, vendar predstavlja enoten vodonosnik, ki ne pozna meja in ki se napaja s padavinami, z izcejanjem iz aluvialnega vodonosnika Soške nižine ter z vodnim tokom reke Reke, ki ponika v Škocjanske jame in se pojavi na površju v izvirih Timave. S hidrogeološkega vidika je vodonosnik opredeljen z dvema prisotnima litološkima tipoma: karbonatne kamnine z visoko stopnjo zakraselosti in zelo dobro prepustnostjo ter fliš z značilno slabo prepustnostjo. Velika razlika v prepustnosti obeh omejenih litoloških enot ustvarja znotraj Krasa hidravlične gradiente, ki imajo pomembno vlogo pri načinu napajanja, pretakanja in iztekanja voda iz sistema.

V hidrološkem smislu lahko v grobem ločimo 3 območja:

- *območja požiralnikov, ki se nahajajo na severozahodnem in jugozahodnem delu, kjer površinske vode z nekraških obrobij (Soča-*



alla carsificazione, delimitando pertanto l'idrostruttura carsica, che in linea di massima può essere suddivisa in 3 settori:

- aree degli inghiottitoi presenti nei settori nord-occidentali e sud-orientali, dove le acque superficiali provenienti da bacini non carsici (Isonzo-Vipacco, Raša e Reka) vengono inghiottite in profondità e vanno ad alimentare le acque della falda carsica (alimentazione allogenica);
- altopiano del Carso Classico dove si registra l'infiltrazione diffusa delle precipitazioni (alimentazione autogena);
- stretta fascia lungo la costa del Golfo di Trieste da Aurisina a Monfalcone dove le acque riemergono dando vita ad un articolato sistema di laghi e sorgenti.

3.1.1 Gli inghiottitoi

Le acque della falda della Pianura Isontina vengono assorbite nell'idrostruttura del Carso Classico lungo una fascia pedecollinare di una decina di chilometri posta a ridosso dell'altopiano carsico e compresa tra gli abitati di Sagrado e Merna (Timeus, 1928; Mosetti & D'Ambrosi, 1963; Gemiti & Licciardello, 1977; Cancian, 1987; Doctor et al., 2000; Samez et al., 2005). Si tratta di un contributo significativo che è stato stimato abbia valore medio di 10 m³/s (Zini et al. 2013)

Nel settore sud-orientale si identificano due aree di ricarica allogenica: gli inghiottitoi lungo il corso del fiume Raša e gli inghiottitoi del fiume Reka. I primi sono rappresentati da un serie di punti di assorbimento aperti lungo i tributari del Raša al contatto fra flysch e calcari. I secondi, ben più importanti da un punto di vista quantitativo, sono quelli competenti al fiume Notranjska Reka (Timavo Superiore) che viene totalmente inghiottito nelle maestose Grotte di San Canziano (Škocjanske Jame) e nel tratto di alveo immediatamente a monte. La Notranjska Reka, che nasce alle pendici del monte Dletvo al confine tra Slovenia e Croazia, drena un bacino di oltre 400 km² e scorre per oltre 50 km su terreni in facies di flysch finché giunge nei pressi dell'abitato di Gornje Vreme. Da questo punto in poi per 7 km fino alle grotte di San Canziano, il fiume fluisce sui calcari e nel greto si hanno le prime perdite, che durante i periodi estivi possono portare il fiume praticamente in secca. Talvolta si

-Vipava, Raša in Reka) ponikajo v globino in tako napajajo kraško podtalnico (alogeno napajanje);

- planota klasičnega Krasa z razpršeno infiltracijo padavin (avtogeno napajanje);
- ozek obmorski pas ob Tržaškem zalivu od Nabrežine do Tržiča, kjer voda privre na dan ter tako ustvarja z jezeri in izviri bogato pokrajino.

3.1.1 Požiralniki

Vode iz aluvija Soške nižine se izcejajo v vodonosnik klasičnega Krasa vzdolž gričevnatega pasu, ki se razteza nekaj deset kilometrov po pobočju kraške planote, med naselji Zagraj in Miren (Timeus, 1928; Mosetti & D'Ambrosi, 1963; Gemiti & Licciardello, 1977; Cancian, 1987; Doctor et al., 2000; Samez et al., 2005). Gre za pomemben prispevek, ki je ocenjen na srednjo vrednost 10 m³/s (Zini et al. 2013).

V jugovzhodnem delu izstopata dve območji alogenega napajanja: požiralniki vzdolž toka reke Raše in požiralniki reke Reke. Prvi tip požiralnikov se pojavlja v obliki zaporednih mest ponikanja, ki se odpirajo vzdolž pritokov reke Raše in ležijo na stiku med flišem in apnencem. Drugi požiralniki, ki so z vidika številčnosti pomembnejši, so tisti, vezani na reko Reko (zgornji tok Timave), ki v celoti ponikne v veličastne Škocjanske jame in se že pred njimi deloma izgublja v strugi. Reka, ki



Figura 3.1
Inghiottitoio lungo il
corso del Reka presso
Vreme.

Slika 3.1
Ponor vzdolž reke Reke
pri Vremah.

aprono dei veri e propri inghiottitoi sul letto del corso d'acqua che catturano tutte o parte delle acque (Figura 3.1). Questi sinkholes, che nel passato venivano immediatamente "tappati" per non interrompere l'attività dei mulini, oggi vengono riempiti in modo naturale dal fiume stesso con le sue alluvioni (Cucchi & Forti, 1981) durante le piene successive. La Notranjska Reka entra nelle grotte di San Canziano, lunghe complessivamente più di 6 km, alla quota di 317 m s.l.m, attraversa alcune doline di crollo molto profonde (la Mala dolina ha 120 m di profondità e la Velika dolina ne ha più di 165) e dopo aver percorso circa 3 km di una gigantesca forra con una trentina di cascate/rapide, scompare in un sifone del Lago Morto a 212 m s.l.m. La Reka, che drena un bacino con piovosità media tra i 2.000 e i 2.600 mm/anno, ha una portata estremamente variabile, compresa tra i 305 m³/s in piena e i 0,18 m³/s in magra con valori medi di 8,26 m³/s (Gabrovšek & Peric, 2006).

3.1.2 L'infiltrazione diffusa

L'infiltrazione efficace contribuisce in modo estremamente significativo all'alimentazione dell'acquifero sia per l'estensione del bacino di ricarica (alcune centinaia di km²) che per la piovosità che è compresa mediamente tra i 1.000 mm/anno sulla costa e i 1.800 mm/anno nelle zone più interne. La scarsa copertura vegetale e i suoli poco potenti o addirittura assenti, favoriscono una cospicua e rapida infiltrazione delle acque piovane che attraverso articolati percorsi arrivano velocemente alla falda di base. L'infiltrazione efficace contribuisce infatti all'alimentazione della falda carsica con un valore di circa 20,6 m³/s (Civita et al., 1995).

3.1.3 Le sorgenti

Il sistema sorgentizio è racchiuso in un areale abbastanza ristretto nel settore sud-occidentale dell'acquifero dove il contatto calcari/flysch si trova alle quote topograficamente meno elevate e quindi favorisce la fuoriuscita delle acque dal sistema. Numerosi sono i punti di emergenza. Nell'ambito del Progetto HYDROKARST è stata condotta un'accurata ricerca bibliografica ed è stata svolta una campagna di rilevamenti ad hoc sul terreno per la georeferenziazione e caratterizzazione di tutte le sorgenti (Figura 3.2 e Figura 3.3). Partendo da sud-est, là dove lo sbar-

izvira ob vznožju gore Dletvo na meji med Slovenijo in Hrvaško, drenira zaledje s površino prek 400 km² in teče po več kot 50 km dolgi poti po flišu, dokler ne doseže naselja Gornje Vreme. Od tod naprej in še nadaljnjih 7 km proti Škocjanskim jamam se pretaka po apnenčasti podlagi, v kateri se pojavijo prve izgube v pretoku, ki se v poletnih mesecih še stopnjujejo ter lahko privedejo do popolne izsušitve struge. Včasih se znotraj rečnega korita odprejo pravi požiralniki, v katere voda ponikne v celoti ali le deloma. Ti ponori, ki so jih v preteklosti takoj "zatrpali", da ne bi prekinili normalnega delovanja mlinov, se danes zapolnijo po naravnih poti z rečnimi naplavinami (Cucchi & Forti, 1981) v obdobju visokih vodostajev. Reka ponika na nadmorski višini 317 m v Škocjanske jame, ki v dolžino skupaj merijo več kot 6 kilometrov. Na svoji poti prečka nekaj zelo globokih udornic (Mala dolina globoka do 120 m, Velika dolina pa do 165 m), po pretakanju skozi velikanski, približno 3 kilometre dolg kanal z okrog tridesetimi slapovi/brzicami pa ponikne v sifon Mrtvega jezera na nadmorski višini 212 m. Reka, ki drenira zaledje s povprečnimi padavinami od 2.000 do 2.600 mm/letno, ima zelo spremenljiv pretok, ki niha med 305 m³/s ob visokem vodostaju in 0,18 m³/s ob nizkem vodostaju, s srednjo vrednostjo 8,26 m³/s (Gabrovšek & Peric, 2006).

3.1.2 Razpršeno napajanje

Efektivna infiltracija pomembno prispeva k napajanju vodonosnika tako zaradi velikega obsega zaledja (nekaj sto km²) kot tudi zaradi padavin, ki v povprečju nihajo med 1.000 mm/letno v obmorskem delu in 1.800 mm/letno v notranjosti. Redka poraščenost z rastlinjem in majhna debelina prsti oziroma odsotnost le-te omogočajo znatno in hitro infiltracijo padavin, ki po različnih poteh napajajo zasičeno cono. Efektivna infiltracija prispeva k napajanju kraške podtalnice s količinami, ki se približujejo 20,6 m³/s (Civita et al., 1995).

3.1.3 Izviri

Sistem izvirov je zaobjet v dokaj ozko območje, ki se nahaja v jugozahodnem delu vodonosnika, kjer je stik apnenec / fliš na nizki topografski višini in tako omogoča izliv vode na površje. Izviri so številni. V okviru Projekta HYDROKARST je bil opravljen podroben pregled obstoječe li-

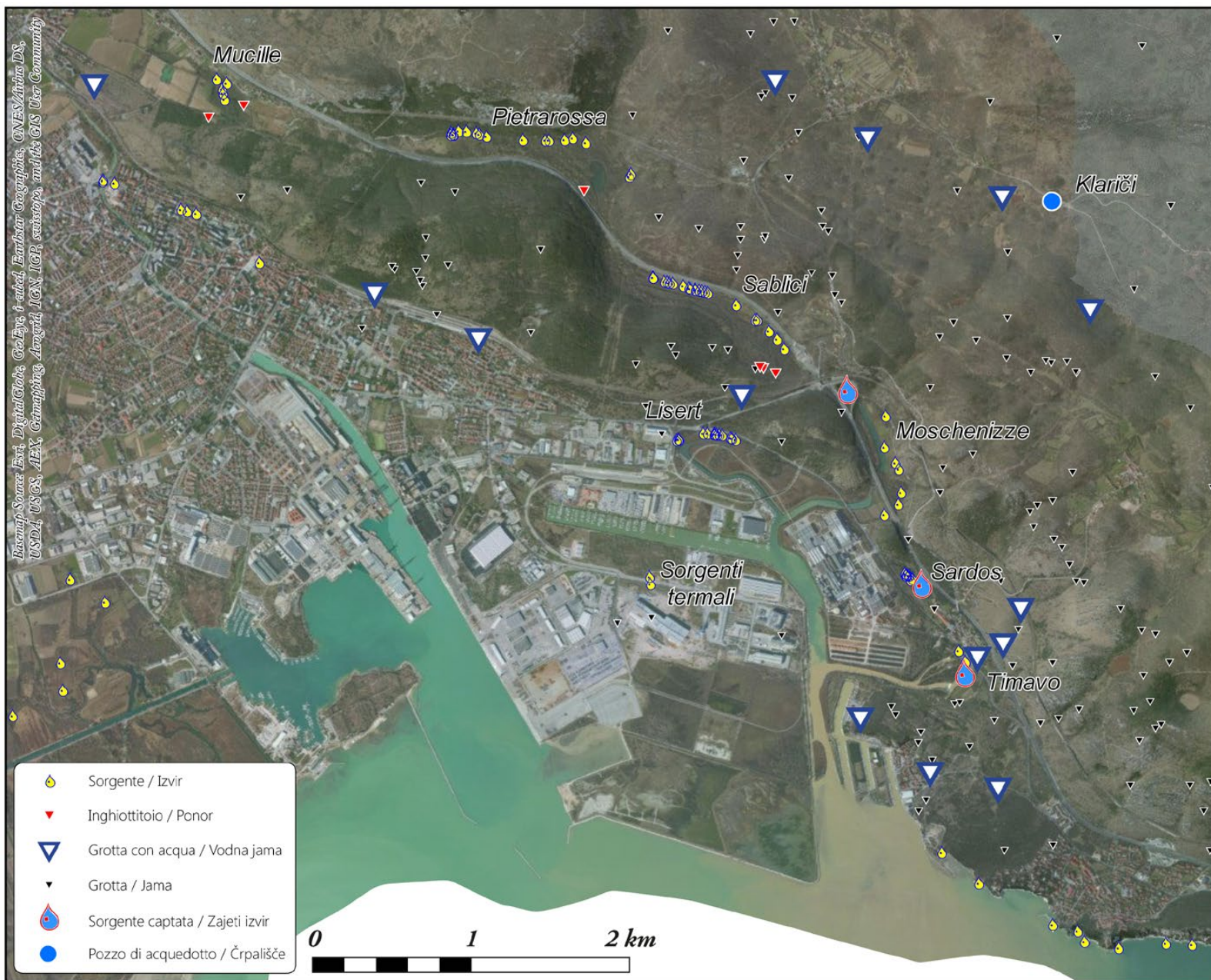


Figura 3.2
 Il sistema sorgentizio del Timavo tra Monfalcone e Duino-Aurisina. L'immagine è stata ripresa in fase di piena: si scorgono le acque torbide che fuoriescono dalle sorgenti.

Slika 3.2
 Sistem izvirov med Tržičem in Devinom. Fotografija je bila posneta med visokim vodostajem: prikazana je voda s primesmi, ki privre na dan v izvirih Timave.

ramento fornito dal flysch viene ad essere a livello mare, il primo punto acqua è rappresentato dalle Sorgenti di Aurisina. Le sorgenti, caratterizzate da 9 polle con una portata complessiva media di 0,3 m³/s su un fronte di circa 350 m, sono raccolte in una trincea di drenaggio parallela alla linea costa.

Da Aurisina Mare fino al Villaggio del Pescatore sono rilevabili numerose fuoriuscite, spesso al di sotto del livello del mare, con una portata complessiva media stimata in 0,5-1 m³/s ma un deflusso estremamente variabile in funzione del regime. La principale di queste sorgenti è posta ad ovest della Baia di Sistiana. A San Giovanni di Duino emergono le acque del Timavo e del Sardos. Le Sorgenti del Timavo consistono in 4 polle principali raccolte in tre rami con una portata complessiva media di 29,3 m³/s. Esplorazioni speleosubacquee hanno rilevato le connessioni tra le polle che fanno parte di un articolato complesso di gallerie allagate, intrecciate e ampie, che giungono almeno fino a 83 m sotto il livello del mare in direzione nord. Nel comprensorio del Randaccio sono presenti diverse altre scaturigini, la maggior parte delle quali captate nell'impianto del Sardos, e alcune piccole polle affioranti nei pressi dei resti di un'antica villa romana. La portata totale media di questo gruppo di sorgenti è di 1,9 m³/s. Nella parte a monte del Canale Lovcovaz sono presenti le Sorgenti del Lisert che hanno una portata di 1,0 m³/s e che drenano parte delle acque del Lago di Sablici. Nel Vallone di Moschenizze sono stati rilevati 8 punti di fuoriuscita delle acque per una portata complessiva media di 0,5 m³/s. A monte del Lago di Sablici è stato rilevato un fronte sorgivo costituito da una ventina di polle principali, che dall'altezza del casello autostradale risalgono il vallone per circa 1 km verso ovest. Un altro fronte sorgivo, composto da una quindicina di punti di emersione, è presente a monte e ad ovest del Lago di Pietrarossa. Queste sorgenti alimentano il lago e vengono drenate da un canale artificiale di bonifica che attraversa il Lago di Sablici, drenandolo parzialmente e scaricando le acque nel Vallone di Moschenizze per una portata complessiva media di 1,2 m³/s. Ancora più a ovest fluiscono le acque delle Sorgenti delle Mucille, che, raccolte in un canale, dopo un breve percorso superficiale sono assorbite da un inghiottitoio che le drena verso il Lago di Pietrarossa e l'abitato di Monfalcone. A Monfalco-

terature, potekale pa so tudi terenske meritve za določitev položaja in značilnosti vseh izvirov. Z južne strani, kjer flišna pregrada doseže morje, so prva vodna točka izviri v Nabrežini. Izvire sestavlja 9 vodnih žil na površini okrog 350 m, ki se zbirajo v drenažnem jarku vzporedno z morskim obrežjem in imajo skupni srednji pretok 0,3 m³/s.

Ob morju od Nabrežine do Ribiškega naselja je mogoče zaslediti številna iztekanja vode, pogosto pod morsko gladino, s povprečnim skupnim pretokom, ocenjenim na 0,5 -1 m³/s, ki pa se v odvisnosti od vodostaja zelo spreminja. Glavni izvir se nahaja zahodno od Seslanskega zaliva. V Štivanu pri Devinu na dan privrejo vode izvirov Timava in Sardoč. Izviri reke Timave imajo 4 glavne vodne žile, ki se zberejo v tri veje in je njihov skupni srednji pretok 29,3 m³/s. Raziskovanje z jamskim potapljanjem je potrdilo obstoj zelo razvejanega sistema med seboj prepletenih velikih kraških kanalov z vodnim tokom, ki v smeri proti severu sežejo vsaj do 83 m globoko pod morsko gladino. Na območju Randača lahko najdemo še druge različne izvirčke, večji del se jih nahaja v sklopu sistema izvira Sardoč, vode pa skozi nekatere manjše žile privrejo na dan tudi v bližini ostankov rimske vile. Skupni povprečni pretok te skupine izvirov je 1,9 m³/s. Gorvodno od kanala Lokovec so izviri Ližerc (Lisert) s pretokom 1,0 m³/s, ki deloma drenirajo Sabliško jezero. Pri Moščenicah je 8 izvirov s skupnim srednjim pretokom 0,5 m³/s. V zgornjem delu Sabliškega jezera je okrog dvajset glavnih vodnih žil, ki se z višine cestninske postaje vzpenjajo približno 1 km proti zahodu. Drugi izvir, ki ga sestavlja okrog petnajst izlivnih točk, je prisoten v zgornjem in zahodnem delu Prelosnega jezera (tudi Laško jezero). Ti izviri napajajo jezero in se iztekajo v umetni kanal močvirnatga ozemlja, ki prečka Sabliško jezero, od tod naprej pa voda delno odteka proti Moščenicam s skupnim povprečnim pretokom 1,2 m³/s. Še dlje proti zahodu so izviri Močile, ki se zbirajo v kanalu in po kratkem prehodu po površju poniknejo v požiralnik, od koder se vode stekajo v Prelosno jezero in proti Tržiču. V Tržiču so v okolici bolnišnice znane nekatere vodne žile, ki so zaradi urbanizacije prešle v pozabo, kljub temu pa ti vodni viri prispevajo povprečni pretok v višini 0,2 m³/s (Gemiti, 1984; 1995, Zini et al., 2014).

ne, nei pressi dell'ospedale, sono segnalate alcune polle ormai oblitrate dal tessuto urbano, cui è stata attribuita una portata media di 0,2 m³/s (Gemiti, 1984; 1995, Zini et al., 2014).

3.1.4 Le finestre sul percorso ipogeo

Sebbene si abbia una buona conoscenza sulle modalità con le quali le acque si infiltrano nell'acquifero e su come e dove esse emergano, risultano ancora per lo più ignoti i loro percorsi ipogei. I numerosi esperimenti di marcatura con traccianti hanno portato ad identificare molte connessioni tra i punti di immissione e le emergenze, ma il/i percorso/i vero/i e proprio/i probabilmente non verrà/verranno mai scoperto/i del tutto.

Grazie all'attività degli speleologi, nei quasi due secoli di esplorazioni sono state aperte alcune finestre che ci permettono di osservare alcuni brevi tratti del percorso ipogeo. Nel settore compreso tra S. Canziano e Opicina-Monrupino sono state aperte 5 cavità che intercettano il percorso sotterraneo del Timavo (il sistema Abisso delle tre generazioni-B3G Brezno treh generacij Abisso dei Serpenti-Kačna Jama, Grotta di Kanjaduce-Kanjaducah Jama, Abisso presso la dolina Stršinkna-Stršinkna Dolina, Abisso di Trebiciano-Labodnica e Grotta meravigliosa di Lazzaro Jerko).

Appena 2 km a valle di San Canziano le acque percorrono le profonde gallerie del sistema ipogeo Abisso delle tre generazioni - Abisso dei Serpenti a circa 140 m s.l.m. Una decina di km in linea d'aria ancora più a valle si trovano le altre quattro cavità a prevalente sviluppo verticale che a profondità comprese tra i 300 e i 350 m raggiungono i condotti carsici del Timavo le cui acque scorrono a circa 10 - 20 m s.l.m. L'Abisso di Trebiciano, la grotta più nota, è stata scoperta e resa agibile nel 1841, dopo mesi di duri lavori di scavo, da Antonio Federico Lindner nell'ambito delle ricerche sulle fonti di acqua potabile per la città di Trieste. È stata per lungo tempo la grotta esplorata più profonda al mondo, ha avuto ed ha un ruolo molto importante nelle indagini sull'idrogeologia carsica essendo divenuta, fin dagli inizi del '900, un importante laboratorio scientifico sotterraneo (Boegan, 1929).

Nel settore centrale fra Opicina-Monrupino e la zona delle sorgenti, probabilmente anche per il fatto che le principali vie di drenaggio si

3.1.4 Vodokazna brezna

Kljub dobremu poznavanju procesov, s pomočjo katerih voda pronica v vodonosnik, in načina ter mest, na katerih voda privre na dan, ostajajo še vedno neznanke glede podzemnih tokov. Številni sledilni poskusi so prispevali k identifikaciji mnogih povezav med točkami ponora in izvira, vendar dejanski potek tokov najbrž nikdar ne bo v celoti poznan.

Jamarji so s svojimi raziskovanji skozi skoraj dve stoletji odkrili nekaj vodokaznih brezen, preko katerih lahko opazujemo krajše odseke podzemnih kraških tokov. V področju med Škocjanskimi jamami in Opčinami-Repentabrom je bilo odkritih 5 brezen, v katerih je mogoče doseči podzemni tok reke Timave (B3G-Brezno treh generacij/il sistema Abisso delle tre generazioni - Kačna jama/Abisso dei Serpenti, Jama v Kanjaducah/Grotta di Kanjaduce, Brezno v Stršinkni dolini/Abisso presso la dolina Stršinkna, Jama Labodnica/Abisso di Trebiciano in Jerkova jama/Grotta meravigliosa di Lazzaro Jerko).

Komaj 2 kilometra naprej od Škocjana se vode pretakajo skozi globoke galerije podzemnega sistema Brezno treh generacij - Kačna jama na nadmorski višini približno 140 m. Nekoliko nižje so na razdalji okrog desetih kilometrov zračne linije ostala štiri brezna, ki se skoraj v celoti širijo navpično navzdol ter se na globini med 300 in 350 m spojijo s kraškimi kanali reke Timave na nadmorski višini okrog 10 do 20 m. Jama Labodnica, najbolj poznana jama, je bila odkrita in urejena za ogled leta 1841 po nekajmesečnih težkih delih izkopavanja, ki jih je v okviru raziskovanja virov pitne vode za potrebe mesta Trst vodil Antonio Federico Lindner. Dolga leta je veljala za najglobljo raziskano jamo na svetu, v preteklosti pa tudi še danes je obdržala pomembno vlogo pri raziskovanju kraške hidrogeologije, saj je že v začetku 1900 postala osrednji podzemni znanstveni laboratorij (Boegan, 1929).

V osrednjem delu med Opčinami-Repentabrom in območjem izvirov je bilo najbrž zaradi dejstva, da se glavni izviri nahajajo pod morsko gladino, odkritih samo nekaj brezen, dna katerih se napolnijo z vodo v obdobjih visokega vodostaja in ob povečanem pretoku v požiralnikih pri Škocjanu (Velika jama, Repensko brezno, Veliko brezno, Jama Lindner, Dolenjca jama, Drča jama in Jerkova jama).

Še slabše poznane so drenažne poti v območju soškega krasa, kjer

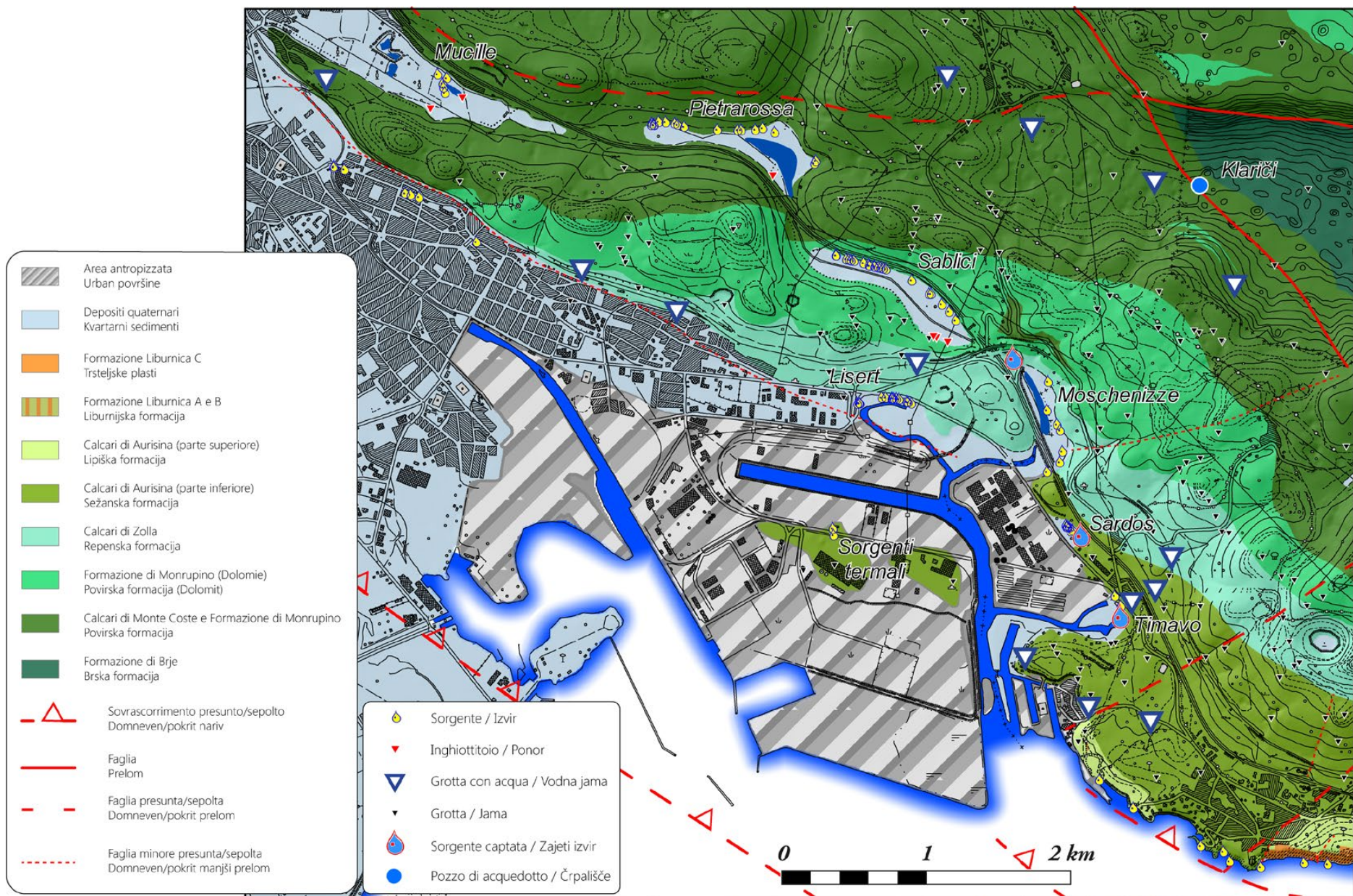


Figura 3.3
La geologia dell'area delle sorgenti.

Slika 3.3
Geologija območja ob izviroh.

trovano al di sotto dell'attuale livello del mare, sono state scoperte solo alcune cavità il cui fondo si allaga durante i periodi di piena ed in concomitanza con l'aumento delle portate all'inghiottitoio di San Canziano (Grotta Gigante, Abisso di Rupingrande, Abisso Massimo, Grotta Lindner, Dolencja Jama, Drca Jama e Lazzaro Jerko).

Ancor più sconosciute sono le vie di drenaggio nel settore del Carso isontino, dove tra Gabria e Doberdò (Figura 3.4) il solo Abisso Samer dovrebbe allagarsi durante le principali piene e nel tratto tra Doberdò e le sorgenti solo tre grotte (Grotta Andrea, Pozzo presso Jamiano e Ca-

se med Gabrijami in Doberdobom voda pojavlja le v breznu Samer ob visokem vodostaju. V odseku med Doberdobom in izviri pa le tri jame (Andrejeva jama, Jameljska jama in jama Komarje) dosežejo glavni vodni tok in občasno omogočajo dostop v mrežo podzemnih voda. V neposredni bližini izvirov se nahajajo številne znane in dobro raziskane manjše jame ter brezna, ki dosežejo kraški vodonosnik (Veliko brezno-Ferrovja, Devinsko brezno, Golobja jama, jama pri ribogojnici Timave, Timavska jama, Nova jama pri Ribiškem naselju, vrtina Štivan pri Devinu).

Figura 3.4
Il Lago di Dobredò in fase di piena.

Slika 3.4
Doberdobsko jezero ob visokem vodostaju.



vernetta di Comarie) raggiungono le acque di base e danno accesso a brevissimi tratti del reticolo di drenaggio ipogeo. Negli immediati pressi delle sorgenti sono note ed esplorate diverse piccole cavità che raggiungono la falda carsica (Pozzo della Ferrovia, Pozzo di Duino, Cavernetta 2 presso le fonti del Timavo, Pozzo dei Colombi, Grotta della Peschiera del Timavo, Grotta del Timavo, Grotta nuova del Villaggio del Pescatore, Pozzo presso San Giovanni di Duino).



3.2 Hidrogeološka karta klasičnega Krasa

Na osnovi pregleda obstoječe literature in rezultatov terenskih raziskav v sklopu Projekta HYDROKARST je bila izdelana Hidrogeološka karta vodonosnika klasičnega Krasa (Priloga 3). Ta karta, ki v glavnem temelji na kartah v merilu 1:5.000, je trenutno uporabna v merilu 1:25.000 in predstavlja osnovo za različne hidrogeološke analize ter za upravljanje in varovanje vodonosnika.

Na hidrogeološki karti, ki prikazuje različne geološke enote, razvrščene v posamezne skupine glede na njihovo hidravlično prevodnost, so bili glede na razpokanost in zakraselost določeni 4 razredi prepustnosti kamnin, glede na poroznost 5 razredov prepustnosti sedimentov.

Zemljevid prinaša informacije o dostopu do podzemnih vodnih tokov; ločeno so prikazani vhodi v votline, ki vodijo do podtalnice, brezna, piezometri in izviri.

Rezultati sledilnih poskusov, izvedenih skozi različna časovna obdobja, so bili georeferencirani in prikazani z linijami, ki povezujejo točke injiciranja s točkami vodnih virov, kjer se je sledilo pojavilo.

Da bi omogočili razumevanje zakrasevanja in načinov infiltracije površinske vode, so bili natančno določeni najpomembnejši požiralniki in vhodi vseh večjih jam, ki so vpisane v slovenskem ali italijanskem katastru. Izrisani so bili tudi topografski načrti večjih jam klasičnega Krasa.

Kot dopolnilo karti so bile izdelani geološki profili (Slika 2.5), ki omogočajo tridimenzionalni prikaz vodonosnika.

Razredi prepustnosti kamnin

Razred z zelo visoko prepustnostjo dobro zakraselih kamnin

Čisti apnenci s fosili, masivni ali plastoviti, z decimetrsko do metrsko debelino plasti, ponekod masivne apnenčaste breče. Enota zajema Brsko, Povirsko in Repensko formacijo ter nabrežinske apnenice (Sežansko in Lipiško formacijo) kredne starosti ter kenozojske trsteljske plasti (Liburnijski apnenci s foraminiferami) in alveolinsko-numulitne apnenice.

Razred z visoko prepustnostjo dobro zakraselih kamnin

Čisti apnenci s fosili z decimetrsko do metrsko plastovitostjo, apnenčas-

3.2 La Carta Idrogeologica del Carso Classico

Sulla base delle informazioni desunte da bibliografia e dei rilievi eseguiti ad hoc nell'ambito del Progetto HYDROKARST, è stata redatta la Carta idrogeologica dell'acquifero del Carso Classico (Tavola 3). Questa carta, anche se redatta in gran parte sulla base di rilievi eseguiti alla scala 1:5.000, è significativa per il momento solo alla scala 1:25.000 e rappresenta il punto di partenza per qualsiasi analisi idrogeologica e la base per qualsiasi considerazione sulla gestione e la protezione dell'acquifero.

Nella Carta idrogeologica, che riporta gli areali di affioramento delle formazioni geologiche presenti, opportunamente raggruppate in funzione delle loro caratteristiche di conducibilità idraulica, sono state riconosciute 4 classi di permeabilità per fratturazione e carsismo nelle unità rocciose e 5 classi di permeabilità per porosità nei depositi sciolti.

Nella carta sono riportate le informazioni relative ai punti di accesso alle acque sotterranee distinguendo gli ingressi delle cavità che raggiungono la falda, i pozzi, i piezometri e i punti di sorgenza. I risultati dei tracciamenti eseguiti nel tempo sono stati georeferenziati, congiungendo con linee rette i punti di iniezione e i punti acqua in cui il tracciante è stato rilevato.

Per aiutare la comprensione della carsificazione e delle modalità di infiltrazione delle acque superficiali sono stati ubicati anche gli inghiottitoi più importanti o significativi e gli ingressi delle grotte note presenti nei catasti sloveno ed italiano. Sono stati inoltre riportati i rilievi planimetrici delle cavità più estese del Carso Classico.

A corredo della Carta sono state elaborate alcune sezioni geologiche (Figura 2.5) che consentono una visione tridimensionale dell'acquifero.

Classi di permeabilità delle rocce

Classe a permeabilità molto alta delle unità molto carsificate: calcari fossiliferi puri, a stratificazione da netta ad indistinta, da decimetrica a metrica, talora brecce calcaree a stratificazione indistinta. L'Unità comprende le formazioni cretache di Brje, dei Calcari di Monte Coste e di Monrupino (Povir), dei Calcari di Zolla (formazione di Repen), dei Calcari di Aurisina (formazioni di Sežana e Lipica) e quelle cenozoiche del Liburnico C (formazione di Trstelj) e dei Calcari ad Alveoline e Nummuliti.

te breče in lapornati apnenci. Sklop zajema kenozojsko Liburnijsko formacijo ter številne stopnje in lečaste oblike ploščastih krednih apnencev (Komenski apnenec) med Povirsko in Repensko formacijo ter nabrežinskimi apnenci (Sežanska in Lipiška formacija).

Razred s srednjo prepustnostjo srednje zakraselih kamnin

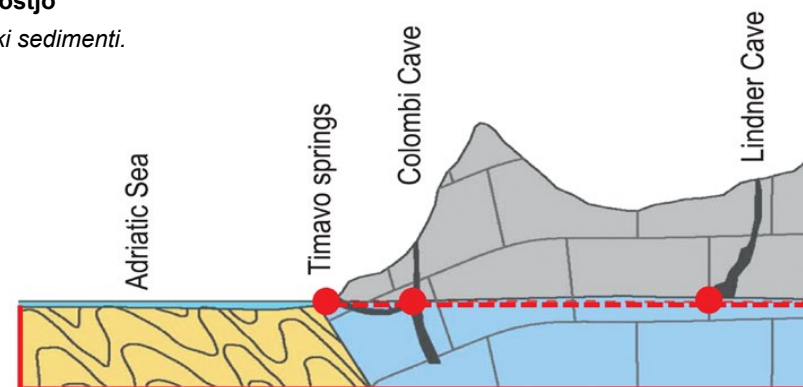
Dolomiti, apnenčasti dolomiti in dolomitne breče z decimetrsko do metro plastovitostjo, ponekod masivni. Skupina zajema vse bolj ali manj dolomitne enote Brske in Povirske formacije.

Razred z nizko prepustnostjo

Lapornati apnenci, laporji, apnenci z roženci, menjavanje laporovca in peščenjaka. Skupina zajema enote prehodnih apnenčastih plasti in fliša.

Razredi prepustnosti sedimentov

- **Razred z zelo visoko prepustnostjo**
prod, grušč.
- **Razred z visoko prepustnostjo**
prod in pesek, pesek.
- **Razred s srednjo prepustnostjo**
meljasti pesek, prod in meljasti pesek.
- **Razred z nizko prepustnostjo**
rečne naplavine.
- **Razred z zelo nizko prepustnostjo**
jerovica, glina in melji, močvirski sedimenti.



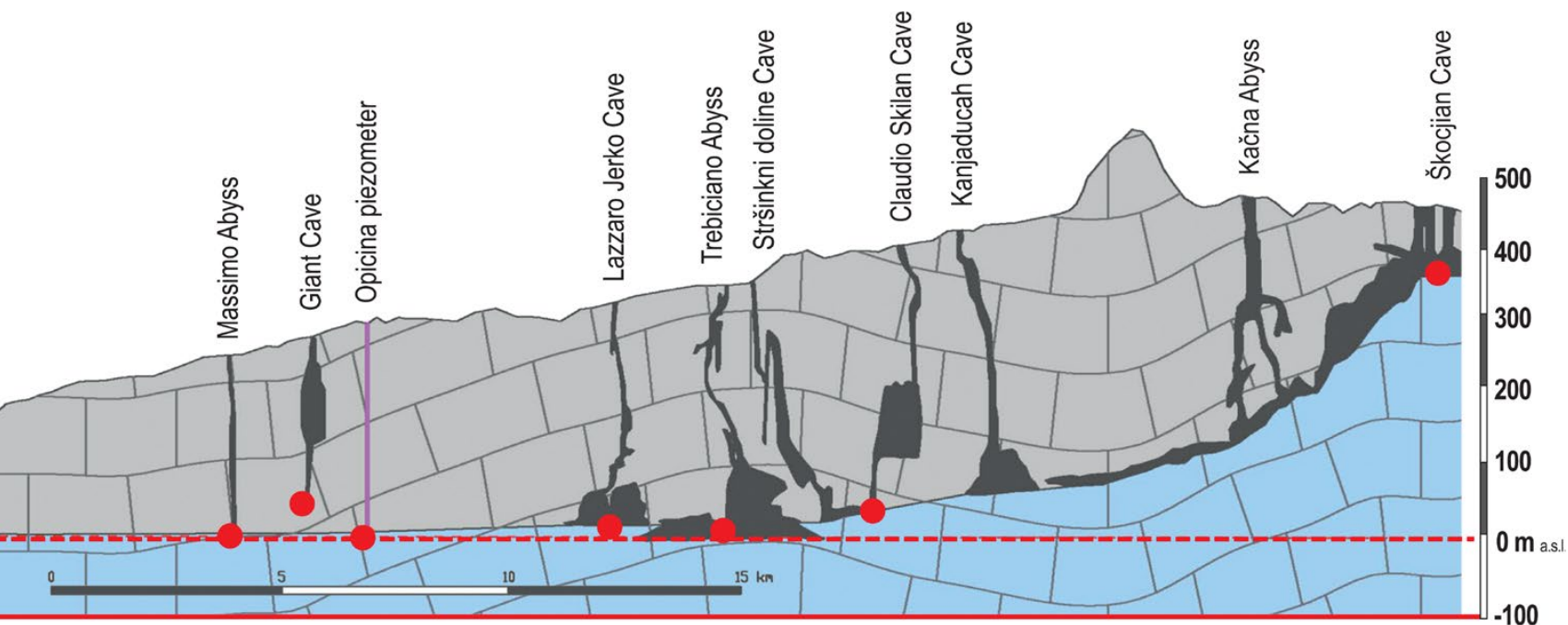
Classe a permeabilità alta delle unità carsificate: calcari fossiliferi puri, a stratificazione netta da centimetrica a decimetrica, brecce calcaree e calcari debolmente marnosi. L'unità comprende la formazione cenozoica liburnica e i numerosi livelli e corpi lenticolari di calcari tabulari (Calcari di Comeno e di Tomaj) cretacici compresi nei Calcari di Monte Coste e nella formazione di Monrupino (formazione di Povir), dei Calcari di Zolla (formazione di Repen) e nei Calcari di Aurisina (formazioni di Sežana e Lipica).

Classe a permeabilità media delle unità mediamente carsificate: dolomie, dolomie calcaree e brecce dolomitiche a stratificazione da decimetrica a metrica, spesso indistinta. Il gruppo comprende tutte le unità più o meno dolomitiche appartenenti alle formazioni di Brije e di Monrupino (formazione di Povir).

Classe a bassa permeabilità: calcari marnosi, marne, calcari con selce, alternanza di marne ed arenarie silicoclastiche. Il gruppo comprende le unità dei Calcari transizionali e la formazione del Flysch.

Classi di permeabilità dei depositi

- **Classe a permeabilità molto alta:** ghiaie, detriti di versante.
- **Classe a alta permeabilità:** ghiaie e sabbie, sabbie.
- **Classe a permeabilità media:** sabbie limose, ghiaie e sabbie limose.
- **Classe a bassa permeabilità:** depositi colluviali.
- **Classe a permeabilità molto bassa:** terre rosse, argille e limi, depositi palustri.



Stralcio di sezione del Carso Classico realizzata nella direzione del deflusso del Reka-Timavo. In nero le cavità che ne raggiungono le acque e in rosso i punti di monitoraggio.

Del prereza klasičnega Krasa v smeri toka Reke-Timave. S črno barvo so označene jame, ki segajo do gladine podzemnega vodonosnika, z rdečo barvo pa točke monitoriranja.



Campionamenti geochimici e microbiologici.

Geokemijsko in mikrobiološko vzorčenje.