La ripresa del dopoguerra

Dopo la seconda guerra mondiale, per la prima volta un confine di stato divide il bacino del Timavo, tra l'altro senza alcun accordo internazionale sul regime giuridico di questo fiume, come invece viene fatto per l'Isonzo. Il confine corre lungo la dorsale mediana dell'altopiano (il presunto spartiacque sotterraneo già citato), per cui all'Italia rimarrà soltanto la fascia costiera del Carso triestino — corrispondente al "solco di Aurisina" — ed il Carso isontino.

Studi e ricerche proseguono separatamente, da parte italiana e da parte slovena, nei territori di propria competenza ed ancora una volta sono i progetti di grandi opere pubbliche a imprimere nuovo impulso alle conoscenze nel campo dell'idrologia carsica.

In Slovenia viene fondato nel 1947 l'Inštitut za Raziskovanje Krasa - S.A.Z.U. (Istituto per le Ricerche Carsiche dell'Accademia Slovena delle Scienze e delle Arti), di livello post-universitario, nella sede di Postumia già occupata dall'Istituto Italiano di Speleologia. Inoltre dedicano almeno un parte della loro attività allo studio dell'idrologia carsica l'Hidrometeorološki Zavod (Servizio Idrometeorologico), il Vodno Gradbeni Inštitut (Istituto per le costruzioni idrauliche) e il Geološki Zavod (Servizio geologico) di Lubiana. Vengono create in tal modo le premesse per realizzare la dovuta "accumulazione di conoscenza" che non tarda a dare concreti risultati; in particolare l'Istituto per le ricerche carsiche ha saputo coltivare nel suo campo una vera e propria scuola scientifica, di rilevanza internazionale.

A Trieste invece gli studi in questo settore rimangono sempre legati alla singola persona e non ad una specifica struttura di ricerca; soltanto saltuariamente e per brevi periodi si riescono a coagulare energie diverse, normalmente rivolte verso altri obiettivi, in un unico "lavoro di squadra".

Una prima occasione viene data dal Governo Militare Alleato, che come è noto amministra fino al 1954 la Zona A del Territorio Libero di Trieste. In previsione di una riconversione industriale dell'economia prevalentemente commerciale della città, viene avviato un nuovo ciclo di studi sulle risorse idriche disponibili, dapprima nella piana di Zaule, dove devono sorgere i nuovi insediamenti produttivi e successivamente sul retrostante altopiano del Carso. L'incarico di coordinare le ricerche per il nuovo acquedotto è affidato a Sergio Morgante[115], direttore dell'Istituto di Mineralogia dell'Università; collaborano l'Osservatorio Geofisico di Trieste appena costituito, la Sezione geo-speleologica della Società Adriatica di Scienze Naturali e

115. Morgante S. (1956): *Ricerche idrologiche nel Carso presso Trieste*, Rapports et procès verbaux de la reunion de Venise 1953, Commission pour l'exploration scientifique de la mer, 13:205-210.

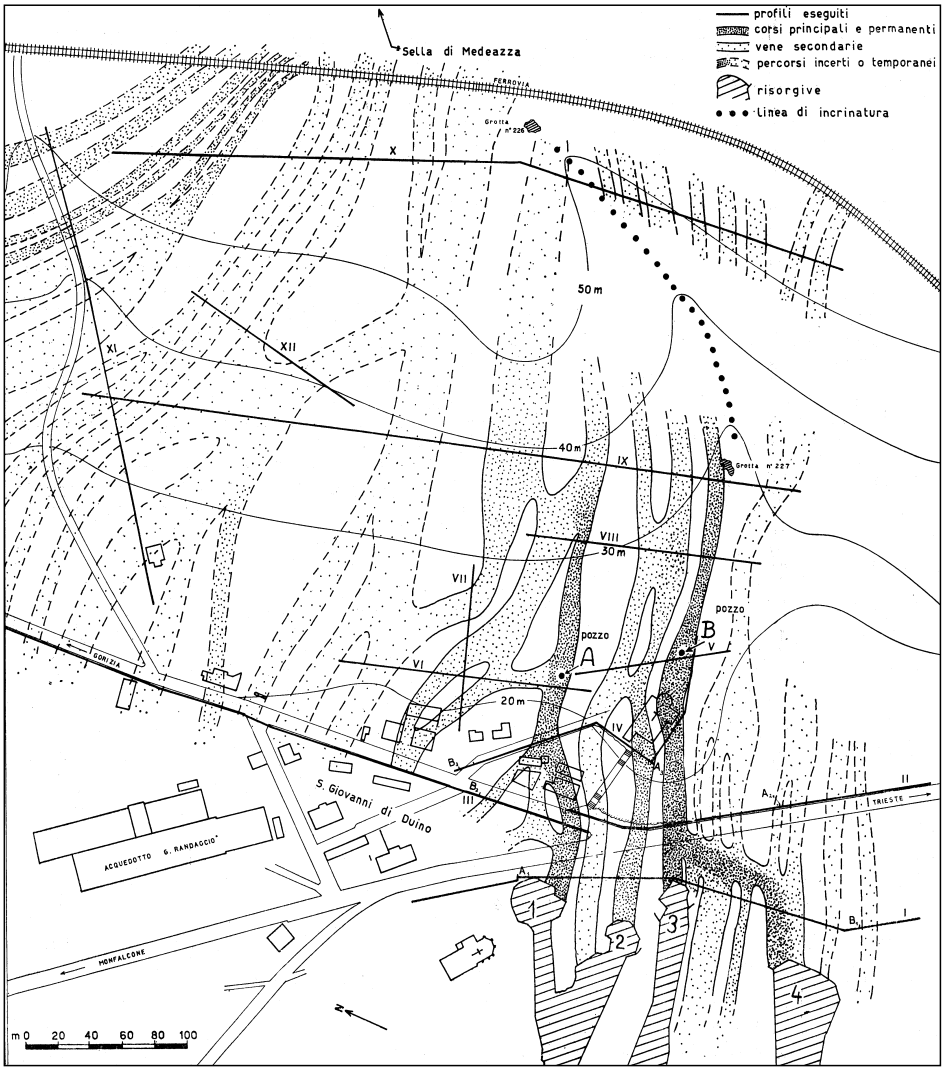
i geologi Roberto Malaroda dell'Università di Padova e Carlo D'Ambrosi, che sta ultimando il rilevamento del foglio Trieste della Carta Geologica delle Tre Venezie iniziato prima della guerra (dopo aver effettuato, alla fine degli anni Venti, il rilevamento del foglio Pisino).

I lavori iniziano nel 1951 con la perforazione di due pozzi geognostici (di ricognizione) nella piana di Zaule, dove l'anno prima Carlo Morelli ha eseguito una prospezione gravimetrica sperimentale, evidenziando l'andamento del substrato roccioso ed una sua profonda depressione davanti l'abitato di S. Dorligo. Nella piana è ancora in esercizio — fino al 1961 — l'acquedotto sussidiario realizzato durante la prima guerra mondiale dal Genio Militare austriaco e potenziato nel 1921 dall'amministrazione italiana: in tutto sette pozzi profondi una decina di metri che attingono nella falda idrica della piana alluvionale a poca distanza dal mare (da letti di "ghiaia acquifera" intercalati tra depositi di argilla) e forniscono un massimo di 6000 metri cubi giornalieri.

Viene quindi organizzata un'articolata indagine sulle acque carsiche, allo scopo di accertare l'esistenza di qualche altro corso sotterraneo più vicino alla città della grotta di Trebiciano o in alternativa, di stabilire se l'acqua di questa grotta — a monte di essa — si avvicini con qualche ansa al margine dell'altopiano. Nel 1952 l'Osservatorio Geofisico, diretto da Carlo Morelli, esegue una serie di rilievi gravimetrici sull'altopiano del Carso tra Opicina e la val Rosandra. Su questa vasta area si distribuiscono 611 stazioni gravimetriche alla distanza media di 250 metri l'una dall'altra, inquadrate in una livellazione di precisione (errori di quota superiori ai 20 centimetri potrebbero compromettere i risultati). Una serie di anomalie gravimetriche (difetti di densità) sembrano individuare una successione di grandi cavità naturali ancora sconosciute nei pressi di Basovizza e di Gropada, dove è presumibile la presenza del Timavo sotterraneo; tali cavità dovrebbero essere cospicue, in quanto i mezzi impiegati non consentono di mettere in evidenza vani larghi meno di 30 metri. Un altro allineamento di vuoti viene segnalato in prossimità del ciglione del Carso tra Opicina, Banne e Padriciano, a poca distanza dalla tamponatura impermeabile del flysch; potrebbe trattarsi del ramo principale del Timavo (nell'ipotesi che per la grotta di Trebiciano passi un suo affluente secondario) oppure di un presunto corso sotterraneo ancora ignoto (69). Anche questi risultati — come quelli già a suo tempo ottenuti da Emanuele Soler — sono però accolti in maniera molto cauta nell'ambiente scientifico[116].

---

116. Mosetti F. (1985): *Geofisica*, Enciclopedia Monografica del Friuli Venezia Giulia, 1. Aggiornamento, Udine, 123-200 (184).



Il delta sotterraneo del Timavo nella zona delle risorgive. Sono segnati i tracciati dei dodici profili geoelettrici in base ai quali è stata ricostruita la planimetria dei rami del fiume sotterraneo, verificata con la perforazione dei pozzi A e B che intercettano due canali, non intercomunicanti, a circa 25 metri di profondità; da: Mosetti F. (71).

L'Osservatorio Geofisico esegue successivamente un rilievo gravimetrico molto più dettagliato alle risorgive del Timavo, nell'ipotesi del loro sfruttamento per il raddoppio dell'acquedotto Randaccio (68). Su soli 20 ettari di superficie, fino alla linea ferroviaria Trieste - Monfalcone, si eseguono complessivamente 207 stazioni gravimetriche alla distanza media di 35 metri l'una dall'altra; l'interpretazione dei dati porta ad ipotizzare un complesso di ampie gallerie che costituiscono un vero e proprio delta di canalizzazioni sotterranee. Allo scopo di raffinare la ricerca nei dettagli, nel gennaio 1953 viene effettuato un rilievo geoelettrico nella medesima zona, poi ripetuto con un diverso metodo[117]. Come per il rilievo gravimetrico, l'interpretazione dei dati porta ad ipotizzare l'esistenza di molti rami che "in tutta la zona esaminata, non si riuniscono mai in uno solo, benché parecchi di essi siano in reciproca comunicazione ... Non vi è netta comunicazione neanche tra i rami più deboli posti a settentrione (alcuni dei quali alimentano l'acquedotto Randaccio) e i rami principali, sicché eventuali prese d'acqua pescanti in questi non dovrebbero influire sulla portata dell'acquedotto esistente" (71). Sulla base di questi rilievi, nell'ottobre 1953 vengono perforati due pozzi che intercettano le gallerie sotterranee — indipendenti una dall'altra — ad una profondità di circa 25 metri.

Nel quadro di questi studi, Carlo D'Ambrosi elabora una sua interpretazione geoidrologica del Carso di Trieste[118], considerandolo "un naturale serbatoio idrico molto frazionato, in cui l'acqua riempie fino ad un certo livello le infinite diaclasi e litoclasi intercomunicanti, più o meno allargate dal carsismo". D'Ambrosi osserva come l'enorme aumento di portata dalla grotta di Trebiciano alle risorgive del Timavo non si possa attribuire soltanto alla ritenzione idrica del Carso (drenaggio lento delle acque immagazzinate in periodi di abbondanti precipitazioni) e ripropone la vecchia teoria dell'affluente sotterraneo dal bacino di Castelnuovo, che sembra trovare nuove conferme nelle ipotesi paleoidrografiche di Antonio Marussi. Queste acque passerebbero sotto la val Rosandra, sotto la zona di Basovizza e quindi "nel sottosuolo di Padriciano e di Trebiciano, favorite in ciò dalla direzione dei giunti stratigrafici e dalla più intensa fratturazione del suolo nella zona della flessura. Così, oltrepassata Opicina e impedite dalla copertura marnosa laterale di gettarsi subito a mare, andrebbero a confluire con quelle del Timavo ipogeo. Questa fusione avverrebbe tra Opicina Campagna e Monrupino ove il Solco di Trebiciano si con-

---

117. Mosetti F. (1954): *Una disposizione elettrodica per l'identificazione di anomalie sotterranee fortemente differenziate dal mezzo che le contiene, mediante la localizzazione del loro asse elettrico*, "Metano", Padova, 8(10) (estr. di 6 pp.)

118. D'Ambrosi C. (1953): *Osservazioni geo-idrologiche preliminari presso Trieste*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali", Trieste, 46/1951-52:75-90.

giunge a quello di Lipizza per formare il più ampio Solco di Aurisina. È da rilevarsi che proprio in questa zona di unione, la speleologia ci segnala un particolare e caratteristico accentramento di profondi abissi, nonché qualche abisso soffiante". D'Ambrosi fa riferimento agli studi di Eugenio Boegan soltanto per utilizzare i dati delle portate, nel tentativo di elaborare un bilancio idrico del sistema del Carso; perde però di vista i punti essenziali della sua interpretazione del fenomeno, per seguire invece lo schema "scolastico" — e per certi aspetti fuorviante — riproposto da Antonio Marussi dieci anni prima nel lavoro sul Paleotimavo (sul quale avremo modo di ritornare in seguito): "per i fiumi ipogei non si deve immaginare, come per quelli subaerei, un corso continuo ben delineato entro un letto, una galleria o una rete di canali, ma piuttosto si deve immaginare l'acqua di base che trovasi in continuo movimento verso i livelli inferiori, con la sua superficie limite ove più alta ed ove più bassa a seconda della maggiore o minore permeabilità del terreno attraversato e del maggiore o minore grado di vascolarizzazione di questo per precedenti fenomeni di carsismo; dove la vascolarizzazione è massima, l'acqua di base avrà il suo livello minimo ed il flusso sarà maggiore; e qui tenderanno ad incanalarsi le linee di flusso".

In questo complesso di ricerche, effettuate per conto del Governo Militare Alleato, si conseguono alcuni brillanti risultati nel settore, ancora pionieristico, della speleologia subacquea. Dopo una serie di immersioni preparatorie nelle risorgive del Timavo, sotto la guida di Walter Maucci la Sezione geo-speleologica della Società Adriatica di Scienze Naturali affronta il problema del sifone d'ingresso nella grotta di Trebiciano. In condizioni ambientali molto difficili, il solo individuare l'ingresso del sifone e il risalirlo per una ventina di metri per poco non si conclude in una tragedia[119]. L'operazione riesce il 2 agosto 1953, superando una galleria sommersa lunga circa 80 metri (con piccoli vani a pelo libero sottovolta) e sboccando dopo 46 metri di immersione effettiva in un'ampia sala allagata, denominata "lago Boegan" (61). "In generale — scrive Maucci — il sifone è rappresentato da un labirinto di fessure verticali, riconducibili ad un sistema complesso di diaclasi. Non si tratta quindi di un vero alveo sotterraneo nel quale il fiume corra incanalato, bensì di un reticolo di fratturazioni, poste sotto al livello piezometrico di base e pertanto interamente inondate. La corrente è dovunque praticamente insensibile e questo

119. De Martini L., Maucci W. (1953): *Risultati preliminari di alcune ricerche sul corso ipogeo del Timavo (agosto-ottobre 1952),* "Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali", Trieste, 46/1951-52:61-74.
Maucci W. (1953): *Relazione sul primo ciclo di ricerche svolte dalla sezione speleologica della Società Adriatica di Scienze Naturali sul corso sotterraneo del Timavo*, "Rassegna Speleologica Italiana", Milano, 2:67-74.

fatto, data la ristrettezza dei singoli canali, è indizio di una complessità del labirinto ancora maggiore di quanto non sia stato possibile di constatare nel corso dell'esplorazione. È vano quindi ricercare, a monte di Trebiciano, un vero fiume canalizzato, né è possibile dire a quale distanza dalla caverna Lindner si arrestino le caverne della valle sotterranea del Timavo" (62).

A conclusioni molto diverse giunge però alcuni anni dopo lo speleosubacqueo Giorgio Cobol, che ripete l'esplorazione del sifone di Trebiciano senza giungere al lago Boegan, ma esaminando con maggiore cura le caratteristiche dei vani percorsi. Cobol osserva che l'intricato sistema di gallerie e di pericolose lame di roccia, che formano un vero labirinto, non sarebbe che la particolare accidentalità morfologica della volta sommersa. "Portandosi all'inizio del sifone alla profondità di 3-4 metri dal livello dell'acqua, non si incontra alcun ostacolo all'avanzata subacquea, tranne le pareti laterali che delimitano il vano sommerso ... La galleria esplorata (un'unica galleria a pressione) ha una sezione pressoché triangolare coi lati di oltre 10 metri". Si tratta dunque di un vero e proprio alveo sotterraneo incanalato e non di un reticolo di fratturazioni. Cobol tenta anche l'esplorazione del sifone di uscita, ma lo trova impercorribile, "ostruito da un notevole ammasso di blocchi rocciosi che rallenta il deflusso della massa idrica" (16).

Un nuovo confronto sulle teorie idrogeologiche

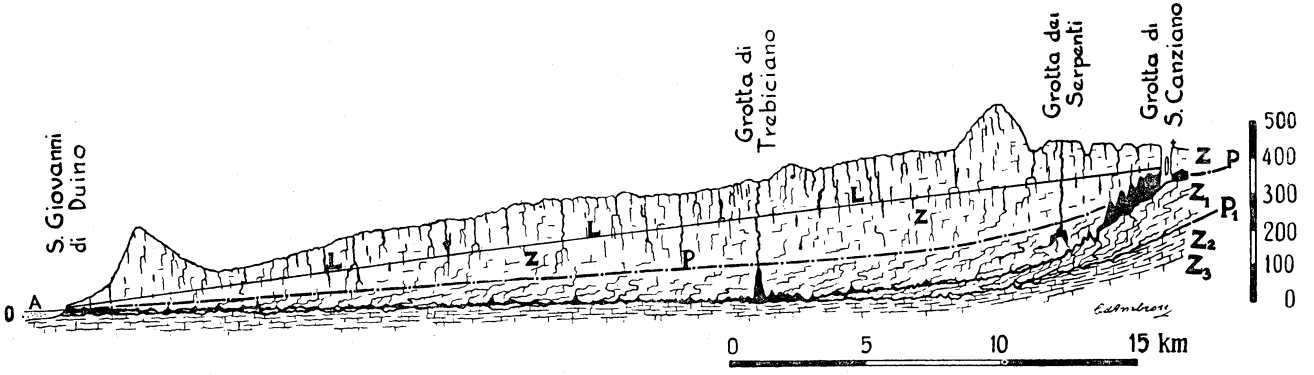
Scrive Guido Timeus che nella fase preparatoria dei suoi esperimenti sul Timavo, per ottenere qualche utile suggerimento si era rivolto ad una trentina di istituti scientifici e di studiosi di tutta Europa. "Fra tanti seri pareri — egli commenta — non mancò il consiglio comico: un tecnico indicò come unico mezzo, per risolvere il problema, deviare il fiume che entra a S. Canziano e osservare poi la portata del Timavo". Questo fatto sembra accadere davvero, e non appare per niente comico, quando i tecnici del citato Vodno Gradbeni Inštitut di Lubiana progettano nel 1954 la deviazione del Recca verso l'Istria per alimentare — mediante un traforo — una centrale idroelettrica nella valle del rio Ospo.

Da parte italiana si leva la voce allarmata di Carlo D'Ambrosi, che prevede gravi conseguenze di una simile eventualità[120]. Egli sostiene che in seguito alla sottrazione prevista di 10 mc d'acqua al secondo, potrebbe verificarsi una riduzione del

120. D'Ambrosi C. (1955): *In merito alle ripercussioni sul regime delle risorgive carsiche presso Duino ed Aurisina (Trieste) conseguenti ad una eventuale derivazione idrica dell'Alto Timavo verso l'Istria*, "Tecnica Italiana", Trieste, 10(2):76-78.

50 per cento dell'attuale portata annua alle risorgive del Timavo, con ripercussioni ancor più gravi in periodo di magra quando potrebbero esaurirsi del tutto le sorgenti di Aurisina. Mancando l'enorme apporto delle piene del Recca, nell'altopiano carsico il livello dell'acqua di base si abbasserebbe considerevolmente, forse sotto le soglie che oggi permettono il suo deflusso verso il mare; in diversi luoghi potrebbe infiltrarsi l'acqua salmastra nelle sorgenti costiere, che tenderebbero ad esaurirsi. "Vari studiosi — scrive D'Ambrosi — per l'enorme differenza tra le minime del Recca e del Timavo, hanno pensato a ingenti contributi del Vipacco o dell'Isonzo, dimenticando l'azione moderatrice della massa carsica sulla portata delle risorgenze". Nei massicci calcarei esisterebbe, secondo lui, un'elevata ritenzione idrica, in grado di esercitare un'azione regolatrice sui deflussi, attenuando gli sbalzi stagionali di portata; egli ripropone il paragone dei laghi, che immagazzinano l'acqua nei tempi piovosi e la cedono durante la siccità. Le correnti idriche profonde sarebbero quindi da considerarsi come correnti in seno all'acqua di base, che satura l'infinito sistema di vasi comunicanti delle fratture alla base dell'edificio calcareo, nelle quali si raccoglie l'acqua di percolazione meteorica e quella degli apporti fluviali. Infine i bacini sotterranei del Carso — tra il golfo di Trieste e il golfo di Fiume — non sarebbero stabilmente definiti, ma più o meno intercomunicanti e capaci di influenzarsi a vicenda; potrebbero cioè verificarsi persino delle inversioni nella direzione dei deflussi profondi a seconda dell'intensità delle precipitazioni atmosferiche nei vari settori dell'altopiano. Eventuali contributi idrici portati dal Vipacco, dall'Isonzo o (come lui stesso ha sostenuto in precedenza) dal bacino di Castelnuovo, non potrebbero essere che di entità modesta.

D'Ambrosi si dichiara sostenitore della teoria di Grund, che però in parte rielabora; per certi aspetti egli considera infatti il Timavo sotterraneo come un fiume vero e proprio, con una fase a regime torrentizio a monte della grotta di Trebiciano ed una fase di deiezione a valle, verso la foce, dove riceve i maggiori incrementi di portata. Egli ritiene inoltre che sotto il livello dell'acqua di fondo la zona di perenne saturazione idrica non possa essere che di piccolo spessore, al massimo di una ventina metri, "in quanto la tamponatura flyscioide impermeabile ha impedito anche in passato che le acque ipogee agissero a profondità sensibilmente maggiori dell'attuale". (Nel merito si è invece espresso diversamente, a suo tempo, Roberto Malaroda, in occasione delle ricerche effettuate per conto del Governo Militare Alleato. Secondo lui, per effetto dell'abbassamento del mare durante il Pleistocene, si sarebbe sviluppato un sistema di vani comunicanti esteso dalla superficie topografica ad almeno un centinaio di metri sotto l'attuale livello marino). "È possibile inoltre — precisa D'Ambrosi — che la zona corrispondente al normale livello dell'acqua di fondo sia del tipo a vascolarizzazione a maglie larghe, con condotti idrici a sezione piuttosto ampia"; egli comunque insiste sul ruolo, nel bilancio idrico,



Profilo schematico lungo il corso del Timavo ipogeo dalla Grotta di San Canziano alle risorgenze di San Giovanni di Duino.

A = alluvione recente ed attuale. L = linea di carico teorica durante le piene eccezionali del Timavo superiore (anni 1807, 1826, 1851). P = livello piezometrico massimo. P_1 = livello piezometrico minimo. Z = zona verdosa a percolazione idrica prevalentemente verticale. Z_1 = zona a livello piezometrico fluttuante con scorrimento idrico prevalentemente suborizzontale via via più manifesto a maggiori profondità. Z_2 = zona di costante saturazione idrica per lo più priva di scorrimento d'acqua. Z_3 = zona secca.

La sezione longitudinale del Carso disegnata da Carlo D'Ambrosi (21), con la sua didascalia originale. Non sono più condivisibili le interpretazioni relative alla zona di costante saturazione idrica (Z2) "per lo più priva di scorrimento d'acqua" e tanto meno alla "zona secca" sottostante (Z3). Anche il "livello piezometrico massimo" P, inteso come "superficie piezometrica", può essere accettato soltanto ad una quota notevolmente inferiore. Inoltre dalla grotta di Trebiciano alle risorgive del Timavo oggi si ritiene che le acque di infiltrazione carsica scorrano relativamente indipendenti dalle grandi canalizzazione del "drenaggio principale" (nelle quali la pressione idraulica è rilevante), alimentando tra l'altro la falda delle sorgenti Sardos e Moschenizze Sud.

del consistente apporto delle precipitazioni sull'altopiano del Carso. In definitiva D'Ambrosi cerca di adattare al Carso triestino le proprie convinzioni geologiche e idrologiche maturate in Istria, nell'anteguerra, sui tavolati carsici che direttamente s'immergono nell'Adriatico, dove — specialmente nelle zone costiere — sembrano prevalenti gli indizi di una circolazione sotterranea frammentata e diffusa[121]. Come si vedrà in seguito, sono in realtà diverse le condizioni strutturali dell'Istria e del Carso, dove egli stesso riconosce un grado di fratturazione della roccia in generale molto più elevato, responsabile di una maggiore vascolarizzazione e di una facilitazione dei deflussi sotterranei a scapito della capacità di immagazzinamento.

Da parte slovena replica l'idrologo Franc Bidovec, "superiore" dell'Hidrometeorološki Zavod di Lubiana. Pur non negando in assoluto l'esistenza di una certa ritenzione idrica nei calcari, in grado di livellare le punte massime durante le piene, egli sostiene che "in nessun corso d'acqua, per quanto sia pronunciato il suo carattere carsico, si potrà notare un influsso della ritenzione sul deflusso in periodo di magra". Sarebbero necessari 50 o 60 milioni di metri cubi d'acqua accumulati nel Carso per compensare in magra il deficit tra gli afflussi e la portata totale delle risorgive; il contributo del Recca ai deflussi del Timavo, molto esiguo in magra, diventerebbe preponderante durante le piene, ma la grande massa d'acqua sarebbe smaltita in pochi giorni e non potrebbe rimanere immagazzinata a lungo entro la massa calcarea. "I dati delle portate allo stato di magra dei corsi idrici carsici sul territorio sloveno — conclude Franc Bidovec — non dimostrano alcun influsso della ritenzione carsica e le portate unitarie (deflussi specifici) dei corsi idrici carsici sono approssimativamente uguali ai deflussi specifici di magra dei corsi epigei dei vicini corsi idrici non carsici" (5). Queste opinioni hanno dovuto subire in seguito una significativa revisione da parte di altri studiosi sloveni (52); va comunque riconosciuta la validità dell'approccio scientifico della loro formulazione, basata sui dati del Servizio Idrometeorologico, che ha eseguito in tutta la Slovenia misurazioni sistematiche delle precipitazioni e delle portate allo scopo di determinare l'estensione dei bacini imbriferi delle varie sorgenti ed il coefficiente di deflusso di tali bacini. Assume un particolare interesse idrologico il tentativo di calcolare il "deflusso specifico di magra", ossia la quantità di acqua erogata da un chilometro quadrato di superficie carsica in periodo di siccità e che risulterebbe dell'ordine dei tre litri al secondo; proprio in base all'utilizzo di questo parametro si giunge alla conclusione che le risorgive del Timavo in magra siano alimentate in prevalenza da acque estranee al bacino del Recca ed al bacino del Carso medesimo.

---

121. Waagen L. (1911): *Grundwasser im Karst*, "Mitteilungen der k.k. Geographischen Gesellschaft", Wien, 54:259-273.

In magra il contributo maggiore alle risorgive del Timavo sarebbe dunque fornito dalle perdite dell'Isonzo, di entità cospicua e pressoché costante nei vari regimi idrologici. Sarebbe pertanto più pericoloso — sostiene Bidovec — anziché il progetto sloveno di deviare il Recca verso l'Istria, quello italiano di deviare l'Isonzo, a scopi irrigui, dalla piana di Gorizia verso le campagne del Cormonese[122]. In previsione poi che dal progettato invaso del Recca sarebbe lasciata sempre defluire verso le grotte di S. Canziano una quantità d'acqua pari all'alimentazione naturale nei periodi di magra, la portata alle risorgive del Timavo non dovrebbe mai scendere sotto la minima attuale, pur sempre consistente, ricevendo comunque l'apporto delle precipitazioni meteoriche sull'altopiano del Carso.

Bidovec fa evidentemente riferimento nei suoi studi ai sistemi carsici dei grandi polje dell'entroterra sloveno, nei quali i veri e propri fiumi sotterranei incanalati costituiscono la regola (quello di Postumia è l'esempio più famoso). Si tratta però di corsi d'acqua che, a quota relativamente elevata e lontani dai drenaggi marini, per buona parte dell'anno — e soprattutto in regime di magra — si trovano in condizione di "sospensione" al di sopra di una zona freatica più profonda. Risulta pertanto problematico stabilire esattamente sia l'entità dei deflussi sia l'estensione stessa dei bacini imbriferi, che nelle regioni carsiche risulta spesso indeterminabile[123].

Nella formulazione delle sue tesi Bidovec si è avvalso della collaborazione scientifica di Franc Jenko, idrologo di formazione ingegneristica con una grande esperienza maturata "sul campo" nei vari Carsi dinarici. Egli pubblica nel 1959 un pregevole trattato di idrologia carsica (51) nel quale inserisce numerosi riferimenti anche alla situazione del Carso triestino. In particolare, per quanto riguarda il corso sotterraneo del Timavo, Jenko sottolinea l'importanza degli esperimenti di chiusura delle paratoie alle risorgive ed osserva che riveste un'importanza determinante la misura esatta del tempo di "risposta" (innalzamento dell'acqua) nella grotta di Trebiciano. Infatti, in base alla formula della velocità d'onda per l'acqua a pelo libero (radice quadrata dell'accelerazione di gravità moltiplicata per il dislivello) si ottengono valori dell'ordine dei metri al secondo e quindi di qualche ora; nel caso invece della propagazione dell'impulso in condotte a pressione, la cui velocità ammonta a circa 1500 m/sec, ossia alla velocità di propagazione del suono nell'acqua, i valori sarebbero inferiori al minuto e la risposta dovrebbe quindi essere quasi istantanea.

---

122. Fornasir G. (1967): *Utilizzazione irrigua delle acque dell'Isonzo nella parte interessante il territorio italiano*, Atti del Convegno "Attualità e nuovi orizzonti nel reperimento e nell'uso di acque nelle Venezie", Associazione Idrotecnica Italiana, Padova 1966, 147-158.

123. Žibrik K., Lewicki K., Pičinin A. (1976): *Hidrologic investigations in Ljubljanica river basin*, 3. SUWT - Third Internat. Symposium of Underground Water Tracing, Institute for Karst Research, Postojna, 43-55.

In merito alla controversa questione della dinamica dell'idrologia carsica, Jenko considera soltanto apparentemente contraddittorie la teoria dell'acqua di fondo e quella del reticolo di canalizzazioni, in quanto il livello di base delle acque sotterranee "permanenti" realmente coesiste con veloci correnti profonde, che talvolta si comportano come veri e propri fiumi. L'acqua carsica non ha comunque le caratteristiche di una falda freatica vera e propria in quanto può essere discontinua e localizzata; la permeabilità della massa carbonatica infatti viene in certi casi ridotta o annullata dall'intasamento delle fessure profonde con materiali fini. Egli nega l'esistenza della ritenzione idrica nelle aree carsiche, pur constatando in esse velocità di deflusso molto minori rispetto ai bacini imbriferi superficiali e portate di piena fino a dieci volte più piccole, a parità di superficie.

Alla fine degli anni Cinquanta l'Istituto Talassografico di Trieste effettua nel golfo una serie di campionature della salinità e misurazioni termometriche in superficie[124] (ripetute successivamente da Mario Bussani[125]) allo scopo di verificare l'esistenza di grosse risorgive sottomarine al largo dalla costa. Questa è un'altra radicata certezza della "sapienza popolare", peraltro confermata dai rabdomanti in varie occasioni. In particolare durante la prima guerra mondiale il Magg. Beichl, ufficiale dell'esercito austriaco, dice di aver individuato un cospicuo fiume sotterraneo sotto la costiera di Barcola e di Cedas ed importanti corsi d'acqua sotto la piana di Zaule ad oltre 100 metri di profondità[126] (dunque nel basamento roccioso, ben al di sotto delle falde idriche del manto alluvionale, ubicate a circa dieci metri dalla superficie e utilizzate durante la prima guerra mondiale per l'acquedotto sussidiario). Lo stesso Guido Timeus non esclude queste eventualità e ritiene anzi che "forse un fiume potente scorre tuttora nella profondità della vallata di S. Giovanni". Le misurazioni di salinità e temperatura sembrano escludere l'esistenza di consistenti deflussi profondi dall'altopiano del Carso verso il mare; la loro affidabilità non è però assoluta, in quanto eseguite, le une e le altre, in maniera sporadica ed a maglia larga, in uno specchio di mare dove il totale ricambio dell'acqua è molto rapido per effetto delle maree e della circolazione stessa — in senso antiorario — dell'alto Adriatico.

---

124. Perin-Luca L. (1960): *Osservazioni di temperatura e salinità nel golfo di Trieste*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze", Trieste, 51:86-104.

125. Bussani M. (1972): *Influenza delle acque sotterranee carsiche sulle isoterme superficiali del golfo di Trieste*, "Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan", Trieste, 11/1971:95-107.

126. Timeus G. (1924): *Le indagini sull'origine delle acque sotterranee con i metodi fisici, chimici e biologici*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali", Trieste, 28(2):191-293 (capitolo Rabdomanti)
Medeot S.L., Tomei G. (1971): *La rabdomanzia nell'evoluzione delle ricerche idriche dalla mitologia alla storia,* "Mondo Sotterraneo", Udine, 53-73.

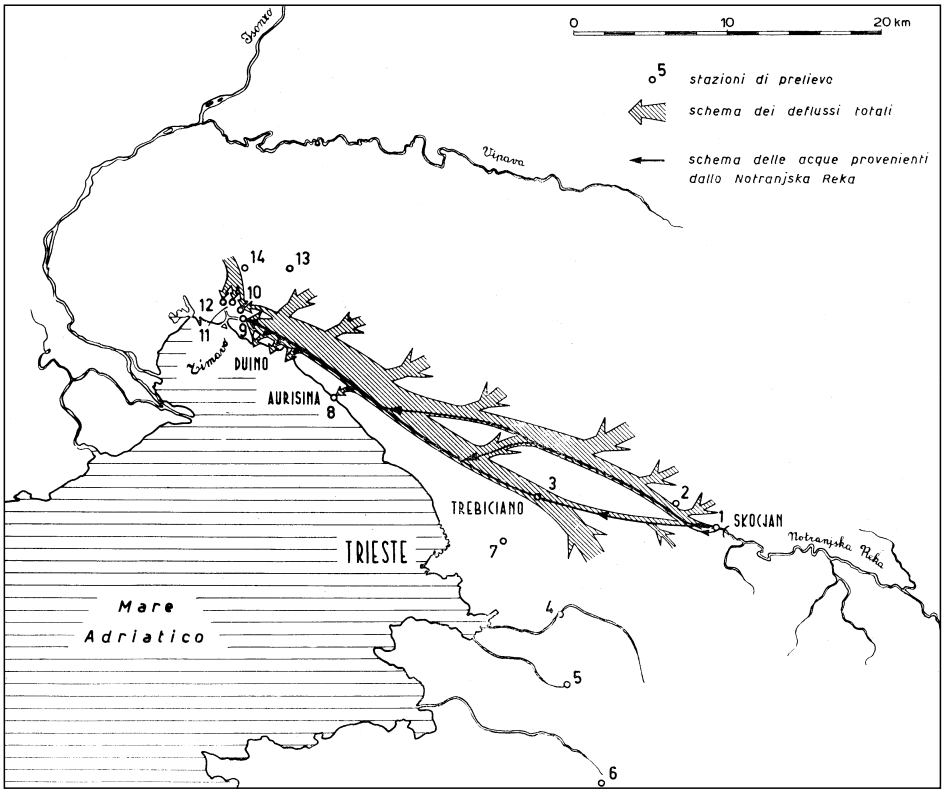
L'Osservatorio Geofisico di Trieste

Con le prospezioni geofisiche sul Carso si apre il lungo ciclo di ricerche svolto dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste sotto la direzione di Ferruccio Mosetti, cui si deve la formulazione di nuove e originali "idee" sperimentali nello studio dell'idrologia carsica sotterranea e la realizzazione di sofisticati modelli matematici, sia pure talvolta impiegati nell'elaborazione di dati approssimativi o non sufficientemente significativi. Con lui — precursore in molti campi — ha comunque inizio un nuovo ciclo di ricerche che continua ancora ai nostri giorni.

Nel luglio 1962, con la collaborazione tra l'I.A.E.A. (Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica) di Vienna, l'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste, l'Hidrometeorološki Zavod e il Nuclearni Inštitut J. Stefan di Lubiana, viene effettuato un nuovo esperimento di marcatura radioattiva delle acque del Recca, impostato secondo i criteri messi a punto da Mosetti ed Eriksson[127]. Un particolare modello di calcolo consente di rendere quantitativa l'interpretazione dei risultati: non ci si limita a stabilire soltanto la relazione tra due punti del bacino carsico e a calcolare la "velocità apparente" del deflusso — nota la loro distanza in linea d'aria — come ai tempi di Guido Timeus, ma in base alla concentrazione del tracciante, misurata per tutto il tempo del suo deflusso, si intende determinare la quantità di acqua che passa dall'inghiottitoio alle risorgive. In tal modo si cerca di valutare quanta acqua si disperde in altre direzioni lungo il percorso sotterraneo e quant'altra invece confluisce lungo di esso. Allo scopo viene impiegato il trizio, isotopo radioattivo dell'idrogeno, un tracciante che consente la determinazione precisa della curva della concentrazione nel tempo in quanto non viene assorbito strada facendo (adsorbimento colloidale delle argille, in deposito o in sospensione). Vengono controllati tutti i possibili punti di deflusso: risorgive del Timavo, sorgenti Sardos, sorgenti del Lisert e di Moschenizze, sorgenti di Aurisina, di Guardiella e di Bagnoli, risorgive di Bagnoli, del rio Ospo e del Risano, Kačna jama, grotta di Trebiciano e grotte del vallone di Brestovizza; nella stessa grotta di S. Canziano si accertano considerevoli perdite di portata, nelle fessurazioni dell'alveo roccioso (75). A scopo sperimentale vengono immessi nel Recca anche 100 chilogrammi di fluoresceina, valutando l'inaffidabilità di questo tracciante per grandi quantità di acqua e lunghi percorsi sotterranei. Le interferenze della fluorescenza naturale e della torbidità dell'acqua falsano infatti le misure al punto da far risultare defluita una quantità di colorante maggiore di quella realmente impiegata (79).

---

127. De Santis L., Mosetti F. (1961): *Alcuni ragguagli sulle ricerche idrologiche con traccianti*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 3(10):121-136.
Eriksson E., Mosetti F. (1962): *Sur l'emploi du tritium comme traceur dans des problèmes d'hydrologie souterraine*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 4(16):357-360.

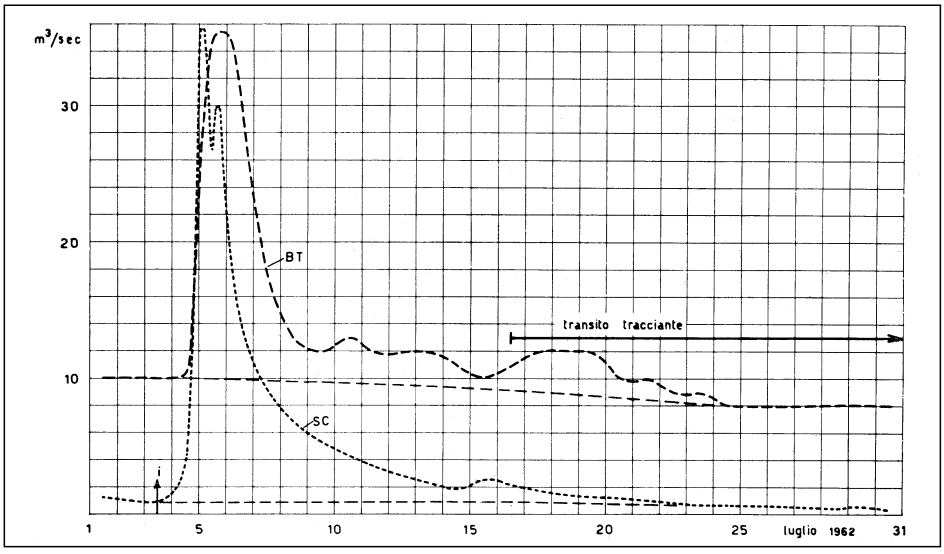


"Schema rappresentante i vari possibili rapporti idrologici nel sottosuolo carsico, ottenuto mediante l'esperimento di marcatura con tritio delle acque della Reka. La posizione delle linee di deflusso è solo indicativa e non vuole rappresentare la reale topografia del corso sotterraneo". Da: Mosetti F. et al. (75). I numeri indicano le stazioni di prelievo: 1. Grotta di S. Canziano; 2. Grotta dei Serpenti; 3. Grotta di Trebiciano; 4. Sorgenti di Bagnoli; 5. Sorgenti dell'Ospo; 6. Sorgenti del Risano; 7. Sorgenti di Guardiella; 8. Sorgenti di Aurisina; 9. Risorgive del Timavo; 10. Sorgente Sardos; 11. Sorgenti di Moschenizze; 12. Sorgenti del Lisert; 13. Grotta di Brestovizza; 14. Grotta di Comarie. L'immissione del tracciante è stata effettuata il 3 luglio 1962; i prelievi dal giorno 8 luglio al 4 agosto. Le confluenze di "acque estranee" a monte della grotta di Trebiciano e di acque marcate a valle, provenienti direttamente dalla grotta di S. Canziano, spiegano la grande diluizione del tracciante a Trebiciano e la sua maggiore concentrazione alle risorgive.

L'acqua triziata subisce un forte mescolamento con acque di altra provenienza prima di raggiungere le risorgive costiere. Al fondo della grotta di Trebiciano si ritrova soltanto una modesta percentuale (20-25%) dell'acqua che s'inabissa a S. Canziano: questo sarebbe solamente un "ramo" del corso sotterraneo, arricchito da altri apporti (forse dal bacino di Castelnuovo, forse dalle stesse perdite subalvee del

Recca). Alle sorgenti di Aurisina il tracciante compare in ritardo rispetto al Timavo, con una minore velocità media di deflusso ma persiste qualche giorno in più; si tratterebbe di un collegamento di tipo filtrante, come del resto ha già ipotizzato Eugenio Boegan, osservando che la portata delle sorgenti risente molto prima delle precipitazioni sul circostante bacino del Carso che non delle piene nelle grotte di S. Canziano. Una dubbia presenza del tracciante, al limite della sensibilità strumentale, viene registrata nelle sorgenti di Bagnoli. Il trizio non compare nelle sorgenti a nord delle risorgive del Timavo, nemmeno nelle vicine sorgenti Sardos da sempre considerate anch'esse, come le sorgenti di Aurisina, "scarichi secondari del Timavo". A sud del bacino carsico, nelle risorgive del rio Ospo e del Risano, come pure a nord, nelle grotte del vallone di Brestovizza, non vengono registrate quantità apprezzabili di trizio, per cui sarebbe da escludere un loro diretto collegamento con il Recca; il deflusso sotterraneo principale dovrebbe dunque seguire il solco di Aurisina.

Si conclude che il contributo del Recca alle risorgive del Timavo sia molto rilevante in periodo di piena, quasi trascurabile invece in periodo di magra. "Se non e-



Poche ore dopo l'immissione dell'acqua triziata, il 3 luglio 1962 è giunta a S. Canziano, del tutto imprevista, una moderata piena del Recca (30 mc/sec), transitata molto rapidamente. L'onda di piena ha raggiunto nei pressi della grotta di Trebiciano l'acqua marcata, che è risultata improvvisamente diluita ma che assai rapidamente è ritornata alla concentrazione normale. Il trizio è apparso alle risorgive del Timavo appena il 14 luglio, senza subire alcuna accelerazione; il passaggio della cresta dell'onda marcata è avvenuto il giorno 19. Da: Mosetti F. (79).

sistesse il Timavo superiore — osserva Mosetti — le portate di minima al Timavo inferiore resterebbero pressoché inalterate e ad esse si avvicinerebbe di più la portata media; non vi sarebbero probabilmente imponenti fenomeni di piena in queste risorgive. L'effetto del Timavo superiore si manifesta, sovrapposto alla portata di magra, con forti escursioni di portata nelle punte e, ovviamente, con l'aumento della portata media". In regime di piena il Timavo sotterraneo si comporta pertanto "come un torrente che si sovrappone alle acque della falda carsica".

Basandosi sulle vecchie misurazioni di portata delle risorgive del Timavo, che non tengono conto delle ingenti perdite al di sotto delle opere di imbrigliamento dell'acqua, si giunge alla conclusione (in seguito smentita da nuovi studi[128]) che dal Timavo inferiore sia transitata soltanto la metà del tracciante immesso a S. Canziano, per cui sembra acquistare un carattere di verisimilitudine l'ipotesi di forti deflussi dall'altopiano del Carso direttamente nel golfo di Trieste.

L'esperimento di marcatura con il trizio ripropone anche il problema degli "afflussi ipotetici", e tra questi il presunto corso sotterraneo proveniente dal bacino di Castelnuovo e dall'Istria montana. Allo scopo di accertarne l'esistenza, l'Osservatorio Geofisico esegue nel 1963 delle misurazioni geofoniche nella Val Rosandra, perforando in prossimità dell'alveo due pozzi nella roccia calcarea, profondi 73 e 90 metri, nei quali si sistemano i sensori degli strumenti di registrazione[129]; i geofoni effettivamente raccolgono degli impulsi che sono attribuiti alla turbolenza dell'acqua scorrente in profondità, senza peraltro poter precisare la quantità né le condizioni di movimento[130]. Promotore dell'iniziativa è Antonio Marussi, studioso di larga fama nel campo della geodesia astronomica e autore, a suo tempo, dei discussi lavori sull'idrografia precarsica (Paleotimavo) e sul suo ruolo nello sviluppo del carsismo[131]. Fiducioso nel buon esito di queste ricerche, egli redige un progetto preliminare per lo sfruttamento idrico del presunto corso sotterraneo e valuta a

---

128. Fabio Gemiti (1984) calcola per il periodo 1972-83 una portata media del Timavo di 30 metri cubi al secondo, di cui 20 al solo terzo ramo: esattamente il doppio di quella utilizzata per il calcolo della quantità di trizio fuoriuscita.

129. *Occorrono quasi tre miliardi per risolvere il problema idrico*, "Il Piccolo", Trieste, 3.10.1967.

130. Mosetti F. (1963): *Relazione provvisoria sulle ricerche eseguite in Val Rosandra per conto del Prof. Antonio Marussi*, Osservatorio Geofisico Sperimentale, Trieste, Ricerca n. 220/63, 1-4.
Marussi A. (1966): *Impiego dei geofoni nella ricerca di acque carsiche correnti*, Atti del Convegno F.A.S.T. "Il problema delle acque in Italia", Milano 1965, Ed. Tamburini, 161-168.

131. Marussi A. (1975): *Geomorphology, Paleohydrography and Karstification in the Karst of Trieste and Upper Istria*, "Steirische Beitrage zur Hydrogeologie", Graz, 27:45-53 (sintesi dei suoi studi precedenti).

350.000 mc giornalieri la quantità di acqua disponibile[132]. La cifra sembra però esagerata in rapporto all'estensione del probabile bacino idrografico e alle sue sicure "perdite" verso sud in direzione delle valli istriane. Come si è visto infatti, la marcatura effettuata da Guido Timeus nell'inghiottitoio di Odolina ha dimostrato l'esistenza di una relazione idrologica tra la "valsecca" di Castelnuovo e le sorgenti del Risano e non con il bacino del Timavo. Riprovato in varie riprese dai ricercatori sloveni all'inizio degli anni Sessanta, l'esperimento si conclude però con esito incerto e in un caso la marcatura simultanea di tre torrenti con fluoresceina e spore diversamente colorate rimane del tutto senza risultato (80). L'evento dimostrerebbe — secondo Carlo D'Ambrosi — una certa labilità nelle connessioni sotterranee ed "un'interdipendenza variabile e temporanea fra sistemi carsici contigui, tra i quali i flussi di alimentazione potrebbero anche invertirsi nei diversi regimi idrologici".

Il Carso isontino

Gli studi per il nuovo acquedotto di Gorizia, iniziati in maniera organica nel 1958, portano all'acquisizione di importanti conoscenze sull'alimentazione della falda sotterranea del Carso isontino[133]. Con perforazioni e rilevamenti geoelettrici si determina anzitutto l'andamento delle isofreatiche (curve di livello della superficie della falda freatica) nella piana alluvionale di Gorizia, estesa allo sbocco delle valli dell'Isonzo e del Vipacco; viene accertato che in regime di magra il livello della falda si abbassa di una decina di metri al contatto coi calcari, in corrispondenza dello sbocco settentrionale del "vallone" di Doberdò. Qui, nei pressi di Gabria, si effettuano prove con la fluoresceina per verificare il movimento dell'acqua in alcuni pozzi, già usati durante la prima guerra mondiale per un acquedotto campale dell'esercito austriaco; viene osservato un lento deflusso verso sud, all'interno dell'altopiano del Carso (ma alla luce delle ricerche successive, questi pozzi sembrano attingere in una falda locale e superficiale, che in realtà non viene alimentata in maniera significativa né dall'Isonzo né dal Vipacco).

---

132. *Val Rosandra potrebbe risolvere il problema del nuovo acquedotto*, "Messagero Veneto", ed. Trieste, 1.10.1964.
Ribadita necessità di realizzare quanto prima il nuovo acquedotto, "Messaggero Veneto", ed. Trieste, 10.3.1966.

133. D'Ambrosi C., Mosetti F. (1960): *Risultati preliminari di una ricerca geoidrologica per il nuovo acquedotto di Gorizia*, "Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata", Trieste, 2(7):487-496.

Quindi si eseguono misurazioni termometriche, indagini idrochimiche e analisi sulla composizione isotopica naturale delle acque (un nuovo campo di ricerca ulteriormente sviluppato negli anni successivi), sia in territorio italiano che oltre confine (70). Viene accertato che una parte della falda freatica della piana di Gorizia defluisce verso sud entro l'altopiano del Carso in corrispondenza del "vallone"; non è però determinabile l'entità di tale apporto, che viene considerato quasi costante nei vari regimi idrologici. Il maggior contributo esterno non proviene pertanto dal Vipacco — come finora si è creduto — ma dalle perdite di subalveo dell'Isonzo.

È inoltre ipotizzata l'esistenza di un deflusso sotterraneo, anch'esso di entità indeterminabile, dall'altopiano di Doberdò verso la piana di Ronchi, in base all'andamento del livello dell'acqua di base nella roccia calcarea. Questo viene studiato[134] in una cavità naturale che si apre sulle pendici del Carso nei pressi del sacrario di Redipuglia, a brevissima distanza dalla pianura (il pozzo di Polazzo, già noto a suo tempo per il ritrovamento di esemplari di proteo[135]); in seguito osservazioni più accurate non escludono anche occasionali deflussi in senso inverso, dalla pianura al Carso, durante le piene dell'Isonzo[136].

Ulteriori ricerche idrochimiche sono eseguite nel 1965 sotto la guida di Sergio Morgante[137], in 24 pozzi ubicati lungo tutto il bordo del Carso isontino, con misurazioni di livello dell'acqua, temperatura, pH, durezza e rapporto calcio/magnesio.

---

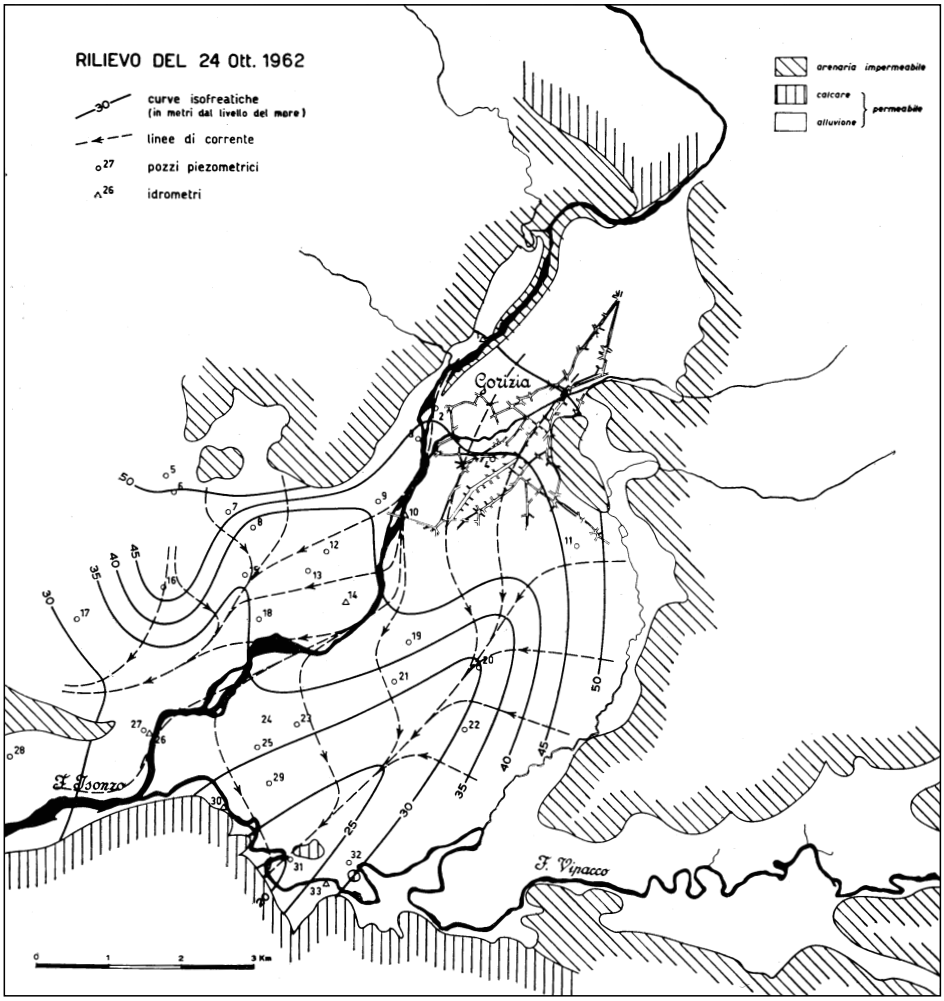
134. D'Ambrosi C. (1962): *Sul significato idrologico del pozzo carsico di Polazzo presso Fogliano-Redipuglia (Gorizia) nel problema dell'alimentazione idrica del Timavo e dei pericoli che ne derivano per la città di Trieste*, "Tecnica Italiana", Trieste, 27(7):483-489.

135. Comar M. (1987): *Quel piccolo drago biancastro - la diffusione del Proteus anguinus Laurenti nelle acque sotterranee del Carso Isontino*, "Il Territorio", Ronchi dei Legionari, 20/21:60-69 (esauriente bibliografia).

    Frequentemente segnalato nel Carso isontino, il proteo viene avvistato nel Carso triestino appena all'inizio degli anni Settanta, nella Kačna jama e successivamente nel pozzo della Ferrovia (226 VG) e al fondo della grotta di Trebiciano; si veda:
    Pichl E. (1978): *Una stazione del Proteus anguinus Laurenti (1768) nelle acque del Timavo sotterraneo*, "Bollettino della Società Adriatica di Scienze", 61/1977:105-109.
    Per la presunta cattura di un proteo nelle risorgive del Timavo, citata nel 1955 da Carlo D'Ambrosi, si veda:
    Canu E. (1969): *Sulla presenza del Proteus anguinus Laurenti nelle acque della provincia di Gorizia (Italia) e sulla sua presumibile presenza in quelle del bacino del fiume Timavo inferiore (Carso di Trieste),* Actes du 4. Congrés International de Spéléologie, Ljubljana 1965, 4/5:35-40.

136. Cancian G., Marchi F., Miniussi D. (1996): *L'idrologia del Pozzo di Polazzo (Carso goriziano) mediante un monitoraggio chimico e microbiologico*, "Studi e Ricerche della Società di Studi Carsici A.F. Lindner", Fogliano (GO), 3:51-69.

137. Tesi di laurea Jlda Braida: *Ricerche sull'origine delle acque delle sorgenti del Timavo inferiore*, Università degli Studi di Trieste, 1965 (notizia privata Ferruccio Mosetti).



"Distribuzione delle isofreatiche e delle linee di corrente nella Piana di Gorizia in base a rilevamenti simultanei nei pozzi. Situazione di magra autunnale" da: Mosetti F., D'Ambrosi C. (77). Viene evidenziato un deflusso sotterraneo verso il Carso in corrispondenza dell'imbocco settentrionale del "vallone" di Doberdò.

Si conclude che l'influenza delle precipitazioni atmosferiche sull'idrografia sotterranea dell'altopiano deve essere piuttosto trascurabile, rispetto alla grande quantità d'acqua proveniente dalle perdite dell'Isonzo, che lambisce la roccia calcarea al margine occidentale dell'altopiano del Carso ad una quota quasi venti metri più alta del livello normale del lago di Doberdò. All'alimentazione della falda carsica sarebbe da attribuire, almeno in parte, il deficit di portata del fiume — circa 10 mc/sec in periodo di magra — riscontrato tra Gorizia e Sagrado.

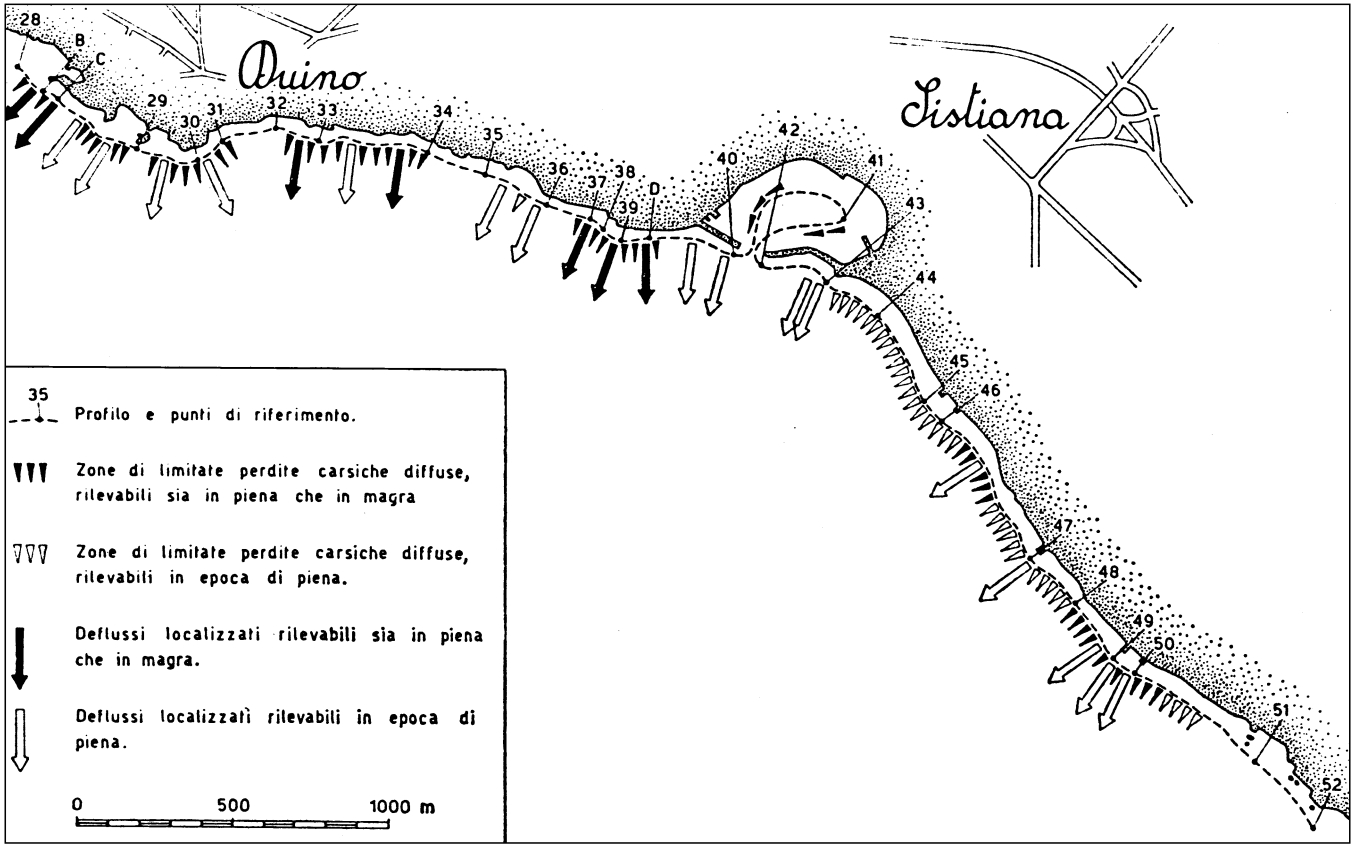
Successive indagini più sistematiche precisano però come il contributo della falda dell'Isonzo sia prevalente in regime di magra delle acque carsiche, mentre in regime di piena diventerebbe rilevante quello dell'acqua meteorica di percolazione; in tali circostanze potrebbe inoltre invertirsi il rapporto di alimentazione tra l'Isonzo e il Carso. L'apporto del Vipacco appare in ogni caso trascurabile, tanto da non essere evidenziato dalle analisi chimiche; misurazioni simultanee di portata effettuate a Montespino e a Merna durante le magre, mostrano infatti un deficit di appena 300 o 400 litri al secondo.

* * *

Iniziata negli anni Cinquanta con i primi rilevamenti geoelettrici e gravimetrici, l'attività dell'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste sul fronte dell'idrologia carsica in seguito si intensifica e si articola in diversi filoni di ricerca, portando nuovi contributi di conoscenza. Rilievi geoelettrici di dettaglio e perforazioni, eseguiti per lo studio delle fondazioni della cartiera del Timavo, evidenziano una profonda incisione nel basamento di roccia calcarea sepolto sotto decine di metri di depositi alluvionali, sabbiosi e argillosi[138]. "In riva sinistra — scrive Mosetti (80) — questa incisione raccoglieva un corso proveniente dalle attuali sorgenti Sardotsch e successivamente più a sud un altro corso corrispondente agli attuali tre rami [del Timavo]. In corrispondenza a queste incisioni dovevano sfociare delle grosse caverne, ora parzialmente ostruite dai sedimenti ... L'esistenza di queste grandi caverne è determinante perché ci fa vedere che le risorgive non sono costituite dalla riunione di tanti piccoli spandimenti percolanti fratture della roccia[139], bensì ci pone

138. Mosetti F. (1957): *Prospezione geoelettrica per la cartiera del Timavo*, "Tecnica Italiana", Trieste, 12(4):3-7.
D'Ambrosi C., Mosetti F. (1963): *Caratteristiche strutturali della zona tra Monfalcone e il Timavo*, "Adriatico", Trieste, 9(5/6):12-16.

139. Si veda la tavola "Sifoni di risorgenza nel bacino del ramo terzo del Timavo" dell'ing. Giuseppe Piacentini (Ufficio Idrotecnico Comunale: *Il provvedimento di acqua dal Timavo*, 2. parte), riportata in (10) tav. 80.



Schema dei deflussi carsici in mare, fra le sorgenti di Aurisina e le risorgive del Timavo, evidenziati con profilo termoconduttometrico continuo (linea tratteggiata) eseguito lungo la costa; da: Accerboni E., Mosetti F. (1).

di fronte ad un'imponente carsificazione e ad un vero e proprio delta sotterraneo, di cui forse, quello che oggi è visibile non è che il residuo di un'imponente costruzione del carsismo, ora sepolta sotto decine di metri di sedimento marino". Del resto ancora Eugenio Boegan ha segnalato l'esistenza nell'alveo del Timavo, a circa 150 metri dalle risorgive, di "uno scaricatore attivo soltanto nei periodi di piena", ipotizzando fosse lo sbocco originario del fiume.

Nel 1963 l'Osservatorio Geofisico Sperimentale installa un termografo registratore nella grotta di Trebiciano per la determinazione dell'onda termica annua nel corso d'acqua sotterraneo[140]. Si utilizzano anche le serie termometriche misurate da Eugenio Boegan cinquant'anni prima, allo scopo di calcolare la velocità media annua del corso sotterraneo del Timavo (parametro in realtà piuttosto astratto) in base allo studio dello smorzamento e sfasamento delle curve delle temperature medie annue a S. Canziano, nella grotta di Trebiciano e alle risorgive, punti tra i quali la distanza apparente è nota. L'onda termica rilevata nella grotta non si accorda comunque con le escursioni riscontrate a S. Canziano e al Timavo, in quanto "non tutta l'acqua di Trebiciano proviene dal Recca e non tutta e non la sola acqua di Trebiciano defluisce a Duino" (78).

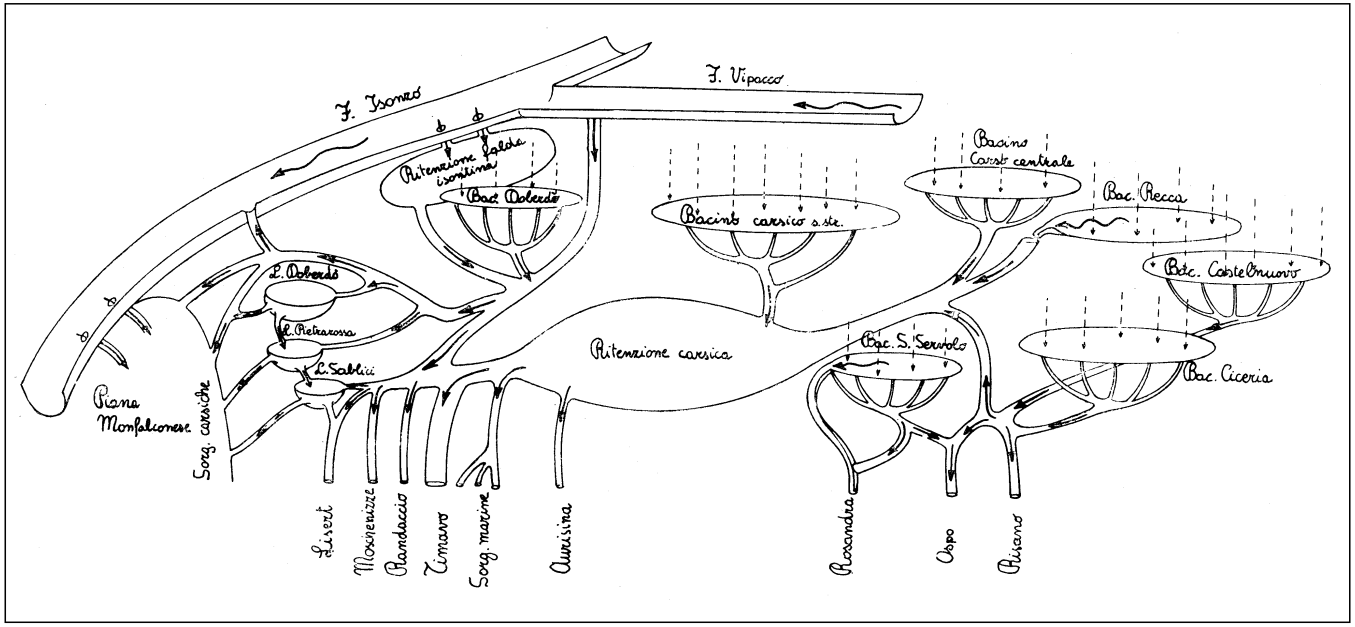
Nel 1966 viene eseguito un singolare esperimento di marcatura con l'impiego di cariche esplosive, che però non raggiunge alcun risultato. Nel sifone di uscita della grotta di Trebiciano vengono immesse "bombe a tempo" semigalleggianti e sferiche, dopo aver predisposto in superficie un sistema di rilevamento con geofoni per individuare la posizione dei punti di scoppio; alcune non riescono a superare la frana di grossi blocchi (già vista da Giorgio Cobol) ed esplodono nei pressi del punto di immissione, le altre scompaiono senza che le apparecchiature riescano a registrare alcun segnale[141].

Per localizzare eventuali deflussi di una certa consistenza nel golfo di Trieste, vengono effettuate specifiche ricerche con la registrazione in mare, navigando lungo rotte opportunamente predisposte, della temperatura e della conducibilità elettrica. Con tale procedimento si individuano con buona precisione i punti di risorgenza dell'acqua dolce lungo la costa fra il Timavo e le sorgenti di Aurisina nelle diverse situazioni idrologiche (1), rilievi che trovano in seguito conferma dall'ana-

---

140. Mosetti F. (1964): *La grotta di Trebiciano finestra aperta sull'idrologia sotterranea del Carso*, "Adriatico", Trieste, (5/6):12-16.

141. Un analogo esperimento viene effettuato in Bosnia nel gennaio 1974, ma anche in questo caso i risultati non compensano i laboriosi preparativi. Si veda:
Arandjelović D., Milanović P., Filip A., Ramljak P. (1976): *Determination of space position of underground karst channels*, in: Karst hydrology and water resources, 2:627-661 (citato nella nota 162).



"Schema dei rapporti e delle connessioni idrologiche del Carso triestino"; da: Mosetti F. (76). Viene evidenziata la complessità della circolazione sotterranea, però con una semplificazione eccessiva nel "cuore" dello schema dove l'apporto del Recca sembra disperdersi, insieme agli altri, in una indistinta "ritenzione carsica". Oggi si ritiene che il deflusso del Recca avvenga lungo le grandi condotte del drenaggio principale, attraverso le quali si scaricano rapidamente le grandi piene, con una violenta trasmissione della pressione idraulica ed incrementi di livello di decine di metri all'interno della massa calcarea. Durante il regime normale e di magra invece, l'acqua di fondo defluisce attraverso un esteso reticolo di drenaggi interdipendenti; si veda Civita M. et al. (15).

lisi delle immagini termografiche LANDSAT (15). Altre ricerche sulla temperatura e sulla salinità dell'acqua a contatto del fondo marino evidenziano quasi ovunque, lungo la fascia costiera, una piccola ma sensibile variazione di salinità, come se esistesse un lento movimento filtrante di acqua carsica attraverso il materasso dei depositi alluvionali del fondo.

Nel 1964 e '65 vengono ripetute ed estese a tutti i deflussi del complesso sorgentizio del Timavo le nuove ricerche sulla composizione isotopica naturale delle acque, evidenziandone la differente alimentazione. Tali ricerche si basano sulla determinazione del rapporto tra gli isotopi stabili dell'ossigeno di massa 18 e 16, naturalmente presenti nell'acqua però a differenti concentrazioni a seconda della temperatura alla quale è avvenuta la condensazione del vapore acqueo. Le prime condensazioni sono più ricche di O^{18}, mentre il vapore residuo dà origine a condensazioni più povere di questo isotopo; poiché queste ultime sono possibili solo a basse temperature, le acque meteoriche che presentano un'abbondanza percentuale inferiore di O^{18} sono quelle precipitate in montagna o in inverno[142]. In certi periodi dell'anno le acque delle risorgive costiere hanno una composizione intermedia fra le acque dell'Isonzo e quelle del Recca, in altri invece una composizione molto simile a quella del Recca e della grotta di Trebiciano (ma tale coincidenza potrebbe anche derivare da un mescolamento in opportune proporzioni di acque locali con acque isontine).

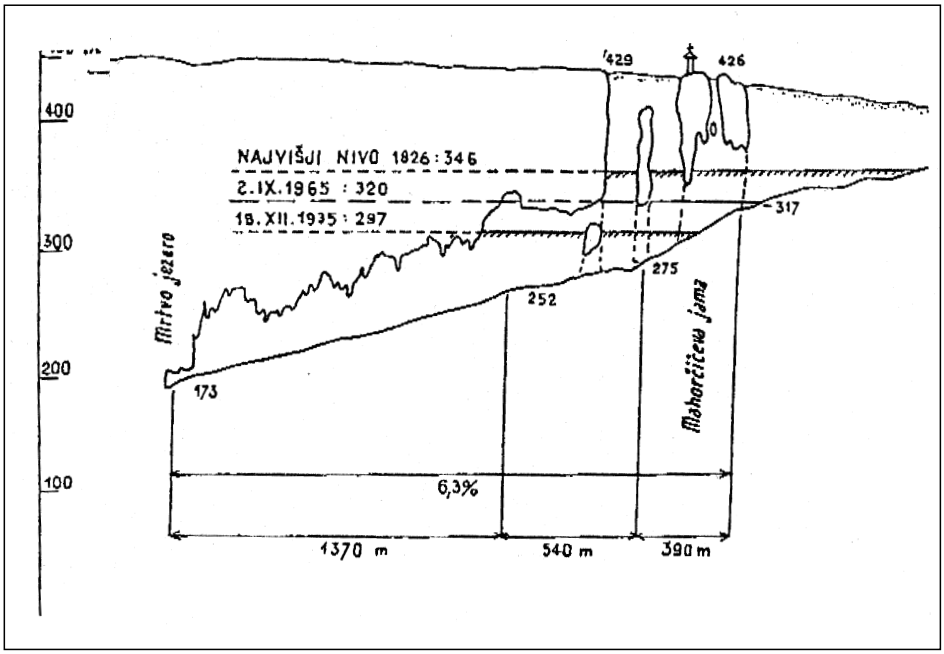
Viene quindi avviata la misurazione sistematica anche di altre caratteristiche delle acque (ossigeno disciolto, composizione chimica e rapporti fra i vari elementi, pH, temperatura ecc.), considerandole come veri e propri "traccianti naturali" in grado di fornire utili indicazioni sulla loro provenienza. Si ottengono però anche in questo caso risultati di incerta interpretazione, constatando che la composizione delle acque non si mantiene costante nelle diverse stagioni e nei vari regimi idrologici (magra e piena), ad ulteriore riprova di quanto complesse siano le miscelazioni che avvengono nella profondità del Carso tra le acque di apporto fluviale (Recca), le acque di provenienza isontina, le acque di ritenzione carsica e le acque meteoriche di percolazione.

I risultati delle indagini idrologiche — chimiche e fisiche — eseguite nel corso degli anni Sessanta confermano in definitiva la gran parte delle conoscenze acquisite in precedenza; vediamone una sintesi realizzata dal loro principale artefice[143].

---

142. Si veda: Mosetti F., Pomodoro P. (82); inoltre, per un resoconto dettagliato su questi studi: Mosetti F. (84) 147-150.

143. Mosetti F. (1983): *Sintesi sull'idrologia del Friuli - Venezia Giulia*, "Quaderni E.T.P.", Ente Tutela Pesca, Udine, 6:3-292 (158-159).



Profilo della grotta di S. Canziano con i livelli massimi raggiunti dall'acqua durante le piene eccezionali del 1826, 1965 e 1935. Da: Habe F. (1966): Katastrofalne poplave pred našimi turističnimi jamami, *"Naše Jame", Ljubljana, 8:45-54.*
La quota 173 del sifone di uscita è stata in seguito corretta, con un rilevamento di precisione, a m 214; si veda: Drole F. (1997): New survey of Škocjanske jame, *Proceedings of 12. International Congress of Speleology, Switzerland, 6:25-28.*
Le altre storiche piene del Recca, durante le quali "per circa metà le voragini erano invase dalle acque", si sono verificate nel 1807 (quota 343), nel 1851 (quota 336) e nel 1868 (per la quale mancano dati precisi).

Le acque della grotta di Trebiciano sarebbero simili a quelle della grotta di S. Canziano, benché denotino un mescolamento con altre acque ("forse locali, forse provenienti dal bacino di Castelnuovo"). Le sorgenti di Aurisina sarebbero alimentate soltanto durante le forti piene con apporti preponderanti del Recca, ma normalmente con l'acqua proveniente da un limitato bacino carsico circostante. Le risorgive del Timavo "risultano da un mescolamento di acque locali (cioè di precipitazione sul bacino carsico più immediato), di acque carsiche e di acque del Timavo superiore che, nelle sue piene, rimpingua da un lato il bacino carsico ipogeo e d'altro lato invia una assai cospicua parte della portata a defluire per le risorgive". Almeno sporadicamente il Timavo riceverebbe contributi dalla falda isontina. Le sorgenti Sardos sarebbero influenzate dal Timavo soltanto in casi eccezionali, ma

normalmente drenano l'acqua della falda carsica, con un probabile contributo di acque isontine, ancora non ben chiarito nella sua reale entità. Le acque delle sorgenti di Moschenizze e del Lisert "risentono progressivamente di meno del Timavo e progressivamente di più dell'Isonzo"; le acque dei laghi di Doberdò, Pietrarossa e Sablici derivano dall'Isonzo e da consistenti contributi locali di infiltrazione superficiale.

"Il Recca scorrerebbe nel sottosuolo carsico quasi fosse un fiume a cielo aperto, attraverso ampi canali ... In tutta la parte centrale del Carso non esiste un'acqua di fondo nel vero senso della parola, ma si trovano vie preferenziali percorse dall'acqua, localizzate qua e là; movendo verso valle, cioè in direzione delle sorgenti costiere della zona Aurisina-Monfalcone, nonché il Carso di Doberdò, la vascolarizzazione si allarga e si presenta una vera e propria acqua di fondo" (80).

In merito al problema della ritenzione idrica, Mosetti ritiene che l'acqua delle precipitazioni sull'altopiano del Carso (un afflusso stimato attorno al milione di metri cubi all'anno per chilometro quadrato) si raccolga lentamente in profondità, "impiegando, per il deflusso alle risorgive costiere, tempi che sono stati valutati (dallo studio sul contenuto in trizio naturale) in media da uno a tre mesi". Pur contribuendo a stabilizzare notevolmente la portata alle risorgive la ritenzione comunque non interessa periodi di tempo molto lunghi. Sull'acqua di base, sufficientemente livellata nelle portate, durante le piene si sovrappone quella del Recca "con carattere tipicamente torrentizio".

Lo sviluppo delle indagini idrochimiche

Le prospezioni geofisiche che a più riprese vengono effettuate sul Carso negli anni Sessanta, per la ricerca dell'acqua, non danno sempre risultati di sicura interpretazione. L'acqua di base viene accertata dai sondaggi geoelettrici soltanto sul Carso isontino e nella parte più settentrionale del Carso triestino; più "a monte" di Slivia la presenza dell'acqua non viene registrata e si ipotizza pertanto una "vascolarizzazione a maglie larghe" o meglio un reticolo di canalizzazioni a sezione piuttosto ampia e notevolmente distanziate tra loro, in maniera da sfuggire alla sensibilità dei sondaggi elettrici (21).

Nel Carso isontino la falda idrica evidenziata con le prospezioni viene di fatto trovata durante gli studi per l'installazione del protosincrotrone del CNEN (60). Due perforazioni, profonde un centinaio di metri, raggiungono l'acqua di base alla quota di circa 12 metri sul livello del mare, con oscillazioni di due o tre metri simili a quelle del lago di Doberdò (un terzo pozzo viene fermato a 150 metri di profondità, circa 50 metri sopra il livello del mare).

Anche in territorio sloveno le indagini geoelettriche confermano l'esistenza dell'acqua di base, poi raggiunta dalle perforazioni effettuate — sempre all'inizio degli anni Sessanta — nella valle del Vipacco, sulle pendici del Carso presso Merna[144]; in un caso viene intercettata una vera e propria grotta piena d'acqua, con il livello in magra una decina di metri più basso di quello del Vipacco e in piena molto più alto della vicina piana di Gorizia (27).

Successivamente (1977) vengono effettuate sul Carso sloveno dieci perforazioni di ricognizione per lo studio del nuovo acquedotto, in esercizio dal 1983. Le due perforazioni nei pressi di Duttogliano (Kazlje e Auber), profonde oltre 200 metri ma che non raggiungono il livello di base, non presentano al pompaggio una portata di qualche interesse pratico; un esito migliore viene conseguito nel vallone di Brestovizza, dove la scoperta del proteo nella Drča jama ha indicato la probabile esistenza di una importante circolazione idrica sotterranea[145]. (Ancora durante la prima guerra mondiale del resto, in questa zona, vicinissima al fronte, l'esercito austriaco ha alimentato i propri acquedotti campali con l'acqua di alcune grotte: il pozzo di Jamiano, la grotta di Comarie e l'inghiottitoio di Brestovizza - Dolenca jama, dopo averlo disostruito). Le otto perforazioni effettuate, profonde dai 140 ai 200 metri e spinte dai 30 ai 50 metri sotto il livello del mare, intercettano tutte delle fessurazioni acquifere, però di portata molto differente (54). Quella di Klariči, nei pressi del valico confinario di Jamiano, penetra in una vera e propria canalizzazione drenante, nella quale viene in seguito trivellato un pozzo "di produzione" del diametro di 60 centimetri (questo raggiunge una cavità sommersa nella quale si incaglia la fresa: per poterla liberare bisogna calarvi, attraverso la perforazione, uno speleosubacqueo di Lubiana).

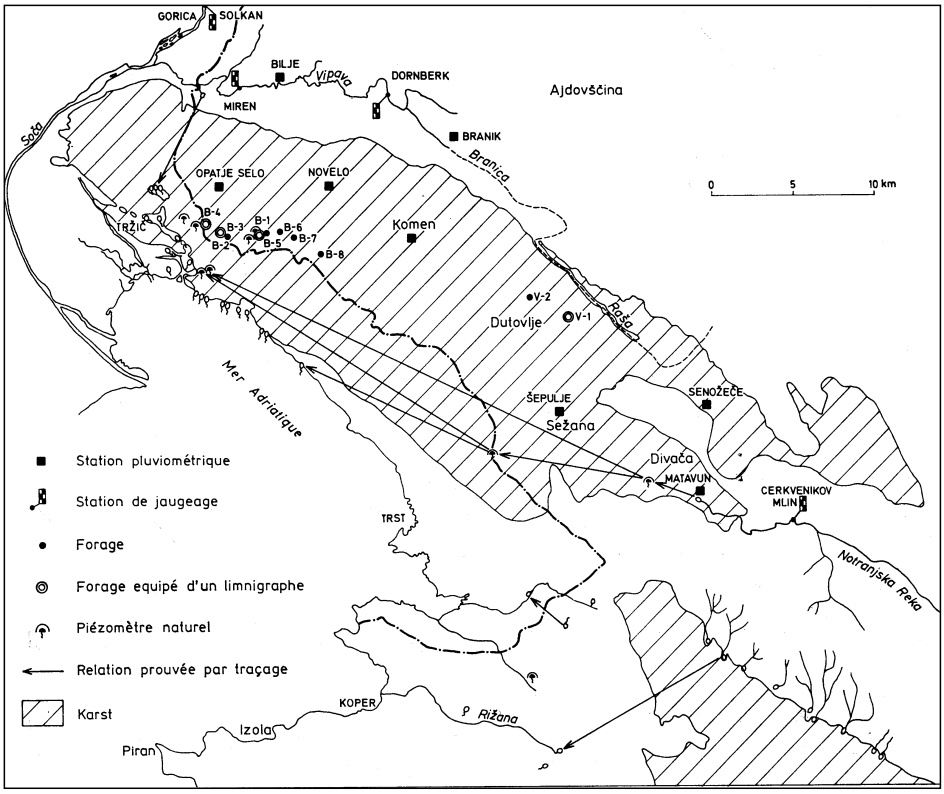
Per contro in una perforazione effettuata nel 1959 allo sbocco della Val Rosandra nei pressi della risorgiva di Bagnoli e condotta fin sotto il livello del mare, viene trovata la roccia calcarea perfettamente compatta ed asciutta "senza traccia di un livello di acqua basale". Così pure la perforazione profonda 182 metri eseguita poco lontano, presso il bivio S. Dorligo - Crogle, attraversa tutta la formazione del flysch e raggiunge, negli ultimi sei metri, i calcari sottostanti che però "sono apparsi completamente impermeabili e privi di flusso idrico"[146].

---

144. Mosetti F. (1965): *Moderni mezzi di indagine geofisica e idrologica in studi sulle acque carsiche sotterranee*, Atti del 9. Congresso Nazionale di Speleologia, Trieste 1963, 105-114.

145. Breznik M. (1998): *Storage reservoirs and deep wells in karst regions*, Balkema, Rotterdam, 171-173.

146. Mosetti F. (1962): *Risorse idriche della zona del porto industriale di Trieste*, "Tecnica Italiana", Trieste, 27(1) (estr. di 27 pp.)



Le perforazioni di Brestovizza (da B-1 a B-8) e di Kazlje (V-1) e Auber (V-2); da Krivic P. (54). Sono indicate anche le stazioni pluviometriche, le stazioni idrometriche sull'Isonzo, sul Vipacco e sul Recca ed i "piezometri naturali" ossia le grotte in cui viene raggiunta l'acqua di fondo.

L'acquedotto del Carso sloveno, in esercizio dal 1983, viene alimentato con una portata di 250 litri al secondo dai pozzi di produzione, trivellati vicino alla perforazione B-4 fino a 30-50 metri sotto il livello del mare.
Sul Carso di Comeno, che si estende tra il vallone di Brestovizza e il margine settentrionale dell'altopiano, rivestono importanza idrologica la grotta di Ponikve, a meno di due chilometri dalla perforazione V-2 (è percorsa da un ruscello che scompare in un sifone a quota 234) e la grotta di Presserie/Preserska jama, distante nove chilometri in linea d'aria dalle perforazioni dell'acquedotto. Nel pozzo terminale della grotta il livello dell'acqua, normalmente a quota 154, presenta oscillazioni di diverse decine di metri, tanto da allagare la cavità fino alla base del pozzo di accesso.

Significativi poi sono i risultati ottenuti in una perforazione tra Sistiana e Duino, a meno di 400 metri di distanza dalla costa, eseguita negli anni Settanta a scopo industriale. Raggiunta l'acqua sotterranea, per incrementarne la portata si fa brillare sul fondo una carica di esplosivo, ottenendo un buon risultato; una seconda mina, molto più forte provoca però la scomparsa dell'acqua e il pozzo da "sorgente" diventa "inghiottitoio" (e da allora viene utilizzato per gli scarichi)[147].

* * *

L'occasione per un ulteriore sviluppo delle indagini idrochimiche viene offerta dal progressivo inquinamento delle acque del Carso, provocato da scarichi fognari e discariche di rifiuti sull'altopiano e soprattutto dalle nuove industrie sorte in territorio sloveno lungo il corso del Recca[148]. L'inquinamento prodotto da questi scarichi industriali viene paragonato, in base alla determinazione del COD (Chemical Oxigen Demand, l'ossidabilità al permanganato dell'acqua), all'apporto di sostanza organica di una città di 500.000 abitanti[149].

Vengono così sottoposte ad un costante controllo igienico-sanitario le fonti di approvvigionamento idrico della città: le sorgenti di Aurisina, rimaste in esercizio fino al 1977, le sorgenti Sardos e le stesse risorgive del Timavo, nelle quali dal 1952 è in funzione una presa per l'integrazione dell'acquedotto Randaccio. Alte concentrazioni di sostanze organiche, bassi tenori di ossigeno disciolto, presenza di schiume e di cattivi odori costringono talvolta ad interrompere addirittura l'emunzione dell'acqua. Le indagini vengono iniziate negli anni Settanta dal Laboratorio provinciale di igiene e profilassi di Trieste, a cura di Fabio Gemiti, che passa poi a dirigere il Laboratorio chimico dell'A.C.E.G.A.T., l'azienda comunale che gestisce l'acquedotto. Si determinano le sostanze organiche presenti nell'acqua mediante metodiche spettrofotometriche (assorbimenti all'ultravioletto), inoltre l'ossigeno disciolto, la durezza, la conducibilità elettrica, il contenuto in calcio, magnesio, sodio, potassio, silice, solfati, nitrati e fosfati, da cui risalire ai rapporti dei sali disciolti. Viene confermato che la diversità riscontrata nelle tre acque è imputabile alla provenienza da falde idriche diverse, per quanto tra loro in un rapporto di interdipendenza non ben chiarito. Viene accertato inoltre, dallo studio di altri due componenti dell'inquinamento (le alte concentrazioni di potassio, specifiche degli inqui-

---

147. Notizia privata Ferruccio Mosetti.

148. Zanetti M. (1979): *Les expériences de coopération locale et régionale en matière de pollution transfrontaliere dans la région de Trieste*, Council of Europe, CONG-TFP (79)10, 1-7.
Habe F. (1984): *Problem sanacije Notranjske Reke in Škocjanskih jam*, Zbornik 9. jugoslovanski speleološki kongres, Zagreb, 841-843.

149. Relazione interna del Laboratorio chimico dell'A.C.E.G.A.T.

nanti in questione, e gli alti valori delle cariche batteriche) che sotto questo profilo non vi è una differenza significativa tra le acque del Timavo e quelle di Aurisina, mentre vi è una differenza profondamente significativa tra queste due acque e quelle delle sorgenti Sardos. In particolare durante le piene l'onda inquinante del Recca, evidentissima nelle risorgive del Timavo, è molto attutita o non si risente affatto nelle pur vicinissime sorgenti Sardos (37).

Gli studi idrologici vengono intensificati sul Carso isontino con l'obiettivo di reperire fonti di alimentazione meno inquinate per l'acquedotto di Trieste. In particolare nel 1975 viene svolta una sistematica campagna di misurazioni e di analisi (36 prelevamenti nei vari regimi idrologici) su tutti i deflussi carsici dalle sorgenti di Aurisina all'Isonzo (39). Per le risorgive del Timavo e le sorgenti di Aurisina si conferma un'alimentazione dal bacino carsico con influenze massicce del Recca nei periodi di piena. Le piene provocate dalle precipitazioni sul solo bacino del Carso vengono rivelate dalle caratteristiche chimiche dell'acqua: gli apporti dalle acque di rapida percolazione presentano infatti una maggiore durezza calcica rispetto agli apporti fluviali esterni o alle acque di lento stillicidio (che si sono demineralizzate nei processi di concrezionamento). Le sorgenti Sardos sembrano alimentate da acque che drenano il complesso calcareo-dolomitico dei rilievi lungo il confine e in certi casi da acque provenienti dal Carso isontino. Viene messa in evidenza la differente alimentazione della sorgente Moschenizze Nord e delle sorgenti Moschenizze Sud: queste appartengono al "sistema Sardos" mentre la prima presenta una composizione chimica pressoché uguale a quella dell'acqua del lago di Doberdò, degli altri laghi carsici e delle sorgenti del Lisert (si tratta di acque che hanno origine dalle precipitazioni sul bacino del Carso isontino e dagli spandimenti della falda dell'Isonzo, prevalenti nei periodi di magra; per tali acque viene esclusa una relazione con il corso sotterraneo del Timavo, come ipotizzato dai vecchi autori). Procedendo dal Sardos verso nord-ovest prevalgono dunque le acque di provenienza isontina; il contributo del Vipacco anche in questa circostanza appare dubbio, tanto da non poter essere evidenziato dall'analisi chimica. Le sorgenti Sardos sarebbero scarichi della falda carsica (che circola più lentamente in una rete di piccole canalizzazioni e fratturazioni della roccia) e non "scarichi del Timavo" come si è creduto in precedenza; l'innalzamento dell'acqua delle sorgenti, ottenuto con la chiusura delle paratoie del Timavo (10), sarebbe dovuto alla trasmissione di pressione idrostatica attraverso i collegamenti sotterranei e non ad un vero e proprio travaso d'acqua, riscontrabile esclusivamente nelle grandi piene[150].

---

150. Non si conosce in quale regime idrologico si siano effettuati gli esperimenti delle paratoie; probabilmente in regime di magra - o meglio durante la magra del Recca - quando la falda carsica ha una pressione più elevata dell'acqua che scorre nelle grandi canalizzazioni del Timavo sotterraneo.

In uno studio sulle caratteristiche chimiche della falda nella piana di Gorizia e in cinque pozzi ai suoi margini, Fabio Gemiti accerta l'esistenza di un consistente contributo dell'Isonzo alla falda carsica di Doberdò, a fronte di uno molto scarso del Vipacco. Osserva in proposito che il Vipacco, nel tratto Rupa-Gabria, scorre in un letto praticamente impermeabile e non influenza apprezzabilmente la falda sottostante; ulteriori ricerche confermano infatti che i sedimenti fini del suo alveo intasano anche le fessurazioni del contiguo altopiano carsico[151].

Viene inoltre constatato che nella grotta di Comarie (4221 VG), situata allo sbocco del vallone di Brestovizza, l'acqua presenta una composizione simile a quella del lago di Doberdò; ciò fa pensare ad un movimento di acque verso il vallone di Brestovizza e non viceversa, come in precedenza si è creduto (40). L'ipotesi viene confermata dai successivi studi (11) e dalle misure piezometriche: in magra il livello del lago di Doberdò, "finestra aperta sulla falda carsica" e nella vicina grotta Andrea (4804 VG)[152] è più alto del livello dell'acqua nelle perforazioni di Brestovizza[153]. In queste il flusso dell'acqua carsica proviene da nord e da nord-ovest, che sono le direzioni prevalenti delle fessurazioni acquifere (52).

Alimentate dalle perdite di subalveo e pertanto filtrate attraverso uno spesso materasso alluvionale, quindi drenate nella profondità di un altopiano calcareo poco abitato e privo di insediamenti industriali, le acque del Carso isontino presentano i migliori requisiti per il potenziamento dell'acquedotto di Trieste ed infatti nel 1984 entrano in funzione le nuove prese Sablici - Moschenizze Nord, con un terzo circa della portata totale, che sostituiscono completamente l'emuntore sussidiario del Timavo (realizzato, come si è detto, nel 1952).

Ma l'idrologia del Carso isontino non è studiata soltanto per le esigenze di pubblica utilità; gioca un ruolo importante anche l'amore per la ricerca scientifica che mette radici nell'ambiente speleologico monfalconese e goriziano, dal quale in seguito prende vita, nel 1986, la Società di Studi Carsici A.F. Lindner di Fogliano-Redipuglia. Sistematiche misurazioni idrometriche, effettuate nel 1975 e '76 nella grotta Nevio (4729 VG) — che si apre sull'estremo lembo del Carso alle spalle di Monfalcone — ed al lago di Doberdò, evidenziano le correlazioni tra la marea del-

---

151. Marusic A., Miniussi D. (1992): *Indagini chimiche, microbiologiche e mineralogiche in alcuni pozzi tra Gabria e Castel Rubbia*, "Studi e Ricerche della Società di Studi Carsici A.F. Lindner", Fogliano (GO), 1:69-78.

152. Gruppo Speleo L.V. Bertarelli (1991): *Trenta grotte del Carso Goriziano*, Gorizia, 121-122 (l'esplorazione subacquea ha raggiunto la quota di nove metri sotto il livello del mare).

153. Habič P. (1985): *Vodna gladina v notranjskem in primorskem Krasu Slovenije (Water table in slovene Karst of Notranjsko and Primorsko),* "Acta Carsologica" 1984, Ljubljana, 13/1984:39-77.

l'Adriatico e la circolazione sotterranea nell'altopiano carsico, con uno sfasamento — in regime di magra — tra le oscillazioni della falda e quelle del mare (87). Viene anche dimostrata una stretta relazione tra la piovosità locale ed i livelli del lago di Doberdò, contrariamente a quanto si è creduto finora e cioè che le piene del lago fossero in relazione con quelle del Vipacco e non con le precipitazioni sul bacino del Carso.

* * *

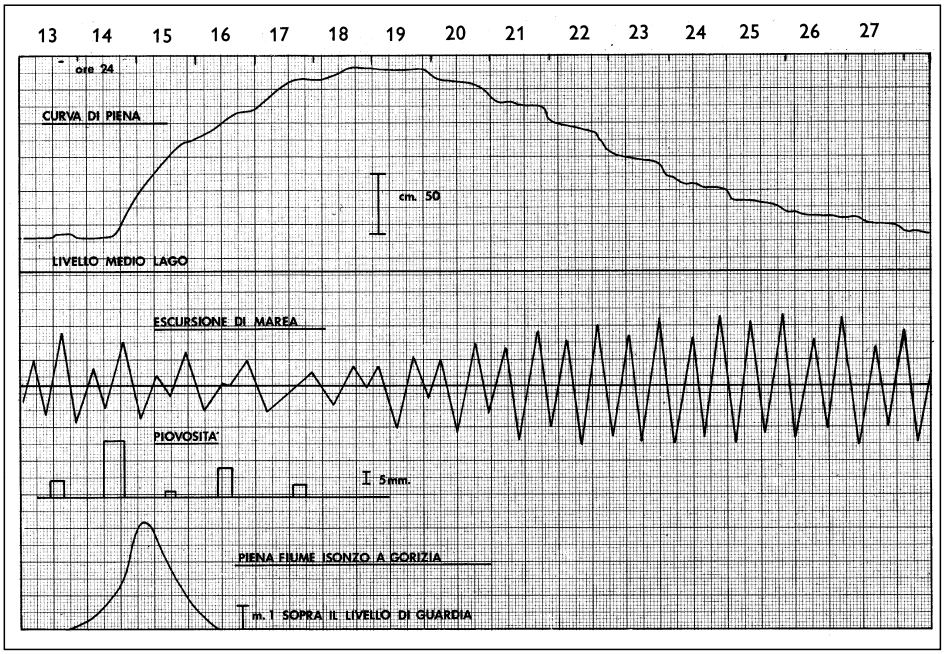
Un tentativo di sfruttare anche le acque di percolazione come traccianti naturali viene successivamente effettuato da Enrico Merlak (64), dopo uno studio preliminare sulle caratteristiche chimiche delle medesime, campionate in quattro grotte del Carso[154]. Questi dati sono comparati con il rapporto calcio/magnesio dei principali deflussi del Carso (Timavo, Aurisina, Sardos e Moschenizze), partendo dal presupposto che le acque di percolazione si arricchiscono in magnesio scorrendo a contatto con le rocce del "complesso dolomitico" cenomaniano (la parte stratigraficamente più alta dei "calcari della creta inferiore" che secondo i vecchi autori costituiscono lo spartiacque sotterraneo tra il solco di Aurisina e il solco di Brestovizza). Tali acque alimenterebbero in misura rilevante — nei periodi di magra e di morbida — le sorgenti Sardos e Moschenizze, ubicate nel punto in cui il "complesso dolomitico" cenomaniano si avvicina maggiormente alla costa; il loro apporto sarebbe molto inferiore alle risorgive del Timavo e del tutto assente alle sorgenti di Aurisina.

Lo studio dei traccianti naturali viene anche esteso all'esame mineralogico dei sedimenti fini trasportati dalle acque sotterranee del Carso, metodica sperimentata ancora nel 1905 da Francesco Salmojraghi, che ha analizzato le sabbie della Kačna jama, della grotta di Trebiciano e delle risorgive del Timavo, confermando la loro provenienza dalla valle del Recca. Nel 1977 Piero Comin-Chiaramonti e Mario Bussani studiano le argille di S. Canziano, Trebiciano e delle risorgive del Timavo, giungendo alle medesime conclusioni (17).

Un'indagine sistematica viene svolta in seguito da Graziano Cancian (14), che analizza campioni di sedimenti prelevati nei fiumi Isonzo, Vipacco, Recca, nella grotta di Trebiciano, alle sorgenti di Aurisina, alle risorgive del Timavo e sorgenti limitrofe e ai vari deflussi del Carso isontino.

---

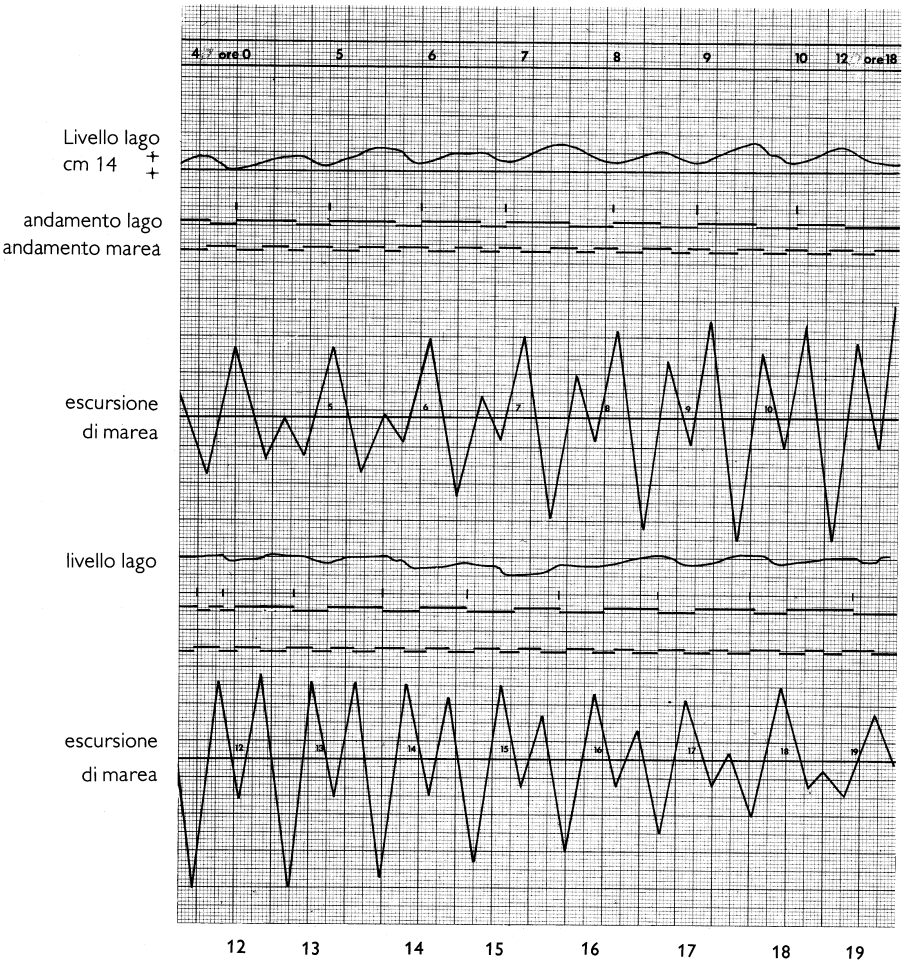
154. Gemiti F., Merlak E. (1977): *Caratteristiche chimiche di acque di percolazione del Carso triestino*, Atti del 2. Convegno di Speleologia del Friuli Venezia Giulia, Udine 1975, 135-144.



In alto e nella pagina a fronte: correlazione tra il livello del lago di Doberdò e le escursioni di marea. Il livello del lago risente immediatamente dell'alimentazione delle precipitazioni atmosferiche e soltanto in un secondo momento dell'apporto Isonzo-Vipacco, che si rivela in tutta la sua importanza da tre a cinque giorni dopo. La curva di decrescita presenta un andamento scalare in funzione delle escursioni di marea; quando il mare si alza si registra un rallentamento nello svuotamento del lago e al contrario una più forte decrescita quando il mare si abbassa.
In regime di magra, si riscontrano regolari oscillazioni del livello del lago però con andamento inverso rispetto alle maree. "In corrispondenza degli innalzamenti del mare, abbiamo un abbassamento del livello del lago e in corrispondenza degli abbassamenti del livello del mare, notiamo un innalzamento del lago". Questo sfasamento potrebbe essere spiegato con il ritardo della propagazione della marea in un acquifero carsico caratterizzato da una circolazione idrica dispersa in un reticolo di fessurazioni. Da: Nicolettis P. (87).

Viene confermata la discriminazione delle acque effettuata in base ai loro parametri chimici: acque del Carso isontino (alimentate in buona parte dall'Isonzo e in maniera solo subordinata dal Vipacco), sistema idrico del Timavo, sorgenti Sardos e Moschenizze (dalle caratteristiche intermedie tra le acque isontine e quelle del Timavo, con un importante apporto di acqua di infiltrazione delle precipitazioni sul Carso), sorgenti di Aurisina (per le quali viene evidenziata una notevole influenza della tamponatura arenaceo-marnosa del Carso nel lato verso il mare: si ipotizza pertanto l'apporto di acque di scorrimento verticale, di infiltrazione, me-

Lago di Doberdò - Regime di Magra dal 4 al 12 settembre 1977



Lago di Doberdò - Regime di magra dall'11 al 19 marzo 1977.

scolate ad acque di scorrimento orizzontale, lungo la tamponatura in questione). In merito alle sospensioni argillose nell'acqua di Aurisina, ancora nel 1911 Guido Timeus ha osservato la differenza di queste torbide con le torbide del Timavo, dove "dopo breve sedimentazione l'acqua rimane perfettamente limpida, o lievemente opalescente; all'incontro nell'Aurisina, sedimentata la parte grossolana, resta in sospensione il terriccio marnoso in polvere sottilissima in uno stato quasi colloidale, che non deposita neppure dopo decine di giorni"[155].

155. Relazione del sottocomitato tecnico in merito ai pareri dell'ing. Kinzer, Trieste, novembre 1911, 6.