

## Le Acque del Carso Classico

Franco Cucchi e Luca Zini

Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università di Trieste

[cucchi@units.it](mailto:cucchi@units.it), [zini@units.it](mailto:zini@units.it)

### Classical Karst waters

**ABSTRACT:** Classical Karst is approximately 900 km<sup>2</sup> and extends from SE of the Isonzo River to Postumia town and it is characterized by the large variety of karst features. For this reason, this area is the best example of karst worldwide. Classical Karst hydrogeological model has been subdivided in three different sectors: one in which the surface waters become underground and therefore feed the deeper karst aquifer, one in which these waters moves in the deeper part of the aquifer and are nourished by local precipitation and one in which these waters finished in the Adriatic Sea or in local springs that feed several small lakes and the large spring of Timavo River.

Classical Karst is marked by deep and well developed karstic features. In fact, in the Italian part of the Classical Karst more than 3000 caves have been found. Of these, 150 are more than 100 m developed and ten of them are extended more than 1000 m. In addition, in this area of the Karst, 80 dolines with a diameter of more than 100 m are present and limestone karren pavements extend for several km<sup>2</sup>. Six kilometers after the Skocjan sinkhole, the Timavo underground waters run into the deeper galleries of the Abisso dei Serpenti (Kačna Jama) located at 140 m a.s.l. Approximately 15 km southward, the Timavo waters runs at 10-20 m a.m.s.l. in the deepest part of four vertical cavities that are 300 to 370 deep and are located approximately 20 km northward of the resurgence area. One of these, the abyss of Trebiciano, has been known for long time, whereas the others named Grotta of Kanjeduce, the abyss of the Strsinkna doline and the Grotta Meravigliosa di Lazzaro Jerko have been discovered recently. The spring system is formed by the Timavo Spring located in San Giovanni of Duino, the Doberdò and Pietrarossa Lakes and by small springs that feed the Lisert and Moschenizze channels (for a total area of 30 km<sup>2</sup>) and by the coastal-marine springs along the Trieste's Gulf and Duino Aurisina villages (approximately 8 km). The waters in these spring system are from different aquifers that are interconnected between them and have an average discharge capacity of 40 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> and a maximum of 175 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>.

Hydrochemically these waters have similar ion concentrations. However, changes have been found in the water hardness and in chlorine quantities. This data together with the oxygen stable isotope results allow to divide them into:

- *Timavo Spring*, with Alto Timavo waters (Reka River);
- *Sardos e Moschenizze Sud Springs*, feed by the Isonzo River waters and with waters from the Alto Timavo only during floods;
- *Sablici, Moschenizze Nord, Lisert Springs and Doberdò Lake*, characterized by a dual water source: from the Timavo River and from Isonzo River with a marked increment of these waters towards Moschenizza Nord and Doberdò Lake;
- *Aurisina Spring*, nourished by karstic waters and with a small contribution from the Alto Timavo.

**KEYWORDS.:** Classical Karst, karst hydrogeology, discharge rates

### Premessa

Le Risorgenze del Timavo rappresentano nell'immaginario collettivo la fuoriuscita, spesso impetuosa, delle acque contenute nelle cavità del Carso Classico (che comprende il Carso sloveno, quello triestino e quello isontino o monfalconese) che sono a loro volta alimentate dal "Timavo" epigeo (che gli sloveni chiamano "reka Reka", cioè "fiume Fiume", dato che il vocabolo slavo reka significa appunto fiume) che si inabissa nell'imponente inghiottitoio di San Canziano (Skocjanske Jame).

In verità, dal punto di vista idrogeologico, le Risorgenze sono uno dei punti acqua di una complessa idrostruttura: un altopiano di forma quasi rettangolare, che

ha uno spessore carsificato di almeno 500/600 metri e che si estende per circa 600 km<sup>2</sup>, allungato in direzione SE-NW per una quarantina di chilometri.

### Caratteristiche geologiche generali

Il "Carso Classico" è una vasta unità morfocarsica che si estende a SE dell'Isonzo fino a Postumia, caratterizzata dalla presenza di tutte le forme carsiche epigee ed ipogee possibili, sempre con densità, ampiezza e tipologia tali da aver fatto dell'area (circa 900 km<sup>2</sup> in tutto) il simbolo universale delle fenomenologie carsiche.

Il Carso appartiene, per quanto attiene l'evoluzione geologica in senso lato, alla "piattaforma carbonati-

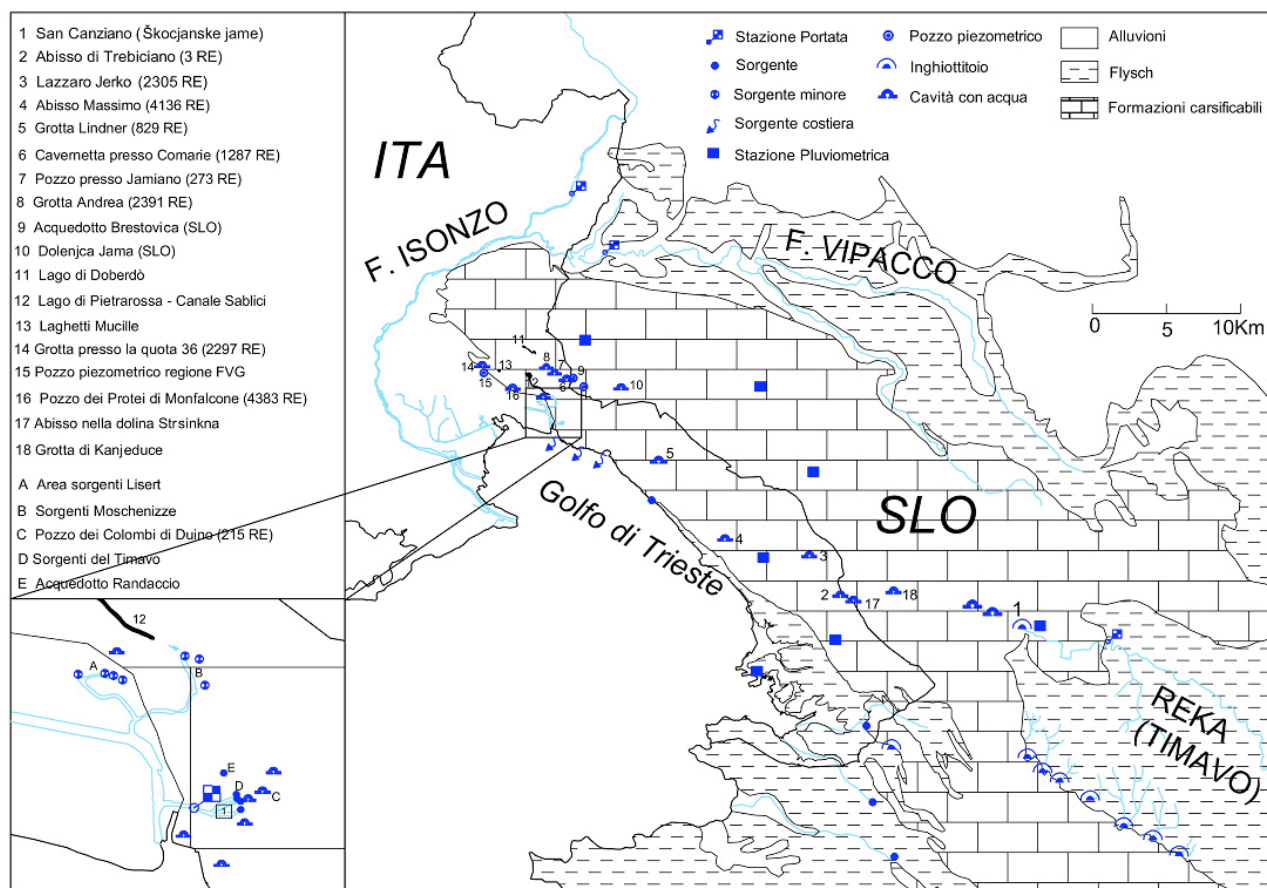


Fig. 1 - Schema dei principali punti acqua nel Carso Classico

*Water points of the Classical Karst area*

ca carsico-friulana", propaggine settentrionale della "piattaforma Adriatica". Dal punto di vista litologico, la piattaforma è data da una potente successione di rocce prevalentemente carbonatiche, di età da triassica nella zona di radice a eocenica al tetto della serie, sovrastata da una successione clastica quarzoso-feldispato-calcareo (Flysch).

Dal punto di vista strutturale il Carso fa parte di un'ampia unità geologica detta "piattaforma di Comeno", caratterizzata da un'anticlinale debolmente asimmetrica con asse a direzione NW-SE (passante indicativamente per Doberdò del Lago -Italia-, Goriano, Sesana, M. Straza -Slovenia-), complicata da una serie di pieghe secondarie (ad asse sub parallelo a quello principale) e da alcune faglie. Di queste ultime, le principali sono orientate parallelamente alla struttura maggiore e dislocano parte dei fianchi individuando modesti graben e horst sub paralleli.

Nel Carso triestino, che ospita le Risorgenze e parte dell'acquifero, affiorano litotipi carbonatici (calcari e, subordinatamente, dolomie) di età compresa tra il Cretacico superiore e l'Eocene inferiore, che costituiscono il fianco meridionale dell'anticlinale caratterizzato da una flessura che verso SW presenta lo-

cali movimenti disgiuntivi. L'inclinazione degli strati ha valori medi compresi tra 10° e 30° verso SW, mentre lungo il margine dell'altopiano, nelle zone di Duino e Monte Grisa, gli strati diventano subverticali e, talora, rovesciati. L'asse dell'anticlinale ruota debolmente in senso antiorario nella zona Monrupino - Basovizza, dove sono presenti alcune faglie trascorrenti con deboli rigetti orizzontali e verticali. Questa rotazione è accompagnata da una parallela rotazione della direzione delle giaciture e da una serie di blande ondulazioni che preludono verso SE alle complicazioni plicative e disgiuntive della Val Rosandra e della zona di Pese (Slovenia).

**I caratteri idrogeologici del Carso**

Il modello idrogeologico corrispondente riconosce in linea di massima tre settori idrogeologicamente significativi: uno in cui le acque passano da epigee (in quanto defluenti in valli non carsiche) a ipogee (in quanto inghiottite in profondità) e vanno ad alimentare le acque di fondo carsiche; uno (in pratica l'altopiano carsico) in cui queste acque scorrono in profondità con articolati percorsi lungo vie di drenaggio



Fig. 2 - Il Fiume Reka attraversa le doline di crollo di San Canziano

*The Reka (Alto Timavo) River running between Skocjan collapse dolines*

più o meno incarsite e sono ulteriormente incrementate dal percolio legato all'alimentazione superficiale dipendente dalle precipitazioni; uno più prettamente sorgentifero in cui le acque vengono alla luce e/o defluiscono in mare. Quest'ultimo settore corrisponde all'area che ospita un paio di laghi e numerose sorgenti, fra cui le Risorgenze del Timavo.

La piovosità media nel Carso Classico e nel bacino del Vipacco varia da 1000 mm/anno lungo la costa a 1800 mm/anno circa all'interno. A questa piovosità corrisponde un tasso di evapotraspirazione medio che varia da 450 a 750 mm. Il bacino del fiume Reka vede in circa 2000-2600 mm/anno la piovosità media, mentre valori di piovosità decisamente più alti competono al bacino montano dell'Isonzo nel quale prevalgono tassi di piovosità intorno ai 2000 mm/anno con ampie aree a piovosità superiore ai 3200 mm/anno.

La piovosità media annua sul Carso triestino è di 1350 mm, con picchi giornalieri di 105 mm nel mese di novembre. I massimi valori di piovosità si registrano in autunno, nel mese di novembre, quelli minimi in inverno, nel mese di febbraio; i giorni di pioggia sono mediamente 115 all'anno, 11 sono le

giornate caratterizzate da precipitazioni nevose, 4 quelle contraddistinte da grandine; il valore massimo delle precipitazioni registrato nell'arco delle ventiquattro ore è di 200 mm. La temperatura presenta durante i mesi invernali un valore medio intorno a +3,5 °C e durante i mesi estivi un valore intorno ai +19,5 °C; la media annuale risulta di 12 °C. Negli ultimi 150 anni, sull'altopiano triestino è stata registrata la temperatura minima di -19,3 °C, mentre la temperatura massima rilevata nello stesso periodo è di +35,2 °C; nell'arco dell'anno si registrano valori inferiori ai 0 °C in media per 70 giorni.

Il Carso Classico sul suo bordo settentrionale e orientale viene alimentato da sistemi di inghiottitoi che si possono suddividere dal punto di vista idrodinamico in due sottosettori, quello sudorientale ad inghiottitoio "puntuale" di San Canziano (un areale di pochi km<sup>2</sup> in Slovenia) e quello nordoccidentale ad assorbimento "lineare" lungo il bordo settentrionale del Carso isontino al contatto con i fiumi Isonzo e Vipacco.

Il primo sottosettore è alimentato dalle acque competenti al bacino idrografico superficiale del fiume Notranjska Reka (Timavo superiore) che ha

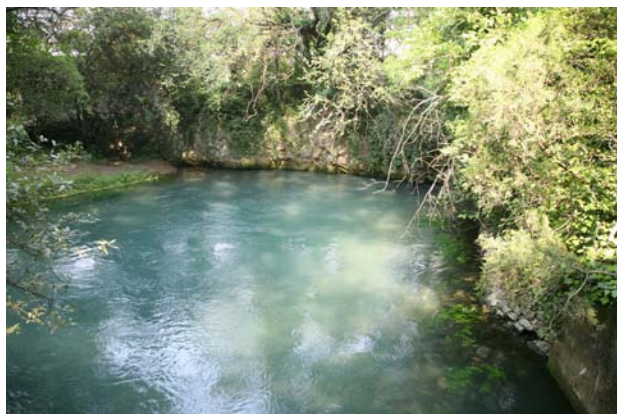


Fig. 3 - Una delle sorgenti del Timavo

#### *One the Timavo Springs*

un'estensione di circa 440 km<sup>2</sup>. Il Timavo nasce sulle pendici del M. Dletvo al confine fra Slovenia e Croazia, con il nome di Reka, e scorre per una quarantina di chilometri su terreni marnoso arenacei fino all'abitato di Škocjan (San Canziano) ove viene inghiottito in un maestoso complesso di gallerie sotterranee (le Škocjanske Jame, monumento naturale iscritto nella lista del patrimonio mondiale dell'UNESCO). Il valore medio di portata 8 km a monte dell'inghiottitoio (stazione idrometrica di Cerkvenikov Mlin) nell'intervallo temporale 1961-1990 risulta essere di 8,26 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, con un minimo (18.08.1988) di 0,18 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> ed un massimo (16.05.1972) di 305 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Il secondo sottosettore è alimentato dalle acque raccolte nei bacini montani dei fiumi Soča (Isonzo) e Vipava (Vipacco), entrambi in territorio sloveno. Il bacino del fiume Isonzo è molto esteso (circa 1800 km<sup>2</sup> in Slovenia) ed articolato (l'asta principale ha un'estensione di circa 100 km) con acque molto

abbondanti data l'alta piovosità (nel 1924 sono stati misurati valori di 2500 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>). Quello del fiume Vipacco è meno esteso (circa 500 km<sup>2</sup>), ha apporto idrico minore (nel 1999 la portata media è stata di 14.2 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, la minima di 2,16 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> in settembre, la massima di 143 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> in febbraio) ed è in gran parte alimentato a sua volta da sorgenti carsiche poste al piede dell'Altopiano della Selva di Tarnova (Trnovski Gozd).

Le perdite laterali che alimentano l'acquifero carsico del settore isontino avvengono prevalentemente lungo un tratto lungo 5-6 km del fiume Isonzo subito a valle della confluenza con il fiume Vipacco: dal punto di vista quantitativo, gli inghiottitoi dovrebbero contribuire al sistema carsico con almeno 3 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> in media.

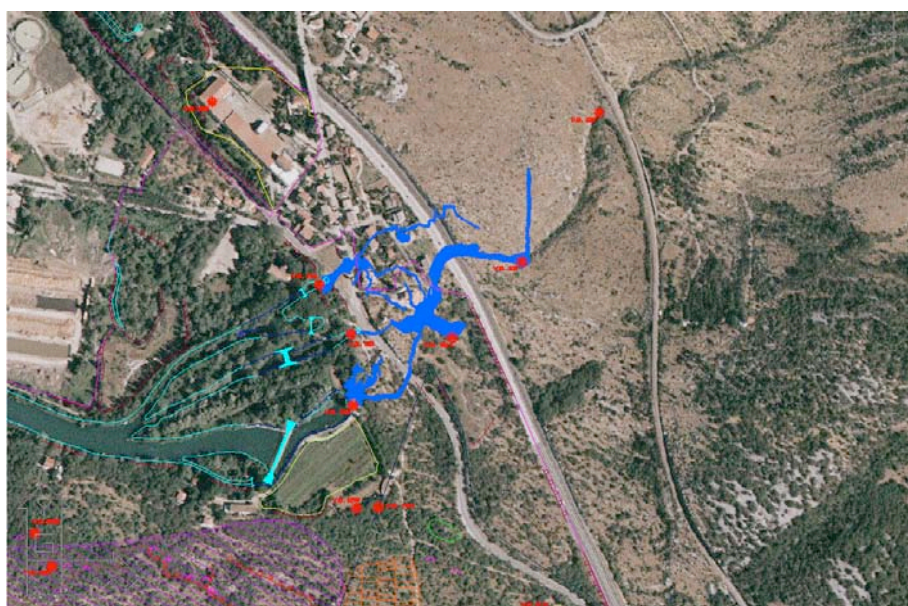
Il Carso Classico contiene quello che genericamente viene definito il reticolo del Timavo ipogeo che ha sicuramente uno sviluppo articolato, con numerose vie di drenaggio preferenziali e con frequenti variazioni di direzione dei deflussi principali.

Il Carso è intensamente carsificato e caratterizzato dalla presenza in superficie ed in profondità di morfotipi carsici particolarmente evoluti, frequenti e vari. Basti pensare che nel limitato settore di Carso italiano (circa 200 km<sup>2</sup>) sono note più di 3.000 cavità (delle quali più di 150 hanno sviluppo superiore al centinaio di metri, mezza dozzina si sviluppa per migliaia di metri), si aprono un'ottantina di doline ampie più di 100 metri, i campi solcati hanno uno sviluppo complessivo di alcune decine di km<sup>2</sup>.

Appena 6 km a valle dell'inghiottitoio di San Canziano, le acque del Timavo ipogeo percorrono le gallerie più profonde dell'Abisso dei Serpenti (Kazna Jama) a circa 140 m s.l.m. Ancora più a valle, una quindicina di km in linea d'aria secondo una direttrice SE-NW, altre sue acque percorrono, a cir-

Fig. 4 - L'area delle Risorgenze del Timavo, con le cavità note e la pianta del reticolo ipogeo rilevato dagli speleosubacquei

*The Timavo resurgence area, with the caves marked and the map of the Timavo hypogean waters mapped by the speleodivers*



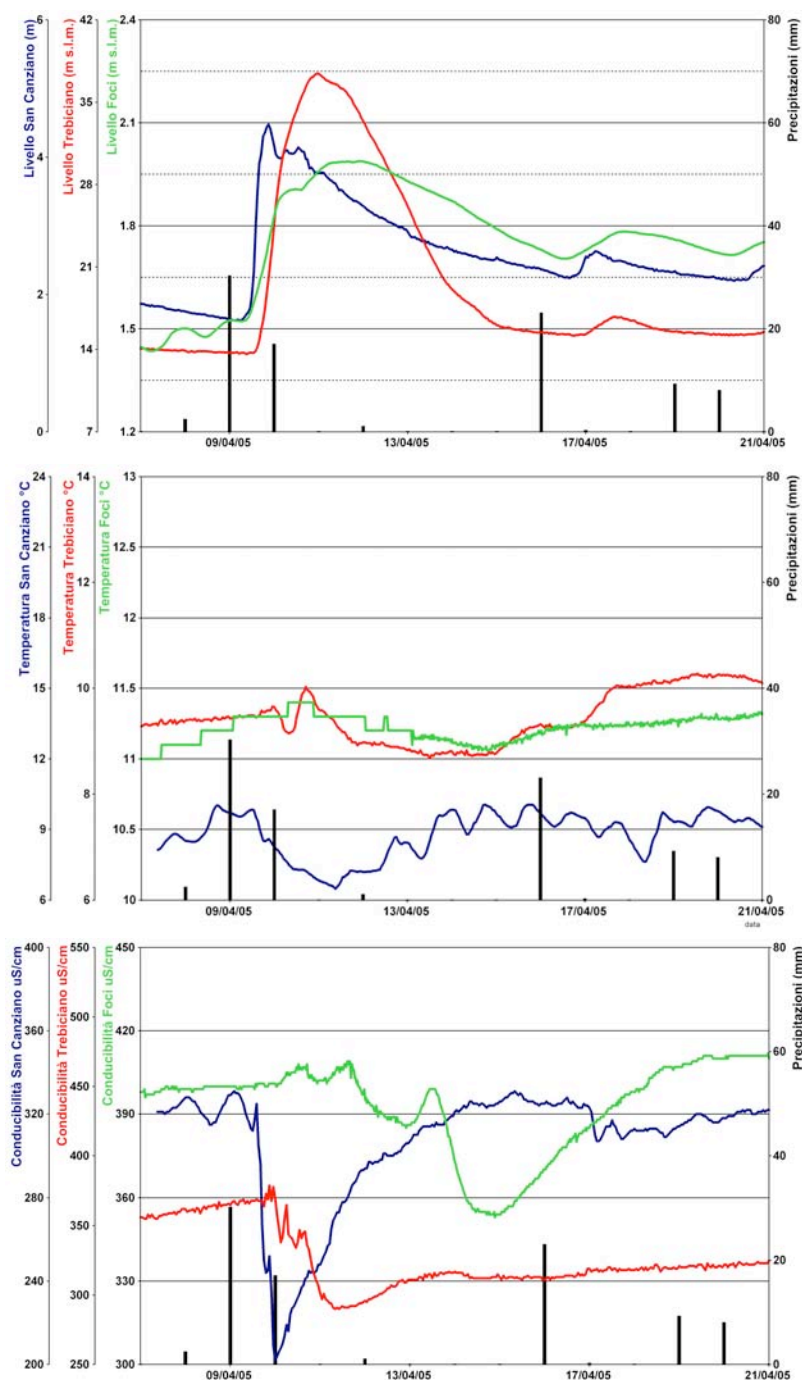


Fig. 5 - Andamento di livello, temperatura e conducibilità delle acque a San Canziano, a Trebiciano, alle risorgenti durante una piena nell'aprile 2005. Strumentazione DiSGAM, valori acquisiti ogni 30 minuti. Piogge nel periodo.

*Water levels, temperatures and conductivity in Skocjan, Trebiciano and Timavo springs during a 2005 flood. The instruments belong to DISGAM and data acquisition is every 30 minutes. In the lower graphs local precipitation are showed*

ca 10 - 20 m s.l.m. e per poche decine di metri, il fondo di quattro cavità sotterranee a sviluppo verticale profonde circa 300 - 370 metri che si trovano una ventina di km a monte delle risorgenti. Una, l'Abisso di Trebiciano, è nota da sempre, le altre, la Grotta di Kanjeduca, l'Abisso presso la dolina Strsinkna e la Grotta Meravigliosa di Lazzaro Jerko, sono state scoperte solo recentemente.

Il percorso ipogeo del Timavo dovrebbe avere uno sviluppo di almeno 70 - 80 km, con frequenti variazioni di direzione dei deflussi preferenziali. Il tempo di percorrenza in piena delle acque è di circa due giorni.

Il sistema sorgentifero è dato essenzialmente dalle Risorgenti del Timavo a San Giovanni di Duino, dai laghi di Doberdò e di Pietrarossa, dalle sorgenti minori che alimentano i canali Lisert e Moschenizze (un areale di una trentina di km<sup>2</sup>), dalle sorgenti marino-costiere sparse lungo la costa del Golfo di Trieste da Aurisina a Duino (circa 8 km). Si tratta di acque che provengono da acquiferi diversi ma idraulicamente interconnessi, con una portata complessiva media stimabile in 40 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, massima di circa 175 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>.

A San Giovanni di Duino le risorgenti del Timavo consistono in quattro polle raccolte in tre "rami" da

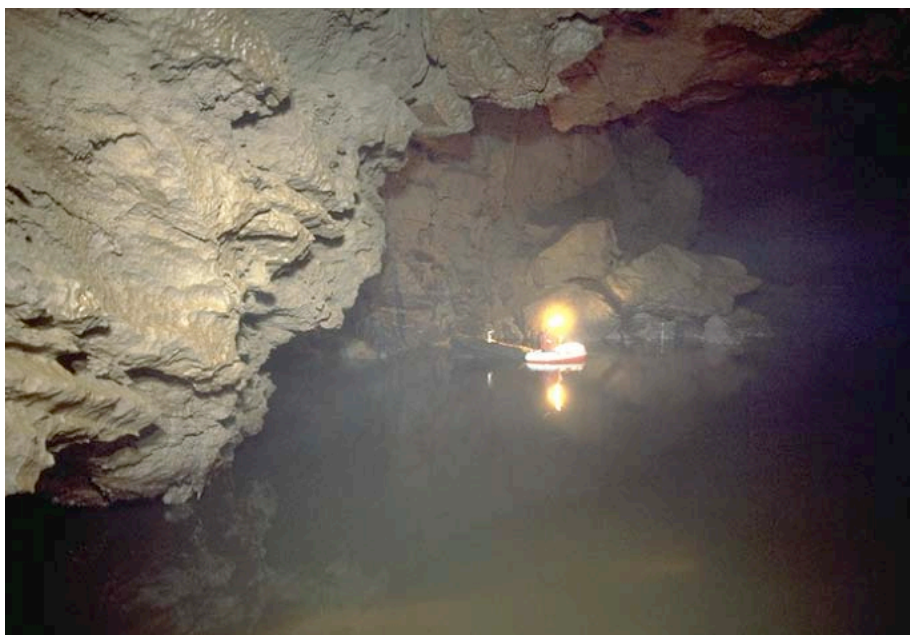


Fig. 6 - Il lago della Sala Lindner sul fondo dell'Abisso di Trebiciano

*The lake of the Sala Lindner in the Abisso of Trebiciano*

cui fuoriesce gran parte delle acque del bacino carsico del fiume: in media  $35 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , con minime di  $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  e massime di  $150 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Indagini speleosubacquee hanno messo in luce un articolato e complesso sistema di cavità allagate che sono state rilevate fino a -83 metri s.l.m. e per più di 1500 metri di sviluppo.

Il Lago di Doberdò (5 m s.l.m.) occupa il fondo di un polje e mette in luce le acque dell'acquifero carsico. Ha regime variabile in funzione della piovosità e degli apporti ipogei provenienti da Nord (prevalentemente dal fiume Isonzo).

Nei laghi di Doberdò e Pietrarossa leggere oscillazioni di livello in periodo di magra o di esaurimento sono correlabili alle variazioni idrometriche dell'Isonzo indotte dalla regimazione in territorio sloveno, il che dimostra l'influenza diretta dell'Isonzo sul regime idrico dei laghi. D'altro canto, il livello del lago di Doberdò non risulta influenzato dalle variazioni di marea che si verificano nel golfo di Trieste.

In sintesi, la zona satura, o meglio la superficie piezometrica della falda durante i periodi di magra o di normalità, è posizionata a quote che vanno dai 2 - 5 m s.l.m. in corrispondenza del settore sorgentifero di Ronchi dei Legionari - Jamiano - Sistiana, ai 12 - 13 metri nel settore a acque ipogee Prosecco - Opicina - Ferneti. Lo spessore della zona di oscillazione nel settore nord occidentale è di circa 3-4 metri durante le piene normali, 6-7 durante le piene eccezionali (di quasi 10 metri in Slovenia, di una ventina poco a nord, in corrispondenza dell'abitato di Jamiano). La superficie non è naturalmente continua, numerosi sono i volumi praticamente asciutti in cui i piani di discontinuità non sono sufficiente-

mente aperti e persistenti da consentire la presenza di acqua in movimento. La disomogeneità è anzi notevole, l'organizzazione e le dimensioni del reticolo decisamente "casuali", solo parzialmente guidati dalle caratteristiche geologiche, in specie quelle geostrutturali.

Durante i periodi di piena l'ampiezza della zona di oscillazione è, come detto variabile. Non solamente in funzione dell'entità della piena e del tipo di alimentazione, ma anche in funzione della velocità di trasmissione laterale dell'impulso. Non è detto infatti che i vuoti siano sufficientemente continui, collegati ed ampi da consentire a tutto il volume ipogeo di riempirsi sempre completamente. Resta il fatto che livelli piezometrici di 110 metri s.l.m. sono stati riscontrati nell'Abisso di Trebiciano e che livelli di alcune decine di metri sono segnalati nella Grotta di Lazzaro Jerko, nell'Abisso Massimo e nella Grotta Lindner, per citare alcune fra le cavità più profonde note.

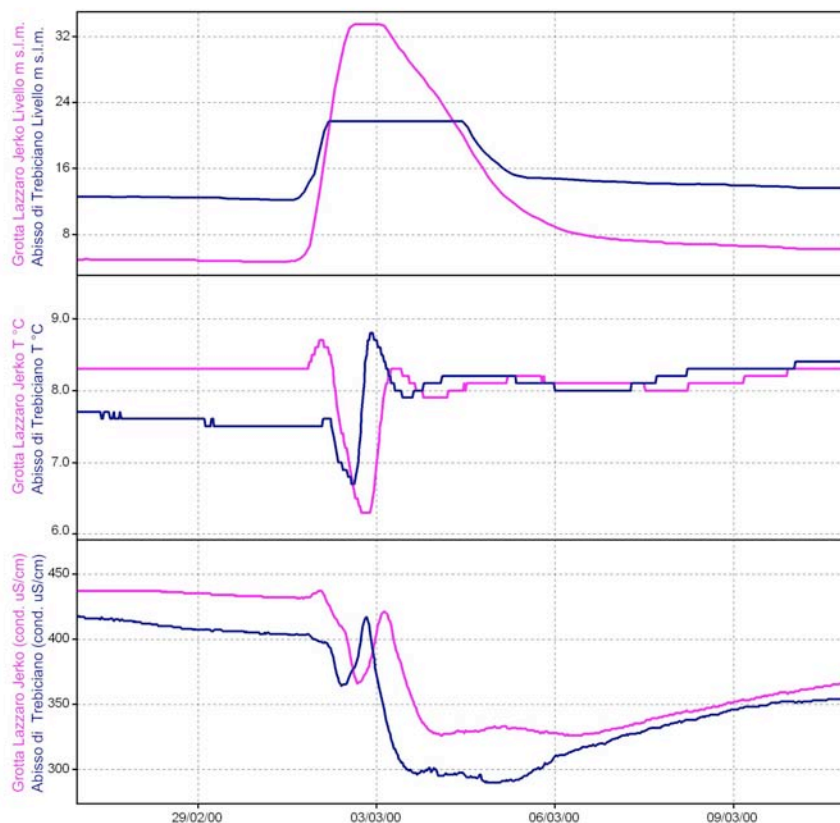
Gli studi riguardanti l'idrochimica delle acque sorgive del Carso monfalconese e triestino nord occidentale hanno risolto numerosi problemi relativi all'alimentazione delle sorgenti, fornendo risultati confermati anche dai dati geochimico isotopici.

Dal punto di vista idrochimico le sorgenti sono, in prima approssimazione, tutte abbastanza simili. Si riscontrano talora alcune differenze significative, nella fattispecie nei valori di durezza e di tenore dei cloruri, che permettono, come confermato anche dall'analisi degli isotopi dell'ossigeno, di classificarle in vari gruppi:

- *risorgenze del Timavo*, caratterizzate da un'alimentazione complessa e variabile in funzione del regime idrico. In piena prevale il contributo dell'Alto

Fig. 7 - Variazioni di livello, conducibilità e temperatura nell'Abisso di Trebiciano e nella Grotta di Lazzaro Jerko. La variazione di temperatura e conducibilità inizia sempre in ritardo (da 4 a 43 ore) rispetto all'inizio della variazione delle altezze. Esiste perciò una trasmissione dell'onda di piena per pressione accompagnata successivamente dall'arrivo dell'acqua di neo-infiltrazione

*Changes in level, conductivity and temperature in Trebiciano and Lazzaro Jerko. The lapse time of changes of temperature and conductivity is in the range 4-43 hours after the beginning of the rise of the water level. The flood pulse is transmitted as a variation of pressure and followed by the arrival of the new water*



Timavo (Reka), nei periodi di magra l'alimentazione carsica a cui si accompagna raramente un modesto contributo da parte delle acque isontine.

Le acque provenienti dall'Alto Timavo si riconoscono in base ai valori di durezza piuttosto bassi soprattutto durante gli eventi di piena. Presso San Canziano infatti, il calcio può presentarsi in concentrazioni di 42 mg/l e anche inferiori (considerando i valori minimi di conducibilità), ed il magnesio con concentrazioni di 3.2 mg/l; queste acque sono riconoscibili alle sorgenti in quanto causano la diminuzione della durezza e della conducibilità durante gli eventi di piena. Dall'inghiottitoio di San Canziano, che drena le acque dell'Alto Timavo, entrano acque che, dal punto di vista isotopico dovrebbero essere teoricamente contraddistinte da valori medi compatibili con precipitazioni cadute a quote prossime ai 600m s.l.m. (mediamente -8.0‰, con variazioni tra -6.7‰ e -8.15‰). Tuttavia sulle acque di provenienza dal bacino del Reka (Timavo Superiore) non sono state eseguite analisi mensili a lungo periodo, per cui questi valori vanno presi con prudenza.

Le acque della falda isontina invece, così definite in base ai campionamenti eseguiti in alcuni pozzi ubicati tra Isonzo e Carso monfalconese, sono caratterizzate da un contenuto di calcio più basso ed un più elevato contenuto di magnesio oltre che da tenori di solfati e di cloruri bassi rispetto a quelli delle

altre acque considerate.

I valori isotopici dell'ossigeno competenti all'Isonzo oscillano, in base ai rilievi mensili effettuati negli anni 1984 e 1985, tra -7.8‰ e -9.85‰. I valori minimi vengono raggiunti in concomitanza del disgelo a tarda primavera, mentre quelli massimi si manifestano in autunno quando l'alimentazione è affidata essenzialmente alle piogge che cadono sulla parte medio-inferiore del bacino poiché nello stesso periodo alle quote più elevate esse risultano esclusivamente nevose. L'andamento stagionale di questi dati costituisce una inversione rispetto all'andamento dei valori isotopici delle piogge locali del Carso, andando quindi a discriminare bene la presenza di acque isontine alle sorgenti, in particolare nelle fasi di magra.

- *sorgenti Sardos e Moschenizze Sud*, prevalentemente alimentate da acque di falda carsica. In magra sono alimentate da acque isontine e caratterizzate da apporti provenienti da San Canziano (Alto Timavo - Reka) solamente nel caso di piena.

- *sorgenti Sablici, Moschenizze Nord, Lisert e del Lago di Doberdò*, caratterizzate da una doppia alimentazione da parte delle acque carsiche e di quelle isontine. In particolare la percentuale delle acque isontine aumenta procedendo dalla sorgente Moschenizze Nord a quelle del Lago di Doberdò.

- sorgenti di Aurisina, alimentate da acque di fondo carsiche e sensibili ai contributi provenienti dall'Alto Timavo.

Simili a quelle drenate dalle sorgenti di Aurisina sono le acque di percolazione carsica, caratterizzate da un contenuto di magnesio piuttosto basso (2.6 - 6.8 mg/l), da concentrazioni di calcio (82 - 102 mg/l) più elevate e da una scarsa variabilità del rapporto tra magnesio e calcio nei diversi regimi idrici.

Un contributo alle acque di percolazione è rappresentato dalle acque di infiltrazione cadute sull'altopiano, le cui caratteristiche isotopiche medie mensili sono costantemente monitorate dal 1984 tramite due stazioni pluviometriche situate a Trieste (0 m s.l.m.) e a Basovizza (400 m s.l.m.). Nella prima il

$\delta^{18}\text{O}$  oscilla stagionalmente tra -2.85‰ e -12.3‰, mentre il valore medio annuale è -6.7‰; a Basovizza lo stesso parametro è invece compreso tra -3.4‰ e -14.5‰ ed il valore medio annuale è di -7.6‰ (valori medi calcolati nel periodo dal 1984 al 1996). Considerati tali valori e la differenza di quota che separa le due stazioni si può calcolare il gradiente isotopico dipendente dall'altitudine, che risulta essere di 0.22‰ / 100m.

Le sorgenti di Aurisina presentano valori isotopici piuttosto omogenei, con variazioni non molto ampie e, comunque non legate ad andamenti stagionali. Il valore isotopico medio risulta essere di -7.7‰, valore perfettamente correlabile con la composizione isotopica dell'acqua piovana raccolta presso il pluviometro di Basovizza.

## Bibliografia essenziale

Boegan E. (1938) - Il Timavo. Studio sull'idrografia carsica subaerea e sotterranea. Mem. Ist. It. Di Speleologia, Postumia-Trieste.

Cancian G. (1987) - L'idrologia del Carso goriziano-triestino tra l'Isonzo e le risorgive del Timavo. Studi Trentini di Sc.Nat., Trento, 64: 77-98.

Cucchi F., Casagrande G., Manca P., Zini L. (2001) - Il Timavo ipogeo tra l'Abisso di Trebiciano e la Grotta meravigliosa Lazzaro Jerko. Le Grotte d'Italia, s.V, Città di Castello (PG), 2: 39-48.

Cucchi F., Furlani S., Marinetti E. (2000) - Monitoraggio in continuo del livello del lago di Doberdò. Atti e Mem. della Comm. Grotte "E.Boegan", Trieste, 37: 143-153.

Cucchi F., Zini L. (2002) - Considerations on speleogenesis in the Trieste Classical Karst. Mem.Soc.Geol.It., 57: 481-486.

Doctor H.D., Lojen S., Hrovat M., (2000) - A stable isotope investigation of the classical Karst aquifer: evaluating karst groundwater components for water quality preservation. Acta Carsologica, Ljubljana, 29/1: 79-92.

Doctor H.D., Alexander Jr E.C., Petric M., Kogovsek J., Urbanc J., Lojen S., Stichler W. (2006) - Quantification of karst aquifer discharge components during storm events through end-member mixing analysis using natural chemistry and stable isotopes as tracers. Hydrogeology Journal, 7: 1171-1191.

Flora O., Galli G., Negrini L., Longinelli A. (1990) - Studio geochimico-isotopico di alcune sorgenti carsiche: un nuovo modello idrologico. Atti e Mem. della Comm. Grotte "E.Boegan", Trieste, 29: 83-102.

Galli M. (2000) - Il Timavo una sintesi idrogeologica. Cronaca della Società Alpina Friulana, Udine, LXXXII: 55-90.

Gemiti F. (1977) - Contributo alla conoscenza dell'idrologia sotterranea della pianura di Gorizia con particolare riferimento all'alimentazione della falda di Doberdò. Atti del 3° Conv. Reg. Spel. F.V.G., Gorizia: 279-290.

Gemiti F. (1994) - Indagini idrochimiche alle risorgive del Timavo. Atti e Mem. della Comm. Grotte "E.Boegan", Trieste, 31: 73-83.

Gemiti F., Licciardello M. (1977) - Indagini sui rapporti di alimentazione delle acque del Carso Triestino e Goriziano mediante l'utilizzo di alcuni traccianti naturali. Annali Gruppo Grotte XXX Ott., Trieste, VI: 43-61.

Guglia P. (1994) - Risultati esplorativi del Progetto Timavo (1990-1993). Atti e Mem. della Comm. Grotte "E. Boegan", Trieste, XXXI: 25-48.

Marussi A. (1975) - Geomorphology, Paleohydrography and Karstification in the Karst of Trieste and Upper Istria. Steirische Beitrage zur Hydrogeologie, Graz, 27: 45-63.

Morgante S., Mosetti F., Tongiorgi E., (1966) - Moderne indagini idrologiche nella zona di Gorizia. Boll. di Geof. Teor. e Appl., Trieste, VIII, 30: 114-137.

Mosetti F. (1989) - Il carsismo e l'idrogeologia carsica. Manifestazione nella regione F.V.G. Quaderni Ente Tutela Pesca del FVG n.17, Udine, 159 pp.

Mosetti F., D'Ambrosi C. (1963) - Alcune ricerche preliminari in merito a supposti legami di alimentazione tra il Timavo e l'Isonzo. Boll. di Geof. Teor. ed Appl., Trieste, V, n.17: 69-83.

Placer L. (1981) - Geologic structure of S.W. Slovenia. Geologija, Ljubljana, 24/1: 27-60.

Timeus G. (1928) - Nei misteri del mondo sotterraneo. Risultati delle ricerche idrologiche sul fiume Timavo 1895-1914, 1918-1927. Alpi Giulie, Trieste, XXIV (1): 1-39.