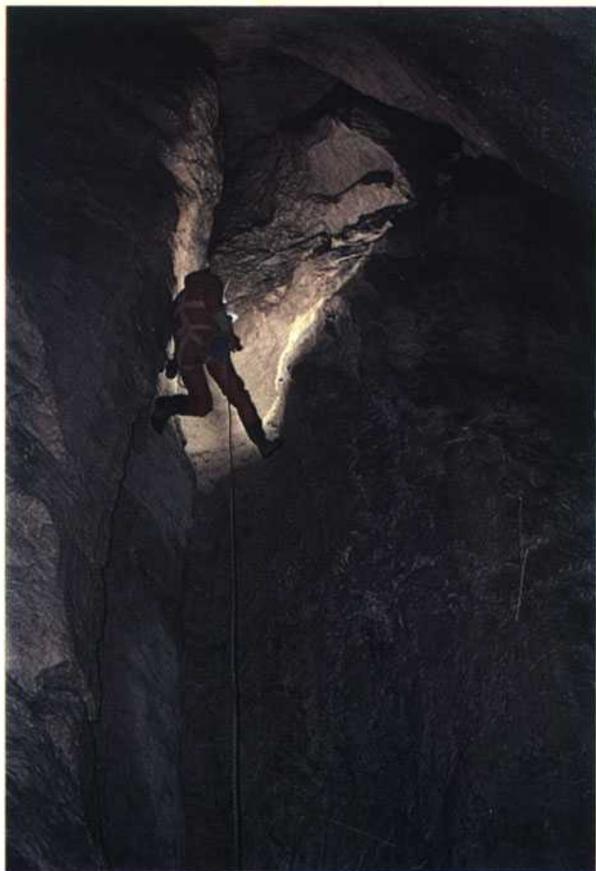


VOLUME VII  
ANNO 1984



# ANNALI

**DEL GRUPPO GROTTA  
DELL'ASSOCIAZIONE XXX OTTOBRE**

**SEZIONE DI TRIESTE  
DEL CLUB ALPINO ITALIANO**

TRIESTE

# ANNALI

DEL

GRUPPO GROTTI DELL'ASSOCIAZIONE XXX OTTOBRE  
SEZIONE DI TRIESTE DEL CLUB ALPINO ITALIANO

FONDATA NEL 1918

*VOLUME VII - 1984*

TRIESTE

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI

EDITO DALL'ASSOCIAZIONE XXX OTTOBRE - SEZIONE C.A.I. DI TRIESTE - VIA S. PELLICO, 1  
STAMPATO DALLA CENTRALGRAFICA S.d.F. DI TRIESTE  
IN COPERTINA: S 20 (Foto FEDEL)

FRANCO BESENGHI

## NOTE SU UN FONTANONE NELL'ALTA VAL RESIA (FRIULI)

### SOMMARIO

Con il presente lavoro viene data descrizione di un fontanone situato sul versante occidentale del massiccio del M. Canin e di due ben distinte e notevoli cavità di grande interesse per la conoscenza dell'idrologia locale.

### SUMMARY

In this work description is given on a great spring situated on the west side of the Canin mountain.

Over more two new and remarkable cave are described which are of great meaning for the knowledge of the local hydrology.

### PREMESSA

Il fontanone è costituito da tre grosse risorgive ben distinte, di cui una sola perenne (il «Fontanone») e due temporanee (la «Grotta sopra il Fontanone» e la «Risorgiva sotto il M. Sart»). Venne individuato nel 1979 su indicazioni di alcuni abitanti di Stolvizza (Comune di Resia - UD), di cui però solo pochi sono stati personalmente sul posto. Tutte le notizie raccolte consistevano infatti in una descrizione sommaria e alquanto fantasiosa di una grotta alle pendici della montagna e legata, tra l'altro, ad una leggenda; ci vollero ben quattro uscite solo per individuare il sentiero e raggiungere la zona che si presenta molto impervia e ormai non più frequentata.

Dalle esplorazioni effettuate si è dedotto che la grotta indicataci è quella che da noi è stata chiamata «Risorgiva sotto il M. Sart», individuata solo in un secondo tempo, in quanto si è prima scoperta la «Grotta sopra il Fontanone». Riguardo a

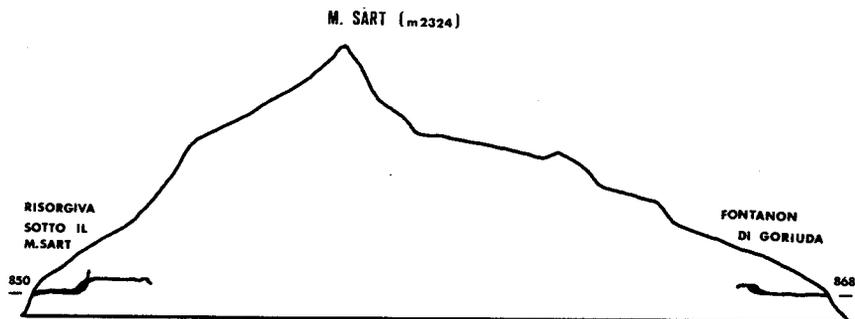
quest'ultima, data la mancanza di informazioni nonchè la difficoltà dell'accesso e l'assenza di tracce di un eventuale passaggio di persone, si è giunti alla conclusione che questa era del tutto sconosciuta ai valligiani, nonostante le notevoli dimensioni del portale d'accesso.

## LA ZONA

Geograficamente ci troviamo sul versante occidentale del massiccio del M. Canin (Alpi Giulie), ad una quota di 800 metri circa s.l.m. e più precisamente alle pendici meridionali del M. Sart (m. 2324), nell'alta Val Resia.

Di fronte, e a non molta distanza, si trova l'abitato di Stolvizza (m. 570). La zona si presenta molto impervia, con pendii ripidissimi, ricoperti da una fitta vegetazione e solcati da canaloni spesso difficilmente percorribili. Quasi alla sommità del canalone principale, lungo il quale scorre il Rio Sart, si apre il «Fontanone» vero e proprio con la soprastante grotta, da noi chiamata, forse con poca fantasia, «Grotta sopra il Fontanone». Poco più a valle il canalone si unisce ad un altro, alla cui sommità si trova l'altra grotta (Risorgiva sotto il M. Sart). In linea d'aria le due grotte si vengono a trovare a meno di un centinaio di metri di distanza l'una dall'altra.

L'analisi effettuate su campioni di roccia ha accertato che le grotte si aprono in calcari dolomitici del complesso della dolomia principale. La stratificazione è costante con spessori dell'ordine del metro, mentre più in alto sono presenti i calcari liassici tipici dell'altipiano del M. Canin.



## IDROGRAFIA

Il Fontanone con la soprastante grotta costituisce un'unica risorgiva; anche la seconda grotta, benchè situata in un canalone vicino, molto probabilmente fa parte dello stesso sistema idrico. Esternamente è ben visibile la grossa frattura, orientata in direzione NNO-SSE, nella quale si è originato il fenomeno.

Il fatto che le due grotte si trovino molto vicine e lungo la stessa linea di fratture può far supporre che si tratti di un'unico sistema idrico, il cui attuale livello di base è costituito dal «Fontanone» vero e proprio.

Quasi sicuramente la grotta che si apre poco più sopra è il relitto di un antico livello di base, un tempo molto più alto. Si è constatato però che in occasioni di forti precipitazioni l'acqua defluisce ancora da questa grotta, interessando varie risorgive poste a più livelli, a cominciare ovviamente da quelli più bassi.

Ad un primo esame il bacino imbrifero che alimenta le risorgive sembra costituito dalla soprastante zona compresa tra il M. Sart (m 2324) ed il Picco di Grubia (m 2240), dove recenti esplorazioni hanno portato alla scoperta di alcuni abissi. Per confermare però tale ipotesi sarebbe necessario effettuare delle prove con traccianti. Con lo stesso metodo si potrebbe anche verificare l'eventuale consistenza di un bacino molto più vasto, comprendente tutta la zona tra il M. Sart, il Col Sclaf (m 2157) ed il Foran del Muss (m 2009).

Il Fontanone viene così ad inserirsi tra le risorgive carsiche degne di nota che servono al deflusso delle acque sotterranee del massiccio del M. Canin e che sono i ben noti Fontanon di Goriuda a quota 868 m s.l.m., sul versante Nord in Val Raccolana, e la Bocca di Plezzo e la Sorgente di Plusina, rispettivamente alle quote di 731 e 440 m s.l.m., sul versante S-E lungo la destra orografica dell'Isonzo, in territorio jugoslavo.

## ITINERARIO PER RAGGIUNGERE LA ZONA

Si parte dall'abitato di Stolvizza (m 570) scendendo per il sentiero che porta al sottostante torrente Resia (m 490) <sup>(1)</sup>. Si prosegue quindi lungo il sentiero sulla sponda sinistra del fiume fino a raggiungere un guado, oltrepassato il quale si inizia la salita. Alla fine della rampa, all'altezza di una casera (m 566), il sentiero svolta a sinistra e si inerpica per un bosco di pini. Arrivati ad una cappelletta (m 660) si prende il sentiero sulla sinistra, che solo per un breve tratto prosegue in piano, e poi si congiunge ad un altro sentiero proveniente dalla destra. Si prosegue lungo questo, svoltando per due bivii consecutivi sulla destra, fino ad una casera diroccata (m 810), da dove è visibile il Fontanone.

Si sale quindi attraverso il prato soprastante, dove il sentiero diventa appena un'esile traccia. Si prosegue sempre in salita in mezzo al bosco, attraversando alcuni canaloni, fino a che, usciti dal bosco, si raggiunge la sommità di un canalone (m 910) nel quale ad una sessantina di metri più in basso, si apre l'ingresso della «Risorgiva sotto il Sart».

Quest'ultima può essere raggiunta più facilmente lasciando il sentiero circa settanta metri più in basso e attraversando una cengia che permette di accedere alla grotta senza doversi calare con una corda dalla sommità del canalone.

Proseguendo in quota si raggiunge una spalla (m 900), che divide in canaloni dove si aprono le due grotte, da dove si scende per una cinquantina di metri, mantenendosi il più possibile sulla destra fino alla sommità dell'altro canalone. Si scende fino a trovare dei salti verticali (m 840), ci si cala con una corda per altri cinquanta metri

---

(1) Si può anche risalire il torrente partendo dal ponte lungo la strada per Coritis (m 533), proprio sotto il paese di Stolvizza, evitando così al ritorno la salita dal fiume al paese.

circa e si arriva al Fontanone (m 780). Attraversando invece il bosco, sulla sinistra, si raggiunge il fianco della grotta nel punto in cui bisogna calarsi, sempre servendosi di una corda, per una decina di metri.



M.te Sart visto da Stolizza



Il Fontanone

## DESCRIZIONE DELLE RISORGIVE

### A) *Il Fontanone*

Il Fontanone vero e proprio risulta impraticabile. L'acqua fuoriesce da una fessura d'interstrato larga appena una decina di centimetri, interessante tutto il fronte del canalone, che in quel punto è largo meno di dieci metri, alla base di un salto di circa quindici. Nel corso delle varie uscite effettuate in zona si è sempre constatata la presenza di acqua in questa risorgiva, anche se con portate molto diverse si hanno variazioni di portata enormi, anche nell'arco di poche ore.

A seguito delle precipitazioni meteoriche; tale caratteristica è dovuta indubbiamente alla particolare morfologia del complesso carsico in cui ci troviamo.

## B) Grotta sopra il Fontanone

Si apre una trentina di metri sopra il Fontanone e rappresenta l'antico livello di base ora abbandonato per l'abbassamento della falda idrica, che diventa ancora attiva in caso di grosse precipitazioni.

L'ingresso (P. A) si presenta con un ampio portale largo circa dieci metri ed alto più di quindici; da qui si diparte una grande galleria ascendente lunga una trentina di metri. A pochi metri dall'ingresso, sulla destra (P. C), un'altra breve galleria a meandro mette in comunicazione con un'altra laterale che sbocca a sinistra in una caverna e a destra all'esterno, formando il secondo ingresso della grotta (P. B). Questo ramo laterale costituisce probabilmente il residuo di altre gallerie che un tempo qui trovavano sbocco.

Percorrendo la galleria principale si arriva in un'ampia caverna i cui assi misurano 40 x 20 m e l'altezza supera i 30 m. (P. D). Il fondo della galleria e della caverna, che presentano una stratificazione suborizzontale della potenza di circa un metro, è ricoperto da enormi massi di crollo.



Sul lato sinistro della caverna (lato Ovest) una galleria in discesa (P. E), dopo una cinquantina di metri, presenta un notevole abbassamento della volta. Per proseguire si è dovuto effettuare uno scavo nella ghiaia qui presente sul fondo. Oltre a questa specie di «sifone» di ghiaia si entra in una cavernetta intersecata da uno stretto meandro, percorribile per alcune decine di metri fino ad una frana che non permette alcuna prosecuzione.

Sempre sullo stesso lato della caverna, ad una decina di metri da terra, si apre una galleria verso l'esterno che dopo un poco si restringe fino a diventare impraticabile. Dalla parte opposta, quasi sulla volta (lato Est) è ben visibile, ad una trentina di metri d'altezza, l'imbocco di una galleria d'interstrato dalla quale, nel corso di una esplorazione fatta in unà giornata molto piovosa, si è formata all'improvviso una cascata di notevoli dimensioni (P. F). Considerato che alla base della cascata è evidente la presenza di ghiaia e di grossi ciottoli arrotondati, è molto probabile che questa galleria costituisca un ramo ancora attivo in caso di forti precipitazioni.

Sempre sul lato Est si apre una fessura larga poco meno di un metro, alta dieci, ostruita da una frana (dove si sono effettuati dei lavori di scavo), oltre la quale si sente il rombo di un grosso corso d'acqua (P. G). Probabilmente si tratta dell'acqua (o almeno di una parte) che poco più sotto alimenta il Fontanone. Sempre in occasione di grosse precipitazioni si è anche vista una notevole quantità d'acqua uscire tra i massi presenti sul fondo della galleria d'accesso.

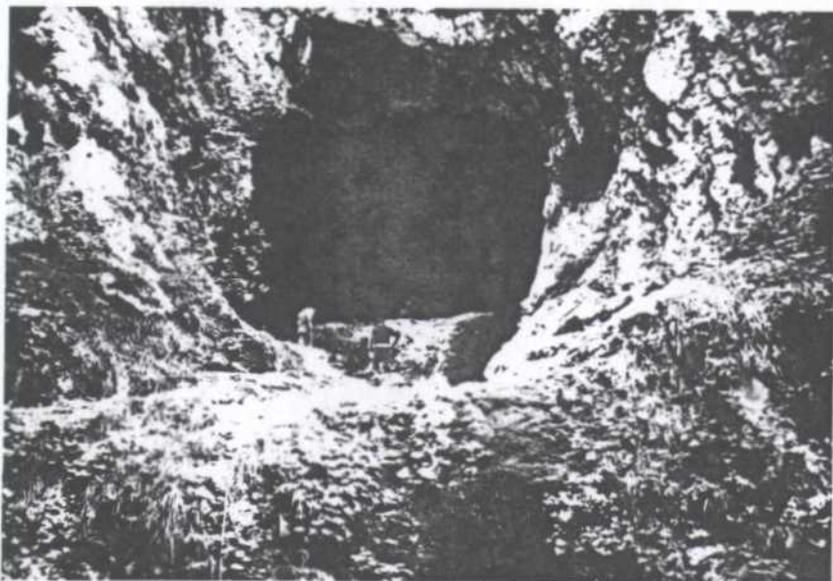
### C) Risorgiva sotto il M. Sart

È questa la principale e la più importante fra le due cavità esplorate. L'ingresso si apre cinque metri sopra il livello del torrente che forma il canalone antistante, alla base di una parete alta circa cinquanta metri. L'imbocco (P. A), la cui sezione è di m 6 x 8, dà accesso ad una galleria d'interstrato che è possibile risalire mediante alcuni brevi salti in arrampicata; alla sommità (P. B) una cengia permette di superare, sulla destra, un lago lungo una decina di metri.

A circa cinquanta metri dall'ingresso si incontra sulla sinistra un ramo laterale (P. C), successivamente la galleria svolta poco dopo ad angolo retto verso sinistra e poco più avanti si incontra un modesto corso d'acqua che qui sprofonda in una stretta fessura impraticabile (P. C1) <sup>(2)</sup>. Si prosegue per la galleria (interessata ora dal corso d'acqua) per alcune decine di metri fino ad entrare attraverso una frana in un basso e stretto cunicolo (P. E1). Prima della frana, sulla destra, il torrente affluisce attraverso alcuni massi da un passaggio impraticabile (P. E) <sup>(3)</sup>.

<sup>(2)</sup> Un centinaio di metri più a valle, lungo il canalone, è stato individuato nel greto del torrente uno stretto meandro profondo alcuni metri, che risulta impraticabile e dove scorre un corso d'acqua che è molto probabilmente quello presente nella grotta.

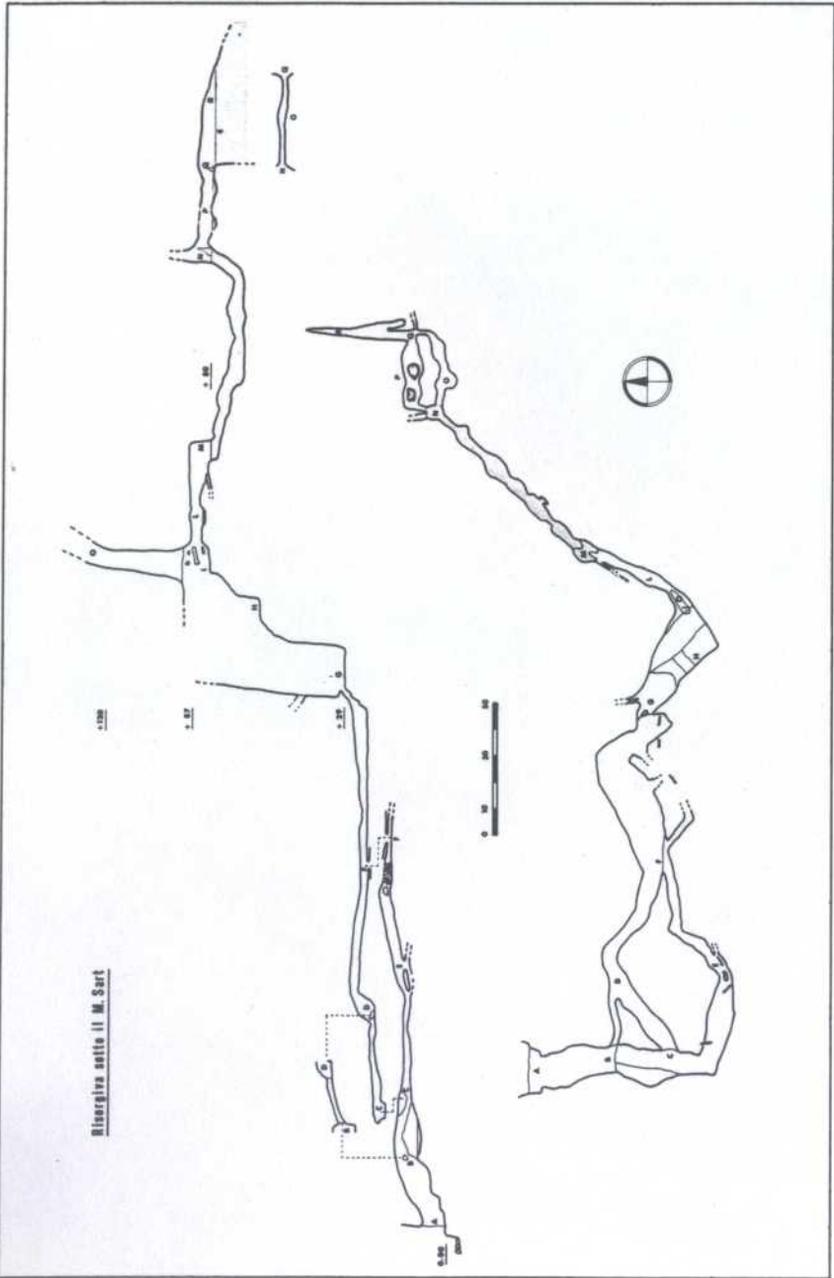
<sup>(3)</sup> Il corso d'acqua che si incontra a tratti nella grotta è alimentato dal 1° lago-sifone.



La Risorgiva sotto il Monte Sart - l'ingresso.



La Risorgiva vista dall'interno



Oltrepassata la frana si entra nel ramo laterale indicato precedentemente (P. F) e che risulta essere la via più agevole da percorrere. Esso è costituito da una galleria d'interstrato, ormai fossile, che presenta in molti punti concrezioni stalattitiche e che raggiunge la larghezza di oltre venti metri ed un'altezza di 2-3 m. Dopo circa un centinaio di metri, una breve arrampicata attraverso grossi massi porta in una grande sala (P. G), sulla cui parete sinistra scorre una cascatella. Lungo la parete N-E si risale in arrampicata per una cinquantina di metri; alla sommità un meandro (P. I), lungo cinquanta metri, largo due e alto circa dieci, porta al lago-sifone (P. M). All'inizio del meandro si è risalito in arrampicata un camino per una trentina di metri fino alla base di una frana che non permette ulteriori prosecuzioni (P. 11).

Il sifone è lungo 85 metri e profondo 15; l'acqua si presenta limpidissima, con una visibilità di circa trenta metri e con una temperatura di appena 2-3 gradi centigradi.

Superato il sifone, una serie di gallerie d'interstrato (P. P-O), poste a più livelli, portano dopo una trentina di metri ad un lago molto profondo che sifona dopo venti metri (P. R). Lungo la galleria appena percorsa si sono intraviste anche alcune diramazioni, ma che non sono state esplorate. Vista però la morfologia della cavità, sicuramente la prosecuzione principale è costituita dal sifone finale.



Risorgiva sotto il M.te Sart: il sifone

## PROSPETTIVE FUTURE

Le possibilità di scoprire ulteriori prosecuzioni sono ormai ben individuate, ma presentano notevoli difficoltà di esplorazione.

Nella «Grotta sopra il Fontanone» ad esempio, per raggiungere la galleria intravista quasi sulla volta della caverna sarebbe necessaria un'arrampicata, probabilmente in artificiale, di circa 30 metri. Inoltre la frana, oltre la quale si sente il rumore di un grosso corso d'acqua, richiederebbe un lungo e difficile lavoro di scavo, in quanto ci si trova alla base della frana stessa.

Nella «Risorgiva sotto il M. Sart», a parte alcune diramazioni laterali tra i due sifoni non ancora esplorate, resta da superare il secondo sifone, con tutte le difficoltà logistiche che una tale esplorazione richiede.

## NOTE DI FLOKLORE IN MERITO ALLA «RISORGIVA SOTTO IL M. SART»

La grotta è conosciuta in paese come «Grotta del Serpente», nome che certamente le deriva dalla leggenda ad essa legata. Oltre alla leggenda, tra la gente corre anche voce di una descrizione alquanto fantasiosa della cavità.

Nessuno vi aveva mai osato entrare se non per poche decine di metri e chi l'aveva fatto (quasi sempre cacciatori) raccontava di aver visto una grande caverna con laghi profondi e fiumi impetuosi e insuperabili, per cui non aveva osato addentrarsi più che tanto. Forse, a fermare gli eventuali esploratori, ha contribuito anche il timore suscitato dalla leggenda che vuole la presenza in questa grotta di un grosso serpente lungo una ventina di metri e grosso quasi uno, con il corpo coperto di peli e con la testa di gatto. Esso frequentava in genere i paraggi della grotta, ma qualche volta era stato visto anche presso il paese. Non assaliva le persone ma si limitava a volte a catturare gli animali al pascolo.

Qualche vecchio in paese ricorda che da ragazzo aveva sentito di persone, per lo più donne intente al pascolo del bestiame o al lavoro dei campi, che erano fuggite terrorizzate alla vista dell'animale.

È però dall'inizio del secolo che nessuno ne ha più segnalato la presenza.

## DATI CATASTALI

### **Risorgiva sotto il Monte Sart (Fr 1889)**

*Carta:* F° 14 II SE Monte Canin - 1:25.000 - *Longitudine:* 0° 55' 56"50 - *Latitudine:* 46° 22' 09"50 - *Quota ingresso:* m 850 slm - *Pozzo d'accesso:* + 5 - *Pozzi interni:* + 32, + 19, + 33 - *Profondità:* m + 120 - *Sviluppo:* m 622 - *Rilevatori:* F. Besenghi (a-m) - L. Russo, G. Ercolani (m-n) - L. Russo, A. Fedel (n-r) - *Associazione* XXX Ottobre - *Data rilievo:* settembre 1980 - luglio 1983

### **Grotta del Fontanone sotto il Monte Sart (Fr 2302)**

*Carta:* F° 14 II SE M. Canin - 1:25.000 - *Longitudine:* 0° 55' 53"50 - *Latitudine:* 46° 22' 11" - *Quota ingresso:* m 820 slm - *Pozzo accesso:* / - *Pozzi interni:* / - *Profondità:* m + 42 - *Sviluppo:* m 205 - *Rilevatore:* F. Besenghi - *Ass.* XXX Ottobre - *Data rilievo:* luglio 1983

ALDO FEDEL

## UN NUOVO ABISSO SUL M. CANIN «ET 5» - ABISSO A SE DELLA «QUOTA IGM 1972»

### RIASSUNTO

In questa nota viene descritta un'importante cavità situata nell'altopiano carsico del M. Canin, a S.O. del «Col delle Erbe», essa è caratterizzata dalla presenza di numerosi ambienti angusti, che si alternano a pozzi taluni di dimensioni ragguardevoli.

Questo abisso, che è tra i più profondi della regione, riveste particolare interesse per future ricerche in relazione alla breve distanza che lo separa da altre due cavità altrettanto importanti (Abisso E. Boegan N. Fr 555 ed Abisso S 20 N. Fr 1359-1361).

### SUMMARY

In This report is described an important cave situated in the Karst plateau of Canin Mount, on south-west side of the «Col delle Erbe». The cave is characterized by many narrow ambients joint each other with wells which depth is some time remarkable.

This abyss, one of the most deeper in the region, is of great interest for the coming researches in connexion with the short distance separating it from other two likely important caves.

Scoperto già nell'estate del '79, l'ingresso della cavità si presentava ostruito da detriti, tuttavia la presenza di una certa corrente d'aria che fuoriusciva dai massi di crollo fece supporre l'esistenza di vani sotterranei. Dopo alcune ore di scavo si poté accedere al primo meandrino, che però risultò impraticabile a soli 5 m di profondità.

Essendo, in quel periodo il nostro sodalizio impegnato nell'esplorazione del vicino abisso S20-S31 (1359-1361 FR), un'ulteriore indagine in questa nuova cavità venne rimandata a tempi migliori.

Ripresi i lavori nell'estate dell'81, si riuscì facilmente a superare la strettoia ed accedere così ai primi vani più interni che, dalle loro dimensioni, hanno suscitato subito le migliori speranze.

Nelle stagioni '81-'82 vennero effettuate varie uscite, non senza delusioni, causate dalla presenza di numerosi passaggi stretti, che hanno fatto dubitare sulla prosecuzione dell'abisso. Si riuscì comunque a raggiungere la profondità di —633 m, arrestandosi, per mancanza di materiale, sull'orlo di un pozzo.

Nell'autunno '83, con la collaborazione della C.G.E.B., si poté completare l'esplorazione del ramo principale, raggiungendo la profondità massima di —726 m, nonchè effettuare il recupero dei materiali fino a —262 m, i quali sono sempre rimasti nell'abisso per tutta la durata delle esplorazioni.

La cavità ha un andamento prevalentemente sub-verticale, ed è costituita da un susseguirsi di pozzi, anche molto vasti e profondi, intervallati da meandri relativamente brevi, ma generalmente stretti, che non solo rendono faticoso il passaggio agli speleologi di corporatura più robusta ed il trasporto dei materiali, ma fanno anche sembrare che lo sviluppo sia superiore a quello effettivo.

Oltre alla bellezza di alcuni ambienti, un importante aspetto positivo è la scarsa attività idrica che non diviene particolarmente fastidiosa neppure in occasione di forti precipitazioni: infatti l'acqua che si raccoglie lungo la cavità, grazie ad un certo numero di apporti secondari, va ad infiltrarsi dopo brevi percorsi in fessure impraticabili, oppure viene assorbita da crolli, facendo sì che alla massima profondità vi sia una portata d'acqua di gran lunga inferiore a quella che si riscontra a circa —150; in questo tratto infatti si trova la maggiore quantità d'acqua, che va però ad immettersi in una fessura strettissima (fra i rif. 10 e 11 del rilievo).

A causa quindi della scarsa attività idrica sono presenti in certe parti della cavità dei depositi di fango per lo più di color bruno rossastro, che ricoprono con una sottile patina le pareti di alcuni meandri, rendendoli ancor più viscosi e faticosi. È da segnalare pure la presenza di alcuni fenomeni di concrezionamento, notevoli per il tipo di cavità e la zona in cui si trova; essi consistono in alcune colate calcitiche situate in prossimità del rif. 14 del rilievo ed in altre forme isolate di piccole stalattiti e stalagmiti presenti in vari punti a circa —500. Anche le pareti del meandro principale, ubicato a circa —105, sono spesso ricoperte da un sottile strato di calcite molto scabrosa, che è deleteria per l'usura che provoca alle tute ed imbragature degli speleologi.

Degno di nota e molto curioso è il fatto che in occasione di una intensa precipitazione, percorrendo la serie di pozzi che va da —200 a —400 circa, pur non essendo aumentata eccessivamente l'acqua in questo tratto, si udiva un cupo fragore di cascata, però lontana, che non si è potuta localizzare; sarà quindi opportuno in futuro tentare di raggiungere delle finestre site lungo detti pozzi, con la speranza che permettano di raggiungere la parte attiva, oppure di collegarsi con il vicino abisso S20-S31.

Difatti l'ingresso della cavità in esame dista poco più di 150 m da quest'ultimo; consiste in una cavernetta situata a SE di una piccola elevazione (quota I.G.M. 1972 slm), al margine N di una depressione che costituisce l'incrocio fra tre fratture: 2 sub-parallele orientate NNO-SSE ed una avente l'asse ENE-OSO; anche l'abisso si articola prevalentemente lungo queste direzioni: al primo sistema corrispondono i tratti con maggior sviluppo, al secondo appartengono gli assi principali delle sezioni dei grandi pozzi; è da segnalare tra l'altro che anche l'ingresso dell'abisso S20-S31 si

trova lungo una di queste fratture.

Nella cavernetta d'accesso, tra i massi di crollo, si apre un pozzetto che non richiede l'uso di attrezzi; esso termina con un cunicolo molto basso che tende ad ostruirsi con i detriti ghiaiosi provenienti dall'alto. Segue uno stretto meandro lungo solo alcuni metri, che dopo una svolta a destra presenta la strettoia ove ci si era fermati nel corso della prima esplorazione.

Poco più avanti il meandro sbuca in una cavernetta (rif. 2 del rilievo), cui si giunge dopo aver disceso un salto di 6 m; all'estremità opposta, tra i massi, si apre un pozzo abbastanza franoso che porta ad un'altra caverna.

Qui, sulla destra, c'è un pozzo profondo 15 m alla cui base si diparte uno stretto meandro ancora inesplorato (rif. 3). Scendendo invece un salto di 6 m e superato un grande masso incastrato, si accede ad un meandro che con una serie di salti porta ad un pozzo di 17 m, del quale si scendono solamente 8 m, andando invece a raggiungere una finestra sulla parete opposta (rif. 4).

Da qui si percorre un meandro fossile, che dapprima si presenta largo quasi 1 m, per poi restringersi fino ad una strettoia; oltre ad essa si trova un pozzo di 19 m sovrastato da un alto camino da cui proviene un forte stillicidio (rif. 5).

Alla base del pozzo ha inizio un meandro dall'andamento molto regolare, lungo 130 m e largo in media 30 cm, che si percorre lungo una cengia posta ad alcuni metri dal fondo, la quale facilita enormemente la progressione. Al termine vi è un salto di 9 m (rif. 6); successivamente il meandro prosegue con diversa morfologia: non presenta



Il p. 17 a —75 (Riferimento 4)



Meandro a —80 sopra il p. 19

più la suddetta cengia ed ha un andamento più tortuoso, le pareti sono dilavate dall'acqua e sono inglobate nella roccia numerose conchiglie fossili della specie «Megalodon». Dopo pochi metri si perviene ad un ulteriore salto di 9 m, indi si giunge ad un bivio: verso sinistra si continua verso il fondo, mentre a destra si risale un meandro che termina alla base di un camino altissimo dal quale proviene una consistente quantità d'acqua (rif. 8).

Procedendo nel ramo principale si giunge ad un salto, dove, per raggiungere il punto più comodo per la discesa, conviene imboccare sulla sinistra uno stretto meandrino che forma un breve by-pass: infatti dopo pochi metri si ritorna in prossimità del punto di partenza. Si scende così questo salto di 8 m e gli altri che seguono rispettivamente di 7, 11 e 12 m, intervallati da brevi tratti orizzontali; indi si perviene al punto in cui l'acqua defluisce in un pozzetto di 7 m alla cui base vi è una fessura impraticabile.

Per continuare la discesa nell'abisso bisogna imboccare, alla base del pozzo di 12 metri, un angusto passaggio in leggera salita, che porta oltre un diaframma roccioso, ove si è sovrastati da un camino, mentre il suolo è solcato da una fessura. Percorsi alcuni metri orizzontali, ci si cala verticalmente nello stretto meandro per circa 10 m, giungendo in un tratto più comodo, che dopo pochi metri termina sull'orlo di un salto di 10 m, il quale sovrasta il grande pozzo di 80 m.

Qui ha inizio la parte prevalentemente verticale, costituita da una serie di pozzi che sprofondano per complessivi 200 m circa. Questo tratto dell'abisso è impostato su un incrocio di fratture pressochè ortogonali; i pozzi, generalmente vasti, sono sovrastati da camini altissimi.

Il pozzo di 80 m si presenta molto vasto e di forma cilindrica; nella parte superiore è solcato per circa 20 m da un colatoio asciutto e leggermente inclinato, dopo il quale le pareti diventano strapiombanti e la discesa avviene al centro del pozzo; a circa 40 m dal fondo la parete S è solcata da una grande spaccatura, che costituisce la giunzione con il salto successivo. Segue infatti un piccolo salto di 3 m formato da un masso incastrato e, dopo un breve ripiano, vi è un pozzo di 34 m; esso è molto vasto ed alla base ci sono notevoli fenomeni di crollo, tra cui un grande masso di circa 3 x 2 m (rif. 12). Seguendo la parete destra della caverna, si giunge sull'orlo di un pozzo di 19 metri che presenta sulla parete SSE un'ampia finestra, che costituisce lo sbocco di un meandro.

Seguono una serie di salti intervallati da brevi ripiani (p. 18 m e p. 37 m); lungo l'asse principale (ENE) l'ambiente è talmente vasto che non si riesce a scorgere la parete opposta. Alla base (rif. 15) si diparte uno stretto meandro, le cui pareti sono scivolose perchè ricoperte da una patina di fango scuro asciutto. Questo vano, perfettamente rettilineo con direzione NNO, sprofonda dopo 30 m nel grande pozzo di 100 m; esso ha la sezione ellittica di 6x10 m. con l'asse principale orientato NE e va restringendosi leggermente verso il fondo. In rapporto alle dimensioni del pozzo non vi sono alla base grandi fenomeni elastici, e, sulle pareti, sono pure molto scarsi i depositi fangosi; tutto ciò sarebbe segno evidente di intensa attività idrica, che però non è stata mai riscontrata durante il ciclo di esplorazioni, è presente infatti solamente un debole stillicidio.

Alla base, risaliti in arrampicata alcuni blocchi, ci si trova sotto ad un grande

camino; invece, per continuare la discesa, ci si infila in una fessura semiostruita da alcuni massi e si scendono due piccoli salti, dei quali il secondo in arrampicata. Si perviene così ad un meandro rettilineo con direzione N, all'inizio abbastanza comodo; esso poi si restringe fino ad obbligare a procedere vicino alla volta. La condotta sommitale, sfondata da una fessura impraticabile, termina su un salto di 15 m, cui segue un altro di pari profondità (rif. 17); alla base vi è un breve meandro con le pareti ricoperte da una sottile patina di asciutto fango rossastro.

Ci si trova così sull'orlo di un pozzo di 22 m (rif. 18), cui segue un altro meandro con direzione NNE; esso dopo pochi metri abbastanza comodi si restringe, difatti gli ultimi tre metri sono veramente faticosi; oltre la strettoia il meandro sprofonda direttamente nel pozzo successivo di 17 m, sicché effettuare l'armo risulta pericoloso per l'impossibilità di assicurarsi efficacemente. Alla base, tra grandi massi si apre il salto successivo di 14 m, cui segue uno da 3 m e due pozzi contigui, rispettivamente di 23 m e 24 m, essi sono abbastanza vasti ed hanno la tipica morfologia del pozzo-cascata, sono però interessati soltanto da un debole stillicidio.

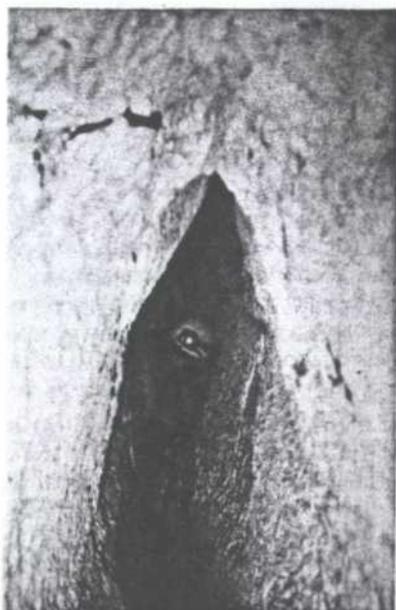
Al fondo del secondo si trova un meandro, che dopo pochi metri presenta un passaggio scomodo, nel quale a causa della volta molto bassa è facile bagnarsi in una pozza d'acqua. Per evitarlo, invece di imboccare il suddetto meandro, dalla base del pozzo si salgono in arrampicata un paio di metri fino ad una finestra; dall'altra parte vi è un salto di 7 m, sul fondo del quale ha inizio un meandro abbastanza comodo, che dopo circa 15 m si congiunge col precedente. Esso va percorso quasi sotto la volta e



Il meandro a —490



La condotta a —490 prima del p. 10



In strettoia a —530, sopra il p. 17



Il p. 23 a —610

termina sull'orlo di un vasto pozzo di 34 m, al quale è contiguo un ulteriore salto di 11 metri.

All'altezza del ripiano che separa i due pozzi (rif. 22), sulla parete opposta, vi è una finestra ovale del diametro di due metri, parzialmente occlusa da conglomerati morenici; essa è stata raggiunta con una difficile arrampicata. Da qui si diparte una galleria ascendente, che si sviluppa su un interstrato inclinato a 30°; essa è sfondata alla base da un meandro interessato da scarsa attività idrica.

In questa galleria sono presenti enormi depositi di argilla sabbiosa, in alcuni punti essi ne occupano quasi l'intera sezione ed ostruiscono quindi la comunicazione tra essa ed il meandro, facendo quasi sembrare che esso sia una parte a sé stante. L'esplorazione della galleria si è arrestata sotto ad un salto di circa 8 m, probabilmente sopra il quale essa prosegue; mentre il meandro continua ancora una trentina di metri, restringendosi fino a diventare impraticabile.

Disceso il pozzo di 11 m (rif. 22), ci si trova in un vasto ambiente interessato da grandi fenomeni di crollo, impostato lungo una frattura orientata ENE-OSO; la volta è invisibile perchè si è alla base di un enorme camino, che costituisce un ambiente unico con il sovrastante pozzo di 34 m (rif. 21, 22, 23, 27).

A pochi metri dalla base del salto di 11 m, imboccando una fessura tra i massi, si prosegue la discesa verso il fondo: sceso un pozzetto in arrampicata, varcata una strettoia, si accede ad un pozzo di 19 m, del quale la parete SO è costituita interamente da conglomerati; segue un altro pozzo di 11 m, anch'esso con le stesse

caratteristiche. Un ulteriore salto di 7 m pone termine all'abisso, il quale anche in questo tratto presenta scarsa attività idrica e la poca acqua presente defluisce in una fessura impraticabile sul lato E della cavernetta terminale.

#### DATI CATASTALI

*Numero Catastale:* Fr 2303

*Denominazione:* Abisso a SE della «Quota IGM 1972» ("ET5")

*Carta:* F° 14 II SE Monte Canin

*Longitudine:* 0° 59' 31"

*Latitudine:* 46° 22' 18"

*Quota ingresso:* 1918

*Pozzi interni:* 6, 16, 7, 5, 6, 7, 9, 17, 19, 9, 9, 8, 7, 11, 12, 7, 10, 10, 80, 3, 34, 19, 18, 37, 100, 6, 10, 10, 22, 17, 14, 4, 24, 23, 10, 34, 11, 19, 10, 8.

*Profondità:* m 726

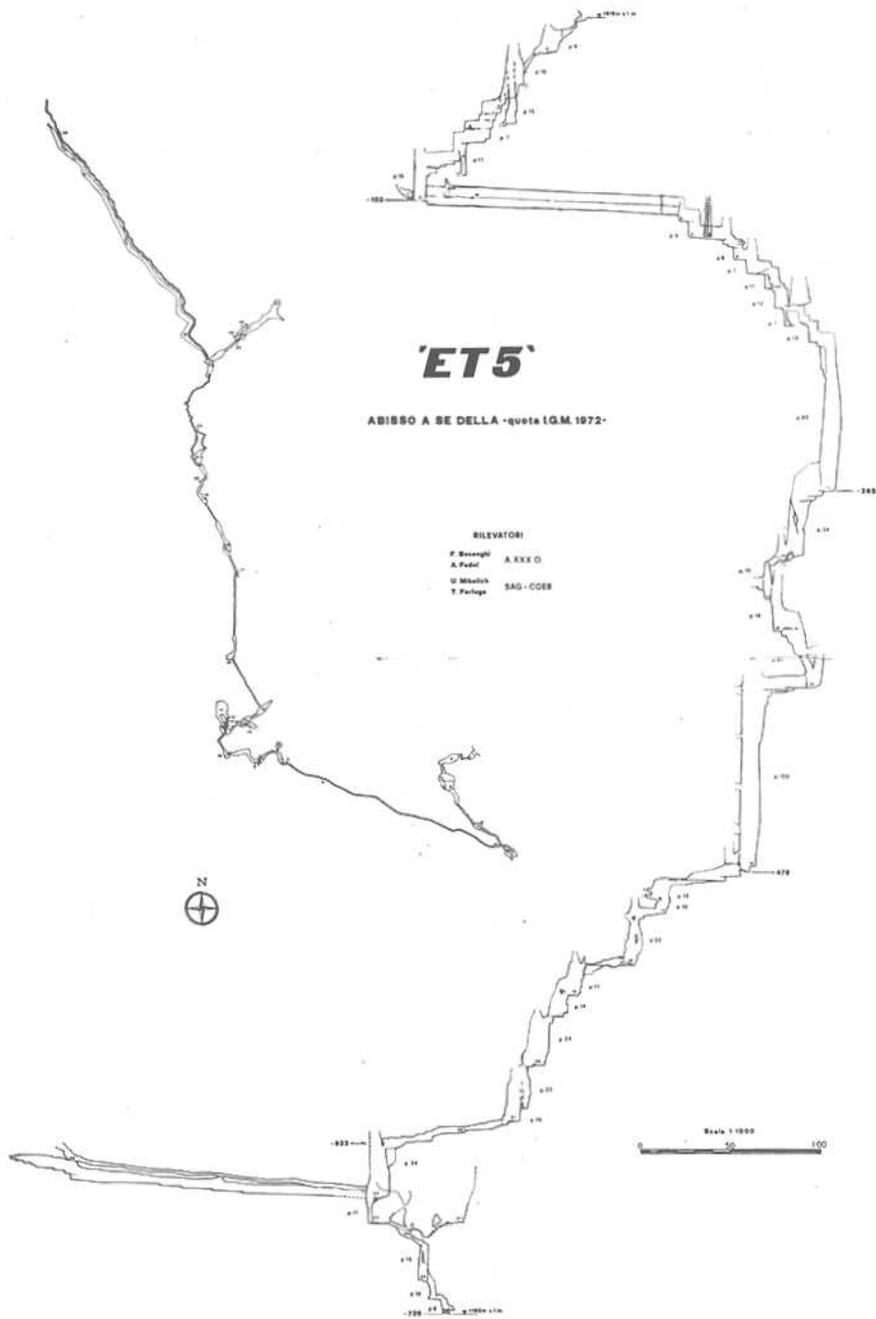
*Sviluppo:* m 1056

*Rilevatori:* F. Besenghi, A. Fedel, T. Ferluga, U. Mikolich - A. XXX O. - S.A.G. CGEB

*Data rilievo:* ottobre 1983

#### SCHEDA D'ARMO

punto del rilievo	pozzo m.	tipo di attacco	frazionamenti	lunghezza corda m.	osservazioni
2	6	chiodo	-	8	Il primo tratto è inclinato, pericolo di scariche di sassi
	16	chiodo + spit	1) chiodo sulla dx a 8 m.	20	
3	7		2) spit sulla dx a 20 m.	-	Vari salti di meandro
	5	spit	-	7	
	6	spit	-	35	
	7	spit	-		
9	spit	-			
4	17	spit	-	15	Scendere soli 7 m, pendolare poi verso la finestra di fronte
5	19	2 chiodi + 1 spit di rinvio	-	25	
6	9	spit	-	10	
7	9	naturale	-	12	
9	8	spit + rinvio naturale	-	12	Non scendere direttamente ma aggirare l'attacco per il by-pass



10	7	naturale	spit a 2 m	10	Cade acqua dall'alto (lo spit evita il colatoio)
	11	spit	-	} 30	inizio un po' stretto
	12	spit	-		
11	10	spit	-	10	Molto stretto, ci si cala nel meandro
	10	spit + chiodo di rinvio	-	} 100	
	80	spit	spit a 20 m sulla sin.		
	3	chiodo	-	} 50	
34	naturale	1) spit a 3 m sulla sin 2) spit a 15 m	40		
12	19	naturale	-	} 100	Si scende senza frazionare anche la prima parte di questo salto Dopo i primi 4 m (scesi con la corda proveniente dal pozzo prec. senza frazionare), attraversare fino ad uno spit sulla dx
13	18	naturale	1) spit 2 m sotto l'orlo del ripiano		
14	37	spit	1) chiodo a 4 m per inizio traversata 2) spit dopo 4 m di traversata 3) spit a 10 m 4) spit ad altri 10 m		
15	100	2 chiodi + 1 spit di rinvio	1) spit a 27 m sul sin 2) spit a altri 32 m sx	⇒ 110	Pozzo con vari ripiani
16	6	Chiodo - difficile da trovare	-	120	
	10	naturale	1) spit a 3 m dopo un tratto di condotta inclinata	⇒ 7	
	17	10	spit	-	30
18	22	spit	-	25	L'attacco è un ponte naturale sulla volta della stretta condotta
19	17	spit	-	} 35	
20	14	chiodo + spit	-		35
	4	naturale	-	} 55	Piccolo saltino che si può scendere anche in arrampicata
	24	spit	-		
23	spit + chiodo	-			
21	10	spit	-	55	Bisogna risalire in arrampicata, oppure pendolare
22	34	naturale	1) spit a 2 m	} 55	Si scende dirett. senza fare un altro attacco
23	10	naturale	1) spit 1 m sotto orlo		
24	19	naturale	1) naturale	} 55	Si prende un piccolo by-pass e dx per evitare una strettoia
25	10	spit	-		
26	8	spit	-		

FABIO GEMITI - ACEGA

## LA PORTATA DEL TIMAVO ALLE RISORGIVE DI S. GIOVANNI DI DUINO

### SOMMARIO

Viene riportato un metodo di calcolo della portata del Timavo che tiene conto sia dei deflussi visibili, valutati mediante misure idrometriche in corrispondenza delle paratoie e delle traverse a stramazzo, sia delle perdite dei bacini di raccolta.

Viene costruita una curva di deflusso "portata globale-livello 3° ramo", in base alla quale vengono calcolate le portate medie giornaliere, mensili e annuali nel periodo 1972 - 1983.

La portata media risulta essere di circa 30 mc/s.

Considerazioni idrologiche e corrispondenze con calcoli teorici effettuati in passato fanno ritenere questo dato più verisimile di quello riportato in precedenza dal Boegan.

### SUMMARY

A calculation method is reported about the flow of Timavo river taking in account of both surface flow, by hydrometric measurements from sluice and waste weir, and losses from water catchment areas.

It was drawn a graphic concerning the total flow from which can be calculated the mean value of the daily, monthly and annual water flow from year 1972 to 1983.

The mean flow is about 30 mc/sec.

Hydrological considerations and correlations and past theoretical calculations make deem the above result certainly more reliable than the former datas of Boegan.

### DEFLUSSI IDRICI TRA IL LISERT E S. GIOVANNI DI DUINO

Nella zona compresa tra il Lisert e S. Giovanni di Duino si scaricano a mare le acque di tre grossi sistemi idrici carsici, ben differenziati tra loro sotto il profilo del chimismo delle acque, e precisamente il sistema Sablici - Lisert, quello Moschenizze - Sardos e infine, il più importante, quello del Timavo.

Si tratta di un poderoso complesso di sorgenti sulla cui portata si possedevano, fino ad alcuni anni orsono, scarse informazioni e per di più risalenti a tempi ormai lontani. Solo a partire dal 1972 è stato dato l'avvio ad una serie di misure idrometriche che hanno permesso di acquisire un quadro sufficientemente completo del patrimonio idrico della zona.

Infatti episodi periodici di inquinamento delle acque del Timavo hanno costretto l'ACEGA, l'azienda che gestisce l'acquedotto, non solo a ricorrere in modo sempre più massiccio al prelievo dalle sorgenti Sardos, sottraendo ad esse per buona parte dell'anno tutta l'acqua defluente, ma anche a ricercare altre fonti che potessero garantire, durante le piene del Timavo, un'acqua esente da inquinamenti e da eccessive torbidità.

Le indagini sono state rivolte alle sorgenti del Vallone di Moschenizze e soprattutto al collettore che scarica le acque del lago di Sablici nello stesso Vallone.

Attualmente l'ACEGA dispone, per Sablici e Sardos, di dati di portata attendibili, in quanto ottenuti sulla base di letture idrometriche giornaliere o di registrazioni di livello, relative a 9-10 anni di osservazioni. Sulla portata delle sorgenti del Lisert e di quelle del Vallone di Moschenizze si può fare invece solo una valutazione di massima, avendo a disposizione solo misurazioni saltuarie, e per di più indirette.

Il quadro delle portate medie che ne risulta è il seguente:

Sablici	: 1.2 mc/s	} 2.2 mc/s
Lisert	: 1.0 mc/s	
Moschenizze	: 0.5 mc/s	} 2.4 mc/s
Sardos	: 1.9 mc/s	

Per la portata media del Timavo, che pur costituisce il sistema idrico più importante del Carso triestino ed uno dei più noti, se non il più noto, a livello mondiale, prima della stesura del presente lavoro era necessario fare riferimento al valore di 17.4 mc/s, risultato di misure relative a due soli anni di osservazione, svolte più di una settantina di anni or sono!

È piuttosto singolare che gli studi idrologici, effettuati negli ultimi decenni, si siano basati su questo unico dato, riportato dal Boegan nella monografia «Il Timavo» (1), e nessuno abbia ricontrollato tale valore o abbia costruito una curva di deflusso che permettesse, attraverso una lettura idrometrica, di risalire, magari in via approssimata, alla portata istantanea.

Questa grave lacuna ha indubbiamente influito negativamente sull'attendibilità delle indagini idrologiche, sia teoriche che sperimentali, effettuate nel dopoguerra sul sistema idrico del Timavo.

Si citano ad esempio alcuni dei grossi problemi dibattuti negli anni '60 e '70 e imperniati sulla conoscenza dei deflussi idrici a S. Giovanni di Duino:

- rapporti di alimentazione tra alto e basso Timavo;
- eventuale alimentazione del Timavo da parte dell'Isonzo;
- determinazione quantitativa del tracciante fuoriuscito alle risorgive, in occasione della prova di marcatura delle acque con il tritio;

- calcolo dei bilanci idrici relativi al bacino imbrifero del Timavo;
- calcolo del carico organico inquinante, scaricato durante le piene del Timavo.

### DATI DI PORTATA DEL TIMAVO DISPONIBILI

Fino a non molti anni or sono gli unici dati di portata del Timavo attendibili (in quanto frutto di una serie prolungata di misure) erano quelli del Boegan, secondo il quale la portata media del fiume sarebbe di 1.500.000 mc/g (17.4 mc/s), quale risultato di osservazioni giornaliere compiute negli anni 1911-1912; la portata minima, constatata il 20 ottobre 1961, di 886.365 mc/g (10.3 mc/s); mentre le portate massime raggiungerebbero i 12 milioni di mc/g (139 mc/s).

Dopo un vuoto di indagini di vari decenni, nuove misure sperimentali di portata, a valle della confluenza dei rami del Timavo, sono state condotte in periodi di regime normale o di relativa magra, dal Magistrato delle Acque di Venezia, intorno al 1970.

I risultati, riportati nella tabella 1, denotano una chiara relazione tra portata e livello idrometrico al 3° ramo, però i dati sono molto dispersi, segno questo di una scarsa precisione - intesa in senso matematico - delle misure.

**Tab. 1 - Misure sperimentali di portata effettuate dal Magistrato delle Acque di Venezia alla confluenza dei tre rami del Timavo.**

livello 3° ramo cm (1)	data	portata misurata mc/s	prelievo cartiera mc/s (2)	prelievo acqued. mc/s (3)	portata globale mc/s
125	11.09.73 (4)	8.2	0.8 (5)	1.5 (5)	10.5
161	11.10.71	6.1	0.8	1.5	8.4
177	8.10.70	8.5	0.8	1.5	10.8
191	22. 7.71	9.0	0.8	0.7	10.5
196	5. 3.73	17.5	0.8	0.5	18.8
198	24.10.69	14.6	0.8	0.5	15.9
202	16.10.68	22.4	0.9 (5)	0.3 (5)	23.6
203	30. 3.72	18.4	0.8	0.4	19.6
206	23. 4.71	21.0	0.8	0.3	22.1

(1) Rispetto allo O Müller

(2) Si è assunto un prelievo medio di 0.8 mc/s

(3) È stato ricavato dalla tabella 6

(4) Misura effettuata dall'ACEGA

(5) Dati forniti dalla Cartiera del Timavo e dall'Acquedotto

Nella stessa tabella è riportato inoltre il valore di portata ottenuto nel 1973, in occasione di una forte magra del fiume, attraverso una serie di accurate misure, effettuate dall'ing. Verri, allora dipendente dell'ACEGA.

Sintetizzando i risultati riportati in tabella, si può affermare che in regime di

magra (livello 3° ramo = 125 — 161 — 177 cm) la portata complessiva si aggira intorno a 10 mc/s, valore molto simile a quello riportato dal Boegan, in regime normale invece (livello 3° ramo = 202 — 203 — 206 cm), la portata si assesta intorno a 22 mc/s, contro i 17.4 mc/s, indicati come portata media annua dallo stesso autore.

Che quest'ultimo valore, cioè 17.4 mc/s, sia troppo basso non solo rispetto alla portata minima di 10 mc/s, ma anche rispetto alla portata normale di 22 mc/s, ricavata sperimentalmente, lo si deduce attraverso le seguenti considerazioni.

È opportuno innanzitutto sottolineare il diverso significato che nel contesto assumono le dizioni «portata normale» e «portata media».

Per «portata normale» qui si intende la portata corrispondente al livello idrometrico che più frequentemente si registra nel corso dell'anno; per «portata media» si intende ovviamente la media aritmetica delle portate determinate giornalmente per almeno un anno.

Si fa notare inoltre che la portata media può differire anche notevolmente dalla portata normale, quest'ultima essendo in stretta relazione al regime idrico del corso d'acqua (nei fiumi a carattere torrentizio la portata media è diverse volte superiore a quella normale).

Per le vicine sorgenti Sardos, assunte come un modello di sistema idrico carsico non direttamente influenzato da corsi d'acqua superficiali, il rapporto tra portata media annua e portata di minima è di 2; tale valore dovrebbe però essere senz'altro superiore se non ci fosse l'interferenza causata dalle pompe di sollevamento dell'acquedotto, durante i periodi di magra. In tali circostanze infatti, il prelievo d'acqua è spinto al massimo, si produce un forte abbassamento del livello dell'acqua nel canale di emunzione, e di conseguenza viene richiamata dell'acqua che altrimenti si scaricherebbe nel Vallone di Moschenizze.

Durante le massime magre estive l'alto Timavo ha una portata di soli 0.5 mc/s; in tali circostanze il deflusso del Timavo a S. Giovanni di Duino, preso per buono il dato di minima portata di 10.3 mc/s, però supponendo un'alimentazione delle sole acque di percolazione carsiche o di acque diverse da quelle dell'alto Timavo, sarebbe di 9.8 mc/s (portata di magra senza il contributo dell'alto Timavo).

La portata media, adottando prudenzialmente il fattore di moltiplicazione 2, rilevato al Sardos, dovrebbe essere in tale caso di 19.6 mc/s (portata media, senza il contributo dell'alto Timavo).

Poiché il volume d'acqua che l'alto Timavo scarica mediamente nel sottosuolo è di 8.6 mc/s e poichè tutta quest'acqua va verosimilmente ad alimentare le risorgive del Timavo, la portata complessiva a S. Giovanni di Duino deve essere di conseguenza non inferiore a  $19.6 + 8.6 = 28.2$  mc/s, valore notevolmente superiore ai 17.4 mc/s del Boegan.

Queste considerazioni, unitamente ai risultati delle misure di portata effettuate dal Magistrato delle Acque, ci hanno spinto a intraprendere una serie di indagini atte a definire una volta per tutte, nonostante un inevitabile margine di errore, derivante sia dalle misure sperimentali che da numerosi altri fattori, l'annoso quesito della portata di questo fiume, ancor troppo misterioso anche là dove chiarezza potrebbe venir fatta con una maggiore collaborazione tra enti e persone che da ambedue le parti del confine si occupano del problema.

## INTERVENTI NELLA ZONA DELLE RISORGIVE DEL TIMAVO E MODIFICHE DEI LIVELLI IDROMETRICI

L'attuale sistemazione della zona delle risorgive del Timavo, sotto il profilo idrografico, risale all'inizio degli anni '50, allorchè furono effettuate nuove opere di imbrigliamento delle acque, mediante la costruzione di bacini di raccolta, provvisti di traverse a stramazzo e paratoie. Le risorgive, raggruppate in tre «bocche» principali ed una secondaria, uniscono le loro acque a valle delle traverse o delle paratoie, in un canale largo una quarantina di metri, che sbocca dopo circa 600 metri nel canale Locavaz, a breve distanza dal mare (circa 700 metri). (fig. 1)

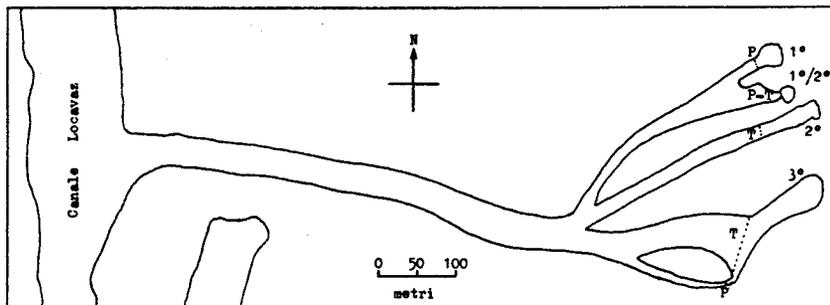


Fig. 1 - Particolare della zona delle risorgive del Timavo e della confluenza delle acque nel canale Locavaz  
T = traversa - P = paratoia mobile

Il bacino del 1° ramo, situato vicino alla chiesa di S. Giovanni in Tuba, è provvisto di una poderosa paratoia mobile (6.2 x 3.5 m) ed ha una derivazione per la Cartiera del Timavo.

Il piccolo bacino compreso tra il 1° e 2° ramo è provvisto di una piccola paratoia (3.3 x 0.5 m), tenuta quasi sempre chiusa, e di una traversa. I bacini del 2° e 3° ramo, ove sono sistemate le prese dell'acquedotto, per un prelievo massimo di 1.5 mc/s, ma che entro l'estate 1984 verrà portato a 2 mc/s, sono provvisti di traverse a stramazzo della lunghezza di metri 13 e 62 rispettivamente. I bacini del 2° e 3° ramo sono inoltre provvisti di paratoie mobili, delle dimensioni di 3 x 2.6 e 2 x 2.4 metri rispettivamente, che attualmente rimangono sempre chiuse.

Che questa nuova sistemazione abbia modificato i livelli idrometrici rispetto alla situazione preesistente lo si deduce da un confronto tra i valori registrati attualmente e quelli tratti dalla monografia «Il Timavo». Nel capitolo «Le piene del Timavo», vengono riportati per il periodo 1884 - 1914 livelli massimi, con frequenza annuale, compresi tra 280 e 290 cm sul livello medio mare.

Invece nel periodo di osservazione 1962 - 1983 i massimi livelli rilevati sono stati di 250 - 260 cm rispetto il piano Müller (\*)

(\*) I livelli dei rami del Timavo che figurano nei registri dell'acquedotto sono riferiti fino al 10 settembre 1983 allo zero dell'Istituto Geografico Militare. A partire da tale data tutte le misure fanno riferimento allo zero Müller. Per il 3° ramo del Timavo i nuovi valori risultano essere 18 cm superiori a quelli precedenti. Va infine precisato che tutti i dati idrometrici che compaiono nel presente lavoro si riferiscono allo zero Müller.

Il livello medio mare che attualmente è situato a 16.5 cm sopra lo zero Müller, intorno al 1900 era di circa 11 cm più basso e quindi ad una quota di +5 cm. Riferendo le due serie di valori allo stesso piano di misura (Müller) le differenze non vengono sostanzialmente modificate, per cui si arriva alla conclusione che oggi i livelli, durante le massime piene, sono circa una ventina di centimetri inferiori rispetto a quelli rilevati settanta e più anni or sono.

Un'altra considerevole differenza si riscontra confrontando i diagrammi dei livelli giornalieri del Timavo negli anni 1913 e 1914-15, con i relativi diagrammi del periodo 1972 - 1983.

Nei vecchi diagrammi si notano, nei periodi di siccità estiva, dei picchi negativi, molto pronunciati perchè corrispondono ad una riduzione di livello di 80-90 cm, e della durata di una decina di giorni circa.

L'andamento del livello nei diagrammi attuali, sempre in regime di magra, è invece molto più regolare e denota una diminuzione costante, che dura anche qualche mese.

Le considerazioni sopra esposte ci inducono pertanto a ritenere privo di significato un confronto quantitativo tra i livelli idrometrici attuali e quelli del passato.

## PROBLEMI CONNESSI ALLA DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DEL TIMAVO

La misura della portata del Timavo e la costruzione di una scala delle portate in funzione dei livelli presentano notevoli complessità, perchè tutta una serie di fattori influiscono negativamente sia sulle misure dirette di portata che sul livello idrometrico dei rami.

I principali motivi di tali difficoltà sono i seguenti:

- 1) I bacini di raccolta delle acque non sono a tenuta, ma presentano perdite talmente grandi che durante i periodi di magra l'acqua non solo non trabocca dagli stramazzi, ma si assesta a livelli abbondantemente inferiori (fino a un metro) alla soglia di sfioro.
- 2) In periodo di magra il livello dell'acqua, all'interno dei bacini, oscilla in corrispondenza della marea che si manifesta nel canale di raccolta; per una escursione giornaliera di marea di un metro sono state registrate, durante i periodi di massima magra, variazioni di livello comprese tra 15 e 25 cm, con uno sfasamento orario (ritardo) di circa un'ora.
- 3) La misura diretta della portata nel canale si presenta piuttosto laboriosa a causa della marea che fa variare durante le misure il livello dell'acqua, e per il fatto che l'acqua dolce scorre su quella salmastra sottostante in modo non uniforme, ma con massimi di velocità in corrispondenza degli scarichi dei rami del Timavo (fig. 2).  
Data l'ampiezza del canale è pertanto necessario effettuare numerose determinazioni di velocità dell'acqua mediante mulinello, onde ottenere una velocità media attendibile. Tali misure inoltre si presentano particolarmente difficili in piena, allorchè la portata del fiume si aggira intorno ai 100 mc/s.
- 4) L'apertura o la chiusura della paratoia al 1° ramo, effettuata dal personale dell'acquedotto in base al regime idrico del fiume, onde evitare allagamenti nella chiesa di S. Giovanni in Tuba, influenza la portata complessiva ed il livello dei rami più vicini.

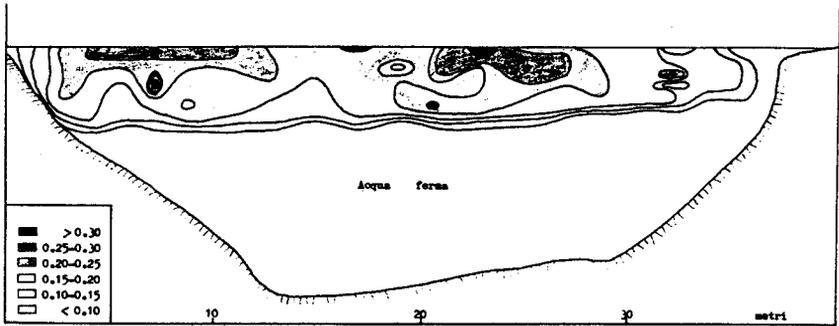


Fig. 2 - sezione del letto del fiume Timavo, a valle della confluenza dei tre rami. Diagramma delle isotachie rilevato in occasione della misura di portata effettuata il giorno 11.9.1973 dall'ing. G. Verri.

## CALCOLO DELLA PORTATA DEL TIMAVO

Per i motivi sopra esposti si è rinunciato a effettuare misure dirette nel canale di raccolta delle acque e si è ritenuto più opportuno determinare la portata complessiva effettuando rilievi idrometrici sui singoli rami, determinando le perdite sulla base della misura effettuata dall'ACEGA nel 1973 e tenendo conto dei prelievi dell'acquedotto e della cartiera.

$$Q \text{ tot.} = Q \text{ rami} + Q \text{ perdite} + Q \text{ prelievi}$$

### 1) Calcolo della portata del 1° ramo

La quantità d'acqua scaricata dal 1° ramo è funzione dell'apertura della paratoia, che resta chiusa in regime di magra o normale, viene parzialmente aperta nei periodi di morbida e rimane completamente aperta durante le piene.

A grandi linee si può affermare che l'apertura viene regolata secondo quanto indicato nella tabella 2.

Tab. 2 - Apertura della paratoia del 1° ramo in funzione del livello del 3° ramo.

livello 3° ramo cm	apertura paratoia m
190	0
190 - 205	0.2
205 - 215	0.4
215	aperta

La portata del 1° ramo, quando la paratoia è parzialmente aperta è stata calcolata tramite le formule seguenti, valide per luci rettangolari a battente, di grandi dimensioni, e con bocca non rigurgitata. (fig. 3)

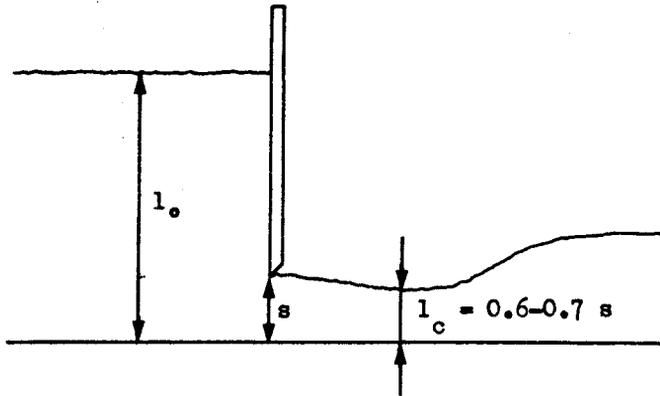


Fig. 3 - Luce rettangolare a battente, non rigurgitata.

$$Q = 0.615 \cdot S \cdot \sqrt{2g (l_0 - 0.6 s)} \quad \text{per } s < l_0/4 \quad (a)$$

$$Q = 0.68 \cdot S \cdot \sqrt{2g (l_0 - 0.7 s)} \quad \text{per } s > l_0/4 \quad (b)$$

ove:

Q = portata, in mc/s

S = sezione liquida = area della luce in m<sup>2</sup> (larghezza : 6.0 m)

g = accelerazione di gravità, 9.81 m/s<sup>2</sup>

l<sub>0</sub> = livello in metri dell'acqua a monte, rispetto alla quota di fondo del canale (+52 cm), nel punto di scorrimento della paratoia

s = apertura delle paratoia in metri

Sono stati calcolati con tali formule i valori delle portate per alcune aperture della paratoia e per alcuni livelli idrometrici relativi al 1° ramo; i risultati così ottenuti sono riportati nella tabella 3.

Tab. 3 - Portate del 1° ramo, in mc/s, in funzione dell'apertura della paratoia e del livello idrometrico a monte

livello 1° ramo cm	apertura della paratoia in metri			
	0.2	0.4	0.6	0.8
190	3.7	7.6		
200	3.8	7.8		
210	3.9	7.9'	11.7	
220	4.1	8.1'	12.2	
230	4.2	8.3'	12.6	16.0

' = valori medi, utilizzando le formule a) e b).

Quando la paratoia è completamente aperta, e quindi essa non influenza il libero deflusso dell'acqua, la portata è funzione del livello che si stabilisce nel bacino del 1° ramo, e che a sua volta è funzione dei rapporti di alimentazione intercorrenti tra le diverse bocche del Timavo.

Poichè in questi casi non è possibile calcolare teoricamente il valore del deflusso per un certo valore idrometrico, è stata effettuata una serie di misure di velocità dell'acqua nel canale a valle della paratoia (larghezza del canale = 6.25 m), in corrispondenza a diverse altezze dell'acqua a monte.

I valori di portata trovati sono riportati numericamente nella tabella 4 e graficamente nelle figure 4 e 5.

Dall'esame dei grafici si rileva un'ottima correlazione tra la portata del 1° ramo e il livello del 3° ramo.

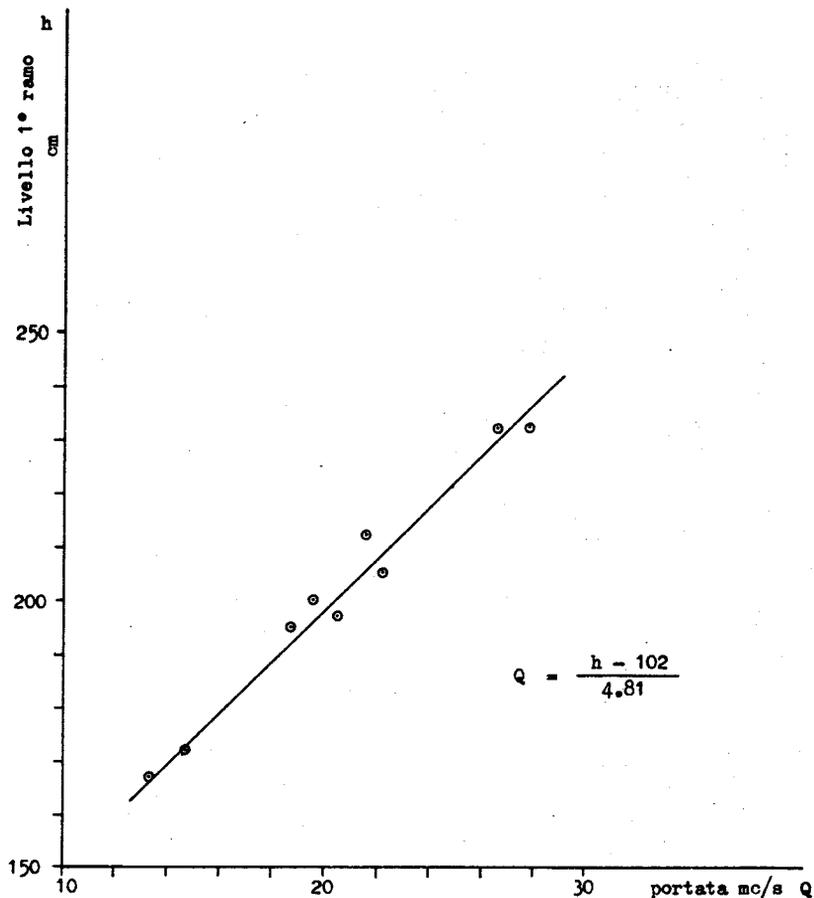


Fig. 4 - Relazione portata-livello 1° ramo (paratoia aperta)

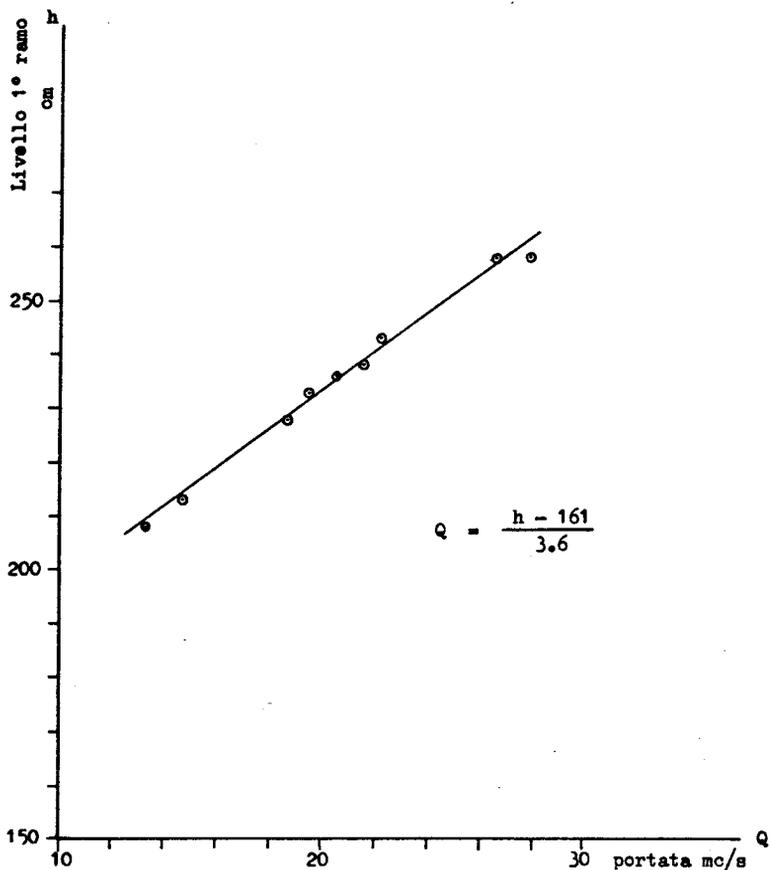


Fig. 5 - Relazione portata 1° ramo (paratoia aperta) ; livello 3° ramo.

Tab. 4 - Misure sperimentali di portata al 1° ramo - paratoia completamente aperta -

data	livelli idrometrici			altezza sezione liquida m	velocità acqua m/s	portata mc/s
	1° ramo cm	2° ramo cm	3° ramo cm			
30/1/79	232	268	258	1.30	3.4	27.9
31/1/79	232	268	258	1.24	3.4	26.6
3/1/79	205	250	243	1.15	3.1	22.2
2/1/79	212	248	238	1.10	3.1	21.6
4/1/79	197	239	236	1.05	3.1	20.5
14/1/79	200	238	233	1.02	3.0	19.5
5/1/79	190	226	228	1.05	2.9	18.7
8/1/79	172	183	213	0.87	2.7	14.7
9/1/79	167	200	208	0.82	2.6	13.3

## 2) Calcolo della portata del 1°/2° ramo

La portata di questo ramo secondario è nettamente inferiore a quella degli altri e inoltre la sua determinazione si presenta difficoltosa per l'irregolarità della traversa di sfioro. Per questo motivo si è ritenuto sufficiente, ai fini del computo della portata totale, costruire una curva di deflusso, portata 1°/2° ramo (fig. 6), in cui la portata è stata calcolata in base all'altezza di sfioro alle traverse, applicando la formula (d).

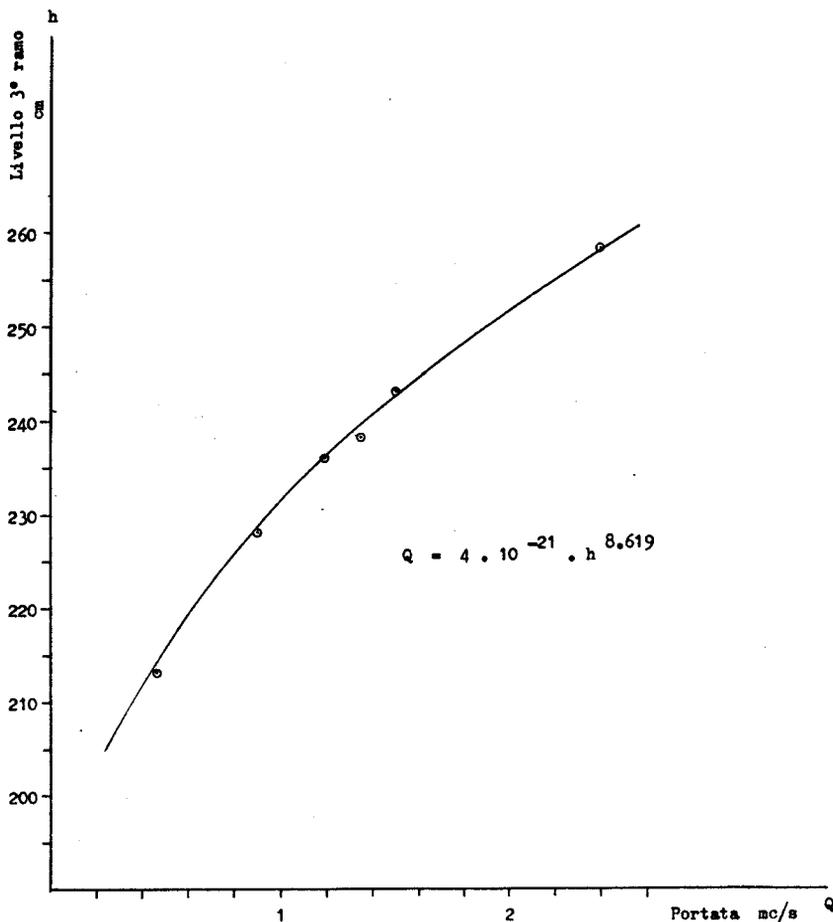


Fig. 6 - Relazione portata 1°/2° ramo - livello 3° ramo.

### 3) Calcolo delle portate del 2° e 3° ramo

I bacini di raccolta delle acque del 2° e 3° ramo sono provviste di traverse a stramazzo, a soglia larga e arrotondata, con lo sfioro posto alla quota di +185 cm, e della lunghezza di metri 13 e 62 rispettivamente.

Per il calcolo della portata è stata usata la seguente formula:

$$Q = 0.39 \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh} \quad (c)$$

ove:

Q = portata in mc/s

0.39= coefficiente di efflusso

b = lunghezza in metri dello stramazzo

h = altezza dell'acqua in metri rispetto la soglia

Rielaborando la formula si ottiene:

$$Q = 1.73 \cdot b \cdot h^{1.5} \quad (d)$$

A titolo di esempio, si riportano nella tabella 5 alcuni valori di portata dei due rami, in funzione dei livelli idrometrici.

**Tab. 5 - Portata del 2° e 3° ramo del Timavo**

livello cm	2° ramo mc/s	3° ramo mc/s	2°+3° ramo mc/s
190	0.3	1.2	1.5
200	1.3	6.2	7.5
210	2.8	13.4	16.2
220	4.7	22.2	26.9
230	6.8	32.4	39.2
240	9.2	43.8	53.0
250	11.8	56.2	68.0
260	14.6	69.7	84.3

### 4) Calcolo delle perdite e dei prelievi da parte dell'acquedotto e della cartiera

Come dato di base per il calcolo delle perdite dei bacini di raccolta, a vari livelli idrometrici, è stato preso il valore della misura di portata effettuata nel canale il giorno 11.9.73, e che è risultato di 8.25 mc/s. Durante il periodo di misura, tra le ore 14.45 e le ore 19.00, il livello dell'acqua nel canale, per effetto della marea, è variato tra -11 e +45 cm, e in corrispondenza il livello dell'acqua all'interno del bacino del 3° ramo tra +121 e +129 cm.

Mediamente, durante la prova, i livelli dell'acqua sono stati pertanto di +17 cm nel canale e +125 cm nel bacino del 3° ramo.

La portata trovata corrisponde quindi alle perdite che si verificano quando si hanno condizioni idrologiche simili.

Per il calcolo delle perdite a livelli diversi è stata applicata la formula seguente:

$$Q = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2gh} \quad (e)$$

ove:

Q = portata in mc/s

$\mu$  = coefficiente di efflusso (incognito)

S = sezione incognita delle «aperture» dalle quali fuoriesce l'acqua

g = accelerazione di gravità

h = dislivello, in metri, tra l'acqua a monte e valle dello sfioro

Sostituendo nella formula (e) i valori trovati ( $Q = 8.25$  e  $h = 1.08$ ) si può calcolare il prodotto  $\mu \cdot S$  e quindi ricavare il valore delle perdite agli altri livelli idrometrici.

Alcuni dati significativi, calcolati assumendo il livello a valle mediamente eguale a +25 cm (livello medio dell'acqua nel canale), sono riportati nella tabella 6.

**Tab. 6 - Perdite e prelievi d'acqua in funzione del livello del 3° ramo**

livello 3° ramo cm	perdite mc/s	prelievo cartiera mc/s	prelievo acquedotto mc/s	perdite + prelievi mc/s
90	6.4	0.8	1.5	8.7
100	6.9	0.8	1.5	9.2
110	7.3	0.8	1.5	9.6
120	7.7	0.8	1.5	10.0
130	8.1	0.8	1.5	10.4
140	8.5	0.8	1.5	10.8
150	8.9	0.8	1.5	11.2
160	9.2	0.8	1.4	11.4
170	9.5	0.8	1.3	11.6
180	9.9	0.8	1.0	11.7
190	10.2	0.8	0.7	11.7
200	10.5	0.8	0.5	11.8
210	10.8	0.8	0.3	11.9
220	11.1	0.8	0.2	12.1
230	11.4	0.8	.	12.2
240	11.6	0.8	.	12.4
250	11.9	0.8	.	12.7
260	12.2	0.8	.	13.1

Per quanto riguarda i prelievi d'acqua, quello della cartiera è abbastanza costante e si aggira intorno a 0.8 mc/s; i prelievi da parte dell'acquedotto sono invece funzione del regime idrico delle sorgenti carsiche. Infatti l'acqua del Timavo serve ad integrare quella prelevata dalle sorgenti Sardos, la cui acqua presenta caratteristiche di qualità migliori.

In magra le sorgenti Sardos forniscono solo 1 mc/s d'acqua, in piena invece possono soddisfare da sole le esigenze dell'acquedotto che ammontano a 2.5 mc/s.

Nella tabella 6 sono per l'appunto riportati i valori del prelievo dell'acquedotto in funzione del livello del 3° ramo e nell'ultima colonna figura la quantità d'acqua sottratta ai bacini di raccolta in seguito ai prelievi e alle perdite.

## COSTRUZIONE DI UNA CURVA DI DEFLUSSO

Applicando i calcoli sopra esposti è possibile determinare, con una certa precisione, la portata globale del Timavo; il procedimento però si presenta piuttosto laborioso e presuppone la conoscenza di alcuni dati idrometrici che, per quanto riguarda gli anni passati, non sempre sono a disposizione.

Quando non occorra una grande precisione, ad esempio nel calcolo dei dati medi mensili o annuali, risulta molto più comodo poter disporre di una curva di deflusso che metta in relazione il livello del ramo principale del Timavo, cioè il 3°, con la portata globale.

È però possibile ricavare una tale relazione considerata la complessa situazione idrologica delle risorgive e l'influenza sulla portata globale delle manovre della paratoia al 1° ramo?

A questo quesito è stato possibile fornire una convincente risposta sulla base delle seguenti considerazioni e soprattutto grazie ad una campagna di misure sperimentali.

Durante il regime di magra o normale la paratoia al 1° ramo rimane sempre chiusa, i livelli dell'acqua nei bacini si equilibrano e di conseguenza la portata globale è funzione del livello misurato al 3° ramo.

In regime di morbida e piena l'apertura della paratoia influisce sul livello degli altri rami, in particolare quelli più vicini al 1°; la portata totale in questi casi aumenta e l'incremento di portata è uguale alla differenza tra la portata del 1° ramo e la diminuzione di portata degli altri rami.

Poiché questo incremento non è calcolabile teoricamente, è stata effettuata una campagna di misure sperimentali, in occasione di una forte piena, verificatasi nel gennaio 1979.

Mediante misure di livello ai tre rami e di velocità dell'acqua nel canale a valle della paratoia, applicando il procedimento di calcolo precedentemente esposto, è stato possibile ricavare il valore della portata globale per una serie di livelli idrometrici che coprono l'intervallo corrispondente ai periodi di regime normale fino a quelli di massima portata (tab. 7).

I valori trovati, assieme a quelli calcolati per il periodo di magra, sono stati riportati su di un grafico (fig. 7), in funzione del livello del 3° ramo, ottenendo in tal modo la tanto sospirata curva di deflusso.

Dall'esame del grafico si può rilevare che gli scarti rispetto all'andamento medio sono contenuti entro il 5% e sono dovuti principalmente, come si può rilevare dalla tabella 7, da differenti aperture della paratoia.

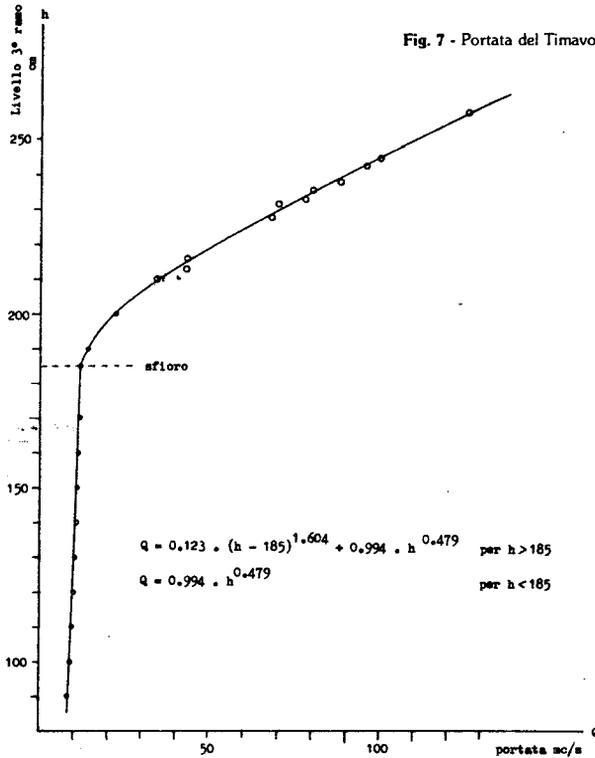
Il risultato ottenuto può essere considerato più che soddisfacente ed estremamente utile quando necessita un'immediata valutazione della portata sulla base di un'unica misura di livello.

Tab. 7 - Calcolo della portata globale del Timavo a vari livelli idrometrici

Data 1979	1° ramo			1°/2°	2° ramo		3° ramo		perdite + prelievi	totale
	paratoia apertura m	livello cm	portata mc/s	portata mc/s	livello cm	portata mc/s	livello cm	portata mc/s		
30.1	A	232	27.9	2.4	268	17.0	258	66.9	13.1	127.3
31.1	A	232	26.6	2.4	268	17.0	258	66.9	13.1	126.0
13.1	A	210	22.1	1.5	252	12.3	246	51.1	12.6	99.6
3.1	A	209	22.2	1.5	250	11.8	243	47.4	12.5	95.4
2.1	1.1	222	21.6	1.4	248	11.2	238	41.4	12.4	88.0
11.1	0.8	226	15.7	1.5	248	11.2	236	39.0	12.3	79.7
4.1	A	197	20.5	1.2	239	8.9	236	39.0	12.3	81.9
14.1	A	200	19.5	1.2	238	8.7	233	35.7	12.3	77.4
10.1	0.8	212	14.8	1.1	232	7.2	232	34.6	12.2	69.9
5.1	A	190	18.7	0.9	226	5.9	228	30.2	12.2	67.9
10.1	0.4	212	8.3	0.5	216	3.9	216	18.5	12.0	43.2
8.1	A	172	14.7	0.5	183	-	213	15.9	11.9	43.0
9.1	0.4	192	7.6	0.4	200	1.3	210	13.4	11.9	34.6

A = paratoia completamente aperta

' = portate calcolate in base alle formule (a) e (b)



## LA PORTATA DEL TIMAVO CALCOLATA IN BASE A 12 ANNI DI RILIEVI IDROMETRICI

Mediante la curva di deflusso è stato possibile trasformare in dati di portata le misure idrometriche effettuate giornalmente dal personale dell'acquedotto a partire dall'anno 1972, allorchè l'ACEGA ha incominciato a interessarsi maggiormente dei problemi idrologici relativi al Timavo, in seguito alla necessità di un maggior attingimento da questa fonte (con la posa della condotta sottomarina) e al verificarsi di eclatanti episodi di inquinamento, causati da scarichi industriali sull'alto Timavo.

Dall'esame della tabella 8, in cui sono riportate le portate medie mensili e annue relative al periodo 1972-1983, e sulla base dei dati giornalieri di portata, in possesso dell'ACEGA, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- La portata media, relativa a 12 anni di osservazioni giornaliere, è di 30.2 mc/s.
- La portata massima media mensile è di 84 mc/s, registrata nel dicembre 1976, mentre la minima media mensile è stata registrata nel settembre e novembre 1983, con 9.5 mc/s.
- La portata massima giornaliera è stata di 127 mc/s, rilevata il 30 gennaio 1979, la minima giornaliera di 9.1 mc/s, rilevata il 14 ottobre, il 24-25-26 novembre e il 9 dicembre del 1983.
- Gli anni 1973, 1981 e 1983 sono stati caratterizzati da basse portate; in particolare la portata media annua relativa al 1983, che è stata di soli 18 mc/s, probabilmente si avvicina al minimo assoluto.
- Gli anni 1977, 1978, 1979 sono stati invece contraddistinti da portate elevate, in particolare il 1979 che ha registrato il valore di 39.4 mc/s (+30% rispetto alla media).
- I mesi estivi di luglio, agosto e settembre presentano portate mediamente inferiori a 20 mc/s; nel mese di dicembre invece il fiume ha la portata maggiore, con valori mediamente superiori a 40 mc/s.
- Il rapporto tra la portata media annua (30.2 mc/s) e la portata minima assoluta (9.1 mc/s) è di 3.3.

**Tab. 8 - PORTATE DEL TIMAVO** - valori medi mensili in mc/s

MESE	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	Media
Gennaio	29	31	30	19	17	80	43	73	33	22	45	22	37
Febbraio	42	34	35	13	45	73	51	90	22	15	13	20	38
Marzo	45	18	24	49	31	36	42	62	22	26	19	29	36
Aprile	40	31	18	74	37	42	54	57	20	17	15	34	37
Maggio	58	18	31	34	24	22	54	35	18	34	25	20	31
Giugno	29	18	35	31	17	15	29	17	23	15	31	12	23
Luglio	18	13	22	32	13	19	23	12	28	12	13	10	18
Agosto	15	11	12	18	17	54	15	12	13	10	11	9.6	16
Settembre	21	24	15	15	30	27	22	17	19	18	11	9.5	19
Ottobre	14	37	63	12	20	23	39	20	56	39	56	11	32
Novembre	47	38	34	40	69	26	14	46	58	16	50	9.5	37
Dicembre	46	25	27	44	84	29	37	32	40	50	55	30	42
Media annua	33.6	24.8	28.8	31.7	33.6	37.2	35.2	39.4	29.3	22.8	28.6	18.0	30.2

## CONFRONTO CON I DATI DI PORTATA DEL PASSATO

Nella tabella 9 sono riportati, a titolo di confronto, alcuni dati di portata, relativi ad osservazioni effettuate in periodi passati dal Boegan, ed i dati ricavati dal presente lavoro.

Tab. 9 - Confronto tra alcuni dati di portata del Timavo

Periodo di osservaz.	1911-1923	1972-1983
portata media mc/s	17.4*	30.2
portata massima "	139	127
portata minima "	10.3	9.1

\* Calcolata negli anni 1911-1912

Dall'esame della tabella si rileva che mentre i valori di portata massima sono press'a poco eguali, e quelli di minima abbastanza simili, anzi addirittura eguali se non si prendesse in considerazione l'anno 1983, caratterizzato da magre eccezionali, una grossa discordanza esiste per la portata media, cosa molto grave perchè son proprio le portate medie ad avere il maggior significato idrologico.

Non è stato possibile capire il perchè di tale differenza, in quanto non è stato possibile rintracciare la documentazione originale, dalla quale il Boegan ha ricavato i dati riportati nella monografia «Il Timavo».

È da notare però che il valore di 17.4 mc/s si riferisce a due soli anni di osservazione e che le argomentazioni riportate precedentemente sui rapporti tra portate medie e minime confermerebbe il valore trovato nel periodo 1972-83.

Ci sono però altre argomentazioni a suffragio di quest'ultimo dato e che vengono esposte qui di seguito.

### 1) - Ricalcolo della quantità di tritio fuoriuscita durante l'esperienza di marcatura delle acque del 1962

In occasione dell'esperienza di marcatura delle acque dell'alto Timavo mediante il tritio (2), furono effettuate alcune misure idrometriche a S. Giovanni di Duino, in base alle quali fu assunto che la portata media del Timavo, durante il transito dell'onda marcata, fosse di 10 mc/s.

In base al valore del livello del 3° ramo del Timavo rilevato in quel periodo, è stata ricalcolata, per mezzo della curva di deflusso, la portata media che è risultata di 20 mc/s, esattamente il doppio di quella utilizzata per il calcolo della quantità di tritio fuoriuscita.

Si ritiene che l'errore che può aver inficiato le misure del 1962 sia stato quello di non aver considerato, nel calcolo della portata globale, le notevolissime perdite dei bacini di raccolta.

La conseguenza immediata del ricalcolo della portata è che **tutto il tritio immesso** è fuoriuscito attraverso le risorgive del Timavo e in piccola parte anche attraverso le sorgenti di Aurisina!

Si ritiene che questo risultato, ossia il recupero di tutto il tracciante immesso, sia molto più verosimile della fuoriuscita di solo il 50% del tracciante immesso, per

giustificare la quale si erano fatte alcune ipotesi, però non suffragate da dati sperimentali.

Pertanto non solo viene confermata indirettamente la validità della curva di deflusso trovata, ma viene ulteriormente valorizzato il brillante esperimento internazionale di marcatura.

## 2) - Bilancio idrico relativo al bacino imbrifero del Timavo

Il prof. Mosetti, successivamente all'esperimento di marcatura del 1962, al quale aveva partecipato in prima persona, pubblicava nel 1966 un lavoro intitolato «L'idrologia della Carsia Giulia e dei territori limitrofi» (3), in cui valutava in almeno 1000 Km<sup>2</sup> l'area del bacino imbrifero alimentante le risorgive situate tra il Lisert e le foci del Timavo e, stimando in 1000 mm l'altezza del deflusso al netto delle perdite per evaporazione, ricavava una portata media delle risorgive di circa 32 mc/s, senza contare i versamenti isontini e quelli del Vipacco.

In base ai dati di portata riportati in precedenza e al nuovo valore di portata del Timavo, ricavato nel presente lavoro, il deflusso totale sarebbe il seguente:

Sablici + Lisert	= 2.2 mc/s
Moschenizze + Sardos	= 2.4 mc/s
Timavo	= 30.2 mc/s
Aurisina	= 0.3 mc/s
<hr/>	
Deflusso totale	= 35.1 mc/s

Considerato che acque del Vipacco, ma specialmente dell'Isonzo, contribuiscono sicuramente all'alimentazione del sistema idrico Sablici-Lisert e probabilmente anche a quello Moschenizze-Sardos, lo scostamento tra il valore teorico e quello sperimentale risulta straordinariamente basso e ciò a ulteriore conferma della validità del sistema di calcolo della portata del Timavo, così come è stato impostato nel presente lavoro.

## CONCLUSIONI

Il metodo proposto per il calcolo della portata del Timavo ha permesso di ricavare una serie di dati aggiornati sul deflusso di questo straordinario corso d'acqua, nonché di valorizzare esperimenti e calcoli idrologici effettuati in passato.

Alcuni dei risultati ottenuti si discostano notevolmente da quelle che erano le precedenti conoscenze, basate su dati ottenuti da autorevoli studiosi, ma non più controllabili e ricavati in condizioni idrauliche diverse da quelle attuali.

In base alle considerazioni fatte in precedenza è da ritenere molto più verosimile il dato di portata medio trovato nel periodo 1972-83, che non il vecchio dato del passato, riferito agli anni 1911-12.

La stesura di una curva di deflusso costituisce inoltre un fatto importante perchè

mette a disposizione dello studioso di idrologia un indispensabile e rapido mezzo di indagine.

I risultati ottenuti sono ovviamente suscettibili di ulteriori migliorie che potranno venir apportate quando si disporrà delle registrazioni di livello fornite dagli strumenti che l'ACEGA sta installando sul Timavo e sulle altre sorgenti carsiche della zona.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1) **BOEGAN E.** - (1938) - *"Il Timavo - Studio sull'idrografia carsica subaerea e sotterranea"* - Mem. Ist. Ital. di Spel., serie Geol. e Geof., Mem. II. Trieste.
- 2) **MOSETTI F.** - (1965) - *"Nuova interpretazione di un esperimento di marcatura radioattiva del Timavo"* - Boll. Geof. Teor. ed Appl., vol. VII, n. 27.
- 3) **MOSETTI F.** - (1966) - *"L'idrologia della Carsia Giulia e dei territori limitrofi"* - Adriatico, XII<sup>o</sup>, n. 5-6.

FABIO GEMITI

## NUOVA E ORIGINALE PROVA DI MARCATURA DELLE ACQUE DEL TIMAVO

### SOMMARIO

La acque scorrenti sul fondo dell'abisso di Trebiciano, nel Carso Triestino, sono state marcate in due distinte prove con piccole quantità di tetracloruro di carbonio.

Sono state determinate le curve di fuoriuscita del tracciante alle risorgive del Timavo e, limitatamente alla seconda prova, alle sorgenti Sardos, ambedue situate ad una distanza in linea d'aria di circa 22 chilometri dal punto di immissione.

I risultati delle prove di marcatura sono stati correlati con l'andamento di alcuni parametri chimico-fisici, determinati quotidianamente nelle acque, e con le portate dell'Alto Timavo, del Timavo e del Sardos.

L'esperimento ha dimostrato la possibilità di impiego di questo tracciante ed ha permesso di ricavare nuovi dati e formulare alcune ipotesi sulla circolazione idrica sotterranea del Carso Triestino.

### SUMMARY

Small amounts of carbon-tetrachloride were used to trace the flowing waters in the bottom of the abyss of Trebiciano, Triestine Karst, during two distinct experimental tests.

The outflow course of the tracer has been determined at the Timavo spring near San Giovanni al Timavo and, only for the second test, at the springs of Sardos river.

Both places are situated about 22 kilometer as the crow flies from injection place of the tracer.

Tracing test results were correlated with the behavior of some chemical-physical parameters, daily determined from water samples, and with the flow values of the high course of Timavo river, and Timavo and Sardos rivers.

Tests has shown the possibility of using the above mentioned tracer; at the same time the tests has allowed to obtain new data and to formulate some hypothesis about the underground hydrology of Triestine Karst.

## CENNI STORICI SULL'USO DEI TRACCIANTI ARTIFICIALI

Tra i mezzi di indagine utilizzati nello studio dell'idrologia carsica, un posto di rilievo spetta ai traccianti artificiali, il cui corretto uso permette di ricavare preziose informazioni sui collegamenti idrici sotterranei, le velocità di flusso, le modalità di scorrimento, i fenomeni di dispersione.

Nella nostra zona, un tempo all'avanguardia in questo tipo di indagini, lo stimolo alla ricerca idrologica fu rappresentato, ma lo è ancora, dal percorso sotterraneo delle acque che si inabissano a S. Canziano e vengono alla luce, insieme a molte altre acque, nella zona di S. Giovanni di Duino.

Il primo esperimento di marcatura delle acque di cui si abbia una qualche notizia risalirebbe addirittura alla fine del secolo XVI<sup>o</sup>, ad opera del religioso padre Imperati, che avrebbe marcato le acque dell'alto Timavo con dei galleggianti.

Nel 1864 il Kandler proponeva come tracciante l'indaco; nel 1884 veniva effettuato un esperimento di marcatura delle acque di Trebiciano con 3000 galleggianti, ma con scarsi risultati, forse perchè il periodo di osservazione a Duino fu troppo limitato; una prova di marcatura delle acque del Timavo Superiore con fluoresceina fu fatto nel 1891 dal Comune di Trieste, per accertare il collegamento idrico tra S. Canziano e Aurisina, ove sorgeva l'unico acquedotto della città di Trieste. Il Timeus riferisce (!) che l'esperimento non ebbe risultato, questa asserzione però può venir anche interpretata nel senso che il tracciante non fu ritrovato nelle acque di Aurisina e quindi che nelle condizioni idrologiche nelle quali fu effettuata la prova l'alto Timavo non contribuiva all'alimentazione di queste sorgenti.

A questo proposito va rilevato che le informazioni ottenibili da una prova di marcatura sono oltremodo importanti sia che si accerti un collegamento idrico, sia che se ne escludano degli altri, però i risultati vanno sempre visti alla luce del regime idrico delle acque nel momento dell'esperimento.

Nella nostra zona il primo esperimento di marcatura delle acque, condotto secondo criteri scientifici e con una poderosa organizzazione per il prelievo e l'analisi dei campioni d'acqua, fu effettuato dal Comune di Trieste nel 1907, ideatore e organizzatore della prova fu il Timeus.

Mediante il cloruro di litio fu accertata la continuità idrica tra l'alto Timavo, le sorgenti di Guardiella, del Cedas, di Aurisina, del Timavo e furono determinate le velocità apparenti di scorrimento delle acque nel sottosuolo (1-2).

Tra il 1907 e il 1913 furono svolte diverse altre indagini con traccianti, su acque del sistema idrico del Timavo e di altri sistemi, i risultati sono sintetizzati nella tabella 1.

La seconda grande prova di marcatura delle acque del Timavo fu condotta molti anni dopo il primo esperimento del Timeus, e precisamente nel 1962, da un gruppo di ricercatori appartenenti a istituti di Trieste, Lubiana e Vienna (3-4). Fu utilizzata la fluoresceina ed una sostanza radioattiva, il tritio, che furono immessi nella Grande Voragine di S. Canziano. Furono controllate le acque di 14 località comprese tra il Lisert e il Risano e il tracciante fuoriuscito fu determinato quantitativamente, sia come concentrazione che come quantità globalmente restituita. I risultati ottenuti con tale esperimento sono sintetizzabili nei seguenti punti:

1. È stata riconfermata la continuità idrica tra le acque di S. Canziano e quelle di

Trebiciano, Aurisina, Timavo.

2. Non è stato invece riconfermato il collegamento tra S. Canziano e le sorgenti di Guardiella, mentre è stato escluso, perlomeno nelle condizioni idrologiche della prova, quello con le seguenti acque: Lisert, Moschenizze, Sardos, Brestovizza, Ospò, Risano.
3. Per Trebiciano passa solo una parte (1/4 - 1/5) dell'acqua che si inabissa a S. Canziano, però diluita con altre acque carsiche.
4. In magra il contributo dell'alto Timavo alle risorgive del Timavo e di Aurisina è poco rilevante, nei periodi di piena si verifica invece il contrario.
5. L'impiego del tritio nella marcatura di grandi masse d'acqua, con tempi di permanenza nel sottosuolo relativamente lunghi, ha dato ottimi risultati; non è risultata invece molto soddisfacente la contemporanea marcatura con fluoresceina.
6. Non è stato possibile chiarire perchè sia stato recuperato solo il 50% del materiale radioattivo immesso.

### ALCUNE NOTIZIE SUGLI ATTUALI SISTEMI DI MARCATURA DELLE ACQUE

I traccianti che vengono attualmente utilizzati per indagini idrologiche in aree carsiche appartengono nella loro quasi totalità alle sostanze solubili in acqua, che presentano indubbi vantaggi, specialmente quando si effettuano determinazioni quantitative, rispetto alle sostanze che rimangono in sospensione nell'acqua.

Queste ultime, ampiamente utilizzate in passato, ma in qualche caso anche ai giorni nostri, possono essere di dimensioni «macro» (galleggianti zavorrati, pula di riso, segatura), «semimicro» (spore colorate di *Lycopodium*) o «micro», come cellule organiche (*Mycoderma aceti*, *Saccharomices cerevisiae*) e bacilli (*Bacillus violaceus*, *Bacillus prodigiosus*).

I traccianti solubili in acqua appartengono invece ad uno dei seguenti gruppi:

- Sali inorganici: NaCl - KCl - LiCl - NaI - NaBr.
- Sostanze coloranti fluorescenti: uranina (o fluoresceina sodica), eosina, rodamina, amidorodamina, tinopal.
- Sostanze radioattive: tritio, cromo 51, cobalto 60, bromo 82, iodio 31.
- Sostanze determinabili mediante attivazione neutronica: indio, bromuri.

Perchè tanti traccianti? Il motivo sta in primo luogo nel crescente interesse per le prove combinate di marcatura, perchè con un'unica tracciatura e serie di prelievi d'acqua non solo si risparmia tempo e personale, ma soprattutto si ottengono molti dati, e quello che è più importante, tra loro confrontabili, perchè ricavati nelle identiche condizioni idrologiche. In secondo luogo perchè certe sostanze non sono adatte a tracciare particolari acque, ad esempio per la presenza di materiale organico interferente o di processi di degradazione biologica o di assorbimento.

Il tracciante da utilizzare deve infatti rispondere ai seguenti requisiti:

- 1) Deve essere solubile in acqua.
- 2) Date le grandi diluizioni in gioco deve essere determinabile a concentrazioni molto basse.
- 3) Non ci devono essere interferenze da parte di altre sostanze e l'acqua deve avere un «background» il più basso possibile.

- 4) Non deve subire processi di adsorbimento, precipitazione chimica, decomposizione chimica o biologica.
- 5) Non deve essere tossico, perlomeno alle elevate diluizioni.
- 6) Il sistema di rivelazione deve permettere l'analisi di un elevato numero di campioni, in tempi relativamente brevi.
- 7) Il costo del tracciante, ma soprattutto quello dell'analisi, dovrebbe essere contenuto.

Per quanto riguarda il limite di rivelabilità in acqua dei traccianti, a titolo indicativo si può affermare che esso si aggira intorno a  $0.1 \mu\text{g/l}$  per il litio,  $0.01 \mu\text{g/l}$  per l'uranina e addirittura  $0.001 \mu\text{g/l}$  per qualche sostanza fluorescente; limiti più bassi ancora si hanno per le sostanze radioattive e quelle che diventano tali, nel campione d'acqua, dopo irradiazione con neutroni (attivazione neutronica). Il background delle acque ha un'enorme importanza perchè condiziona pesantemente la quantità di tracciante da immettere; per le acque carsiche non contaminate della Slovenia esso si aggira intorno a  $0.1 \mu\text{g/l}$  per il litio e addirittura a  $0.001 \mu\text{g/l}$  per l'uranina (5).

I traccianti che presentano maggiore affinità con l'acqua sono quelli che subiscono minori fenomeni di adsorbimento, emblematico è a questo proposito il caso dell'acqua tritiata, che presenta caratteristiche chimico-fisiche pressochè eguali a quelle dell'acqua normale.

Generalmente i traccianti, che vengono utilizzati in modo da ottenere diluizioni finali estremamente elevate, non pongono problemi di tossicità; è però consigliabile, qualora si debbano marcare per la prima volta acque utilizzate a scopo potabile, impiegare in una prima fase traccianti con basso livello di tossicità, onde poterli immettere nell'acqua in quantità relativamente elevate e garantire in tal modo il buon esito della prova.

Sull'economicità della rilevazione analitica del tracciante influisce la semplicità dell'analisi, il costo dell'apparecchiatura, la specializzazione richiesta all'analista. Sotto questo profilo la tecnica più vantaggiosa è senz'altro quella spettrofluorimetrica, in un secondo piano si pone invece la spettrofotometria di assorbimento atomico, impiegata per l'analisi dei metalli, molto meno economiche sono invece le tecniche di analisi delle sostanze radioattive e di quelle attivabili neutronicamente.

## RECENTI INDAGINI CON TRACCIANTI SULLE ACQUE DEL "CARSO CLASSICO"

Dal 1962 in poi non è stato più condotto alcun esperimento di marcatura delle acque del Carso triestino; i motivi sono molteplici: impossibilità di marcare le acque oltre confine, perplessità, spesso non motivate, sull'opportunità di immettere sostanze in acque utilizzate a scopo potabile, utilizzo di altre tecniche di indagine, come l'impiego dei traccianti naturali (6).

L'uso dei traccianti naturali offre però scarsi risultati quando le acque presentano caratteristiche chimico-fisiche simili e fornisce poche indicazioni sulle velocità e modalità di percorrenza delle acque nel sottosuolo.

Nella Slovenia invece, in particolare negli ultimi quindici anni, le indagini per mezzo dei traccianti artificiali hanno avuto un amplissimo sviluppo e sono state

indirizzate prevalentemente sulle acque della zona carsica che alimenta le sorgenti della Lubianizza.

L'indagine più completa (5) è stata condotta tra il 1972 e il 1975 ed ha riguardato l'aspetto idrochimico e idrologico (precipitazioni e portate), la datazione e la marcatura combinata delle acque dei «polie» di Circonio e Planina, del bacino della Piuca, della zona di Longatico, delle sorgenti della Lubianizza.

L'esperimento di marcatura ha interessato ben 12 punti di immissione del tracciante e un volume d'acqua, valutabile globalmente intorno a 2.7 mc/s.

Sono state immesse nelle acque sostanze fluorescenti (30-50 Kg per punto di immissione), cloruro di litio, sali di indio, sali di cromo 51, spore colorate di licopodio.

Le velocità apparenti, calcolate lungo i vari percorsi sotterranei, sono risultate mediamente comprese tra 150 e 200 m/ora, con un massimo di 410 m/ora e un minimo di 36 m/ora.

I risultati ottenuti sono stati oltremodo brillanti ed hanno permesso di chiarire, anche nei particolari, la circolazione idrica della zona.

## IL NUOVO ESPERIMENTO DI MARCATURA DELLE ACQUE

Venti anni dopo l'esperimento con il tritio, le acque del Timavo sono state nuovamente marcate utilizzando come tracciante un solvente, il tetracloruro di carbonio, immesso nelle acque che scorrono sul fondo di Trebiciano.

Le premesse per l'esperimento di marcatura risalgono al 1977, allorchè il laboratorio chimico dell'ACEGA iniziava una accurata indagine sulla presenza di sostanze clorurate nelle acque gregge e potabilizzate dell'acquedotto di Trieste. In particolare nelle acque gregge furono determinati quantitativamente, mediante l'utilizzo di un gas-cromatografo con rivelatore a cattura di elettroni, i seguenti solventi: cloroformio, 1,1,1-tricloroetano, tetracloruro di carbonio, trielina, tetracloroetilene.

Le quantità trovate nelle acque del Sardos, Timavo, Sablici e Aurisina risultarono molto basse e comprese tra 0.0  $\mu\text{g/l}$  del tetracloruro di carbonio e 1.5  $\mu\text{g/l}$  della trielina.

Queste sostanze sono contaminanti ubiquitari delle acque, derivanti da attività industriali, artigianali e domestiche, che presentano una grande stabilità e persistenza nei corpi idrici sotterranei. La loro solubilità in acqua è bassa, ma sufficiente per provocare estese contaminazioni delle falde, come è avvenuto in molte province italiane e in primo luogo in quella di Milano, ove questi solventi sono stati trovati nelle acque sotterranee in concentrazioni dell'ordine di alcune centinaia di microgrammi per litro. Le loro solubilità in acqua sono infatti comprese tra i 0.1 g/l del tetracloroetilene e i 9.3 g/l del cloroformio, quella del tetracloruro di carbonio è di 1.1 g/l.

Indagini più approfondite sul contenuto di tetracloruro di carbonio, utilizzando l'analisi gas-cromatografica dello spazio di testa, sono state condotte nel 1982 e hanno permesso di accertare che nelle acque del Sardos e del Timavo questa sostanza si trova in concentrazioni bassissime, intorno a 0.02  $\mu\text{g/l}$ . A questo punto è sorta l'idea di utilizzare questo solvente per la marcatura delle acque del Timavo.

È stato valutato in primo luogo l'aspetto igienico-sanitario del problema: il tetracloruro di carbonio è un solvente tossico e l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha

proposto il limite di  $3 \mu\text{g/l}$  nell'acqua potabile. A questo proposito è bene precisare che tale limite è stato ricavato non sulla base di dati di tossicità acuta, bensì è stato valutato il rischio a cui l'organismo umano va incontro in seguito alla assunzione prolungata di un'acqua contenente questo solvente. Ciò significa che il valore di  $3 \mu\text{g/l}$  può essere superato, anche di molto, senza alcun rischio per il consumatore, purché il fatto sia occasionale.

La marcatura delle acque dell'abisso di Trebiciano e il controllo delle acque alle risorgive del Timavo e del Sardos è stata una scelta quasi obbligata per questo nuovo esperimento di marcatura. Infatti per non compiere uno sforzo organizzativo superiore alle proprie forze era necessario seguire la traccia di esperienze passate che consentissero di prevedere località, tempi e concentrazioni di fuoriuscita del tracciante.

Scontata la scelta di Trebiciano come punto di immissione del tracciante, si è deciso di controllare le acque che fuoriescono a S. Giovanni di Duino, e cioè quelle del Timavo (portata media =  $30 \text{ mc/s}$ ) e quelle del Sardos (portata media =  $1.9 \text{ mc/s}$ ) e di trascurare, sempre per l'economicità dell'esperimento, le sorgenti di Aurisina, in quanto presentano una portata irrisoria rispetto alle prime due ( $0.3 \text{ mc/s}$ ) e, perlomeno in condizioni di regime normale o di magra, hanno un'alimentazione diversa da quella del Timavo.

Sulla base delle conoscenze tossicologiche e dei risultati ottenuti dalla prova di marcatura con il tritio, è stata calcolata la quantità di solvente da immettere nelle acque di Trebiciano, in modo da avere una chiara risposta strumentale e nel contempo non superare, possibilmente, il valore di  $3 \mu\text{g/l}$ .

Si è supposto di marcare 23 milioni di metri cubi d'acqua [volume d'acqua marcata fuoriuscito a Duino nel 1962, ricalcolato in base alla scala di deflussi livello 3° ramo-portata totale, ricavata dall'autore (7)], in modo da ottenere una concentrazione media di  $\text{CCl}_4$  di  $0.1 \mu\text{g/l}$  ed una concentrazione massima inferiore a  $3 \mu\text{g/l}$ . La quantità di solvente da immettere è risultata pertanto di 2.3 Kg, pari a 1.5 litri.

Un grosso ostacolo da superare è stato quello della solubilizzazione del solvente in acqua. Il tetracloruro di carbonio, gettato in acqua, a causa della sua scarsa solubilità e dell'elevata densità (1.6) si disperde in goccioline che si depositano sul fondo e qui lentamente si solubilizzano. Dopo alcune prove si è deciso di sciogliere 1 volume di solvente in 3 volumi di alcool etilico al 95% in modo da ottenere una soluzione con densità eguale a quella dell'acqua. Tale soluzione, spruzzata sulla superficie dell'acqua contenuta in un recipiente profondo 50 cm, dà luogo alla formazione di piccolissime gocce di  $\text{CCl}_4$  che in buona parte si solubilizzano prima di arrivare sul fondo.

Tenuto conto che nella caverna Lindner la portata del corso d'acqua normalmente supera  $1 \text{ mc/s}$  e che l'acqua nel sifone di uscita presenta una profondità superiore al metro ed una certa turbolenza, il risultato della prova di laboratorio è stato ritenuto soddisfacente.

Particolare attenzione è stata rivolta alla scelta del momento più opportuno per la marcatura. Escluso il periodo delle magre estive, durante le quali i tempi di permanenza delle acque nel sottosuolo possono essere anche di alcuni mesi, con ovvie implicazioni non solo sulla durata dei prelievi, ma anche sulla concentrazione

del tracciante durante la sua fuoriuscita, si è ritenuto opportuno marcare le acque dopo una serie di piene autunnali, in fase di morbida decrescente e con condizioni meteorologiche buone e stabilizzate, in modo da ridurre l'eventualità che una nuova piena potesse disturbare l'esperimento. Sotto questo profilo la scelta del giorno 31 ottobre 1982 è stata quasi ottimale, perchè fino al giorno 9 novembre non ci sono state precipitazioni e di conseguenza la portata delle risorgive a Duino è andata diminuendo gradatamente. Solo il giorno 10, in seguito alla pioggia caduta il giorno prima, si è registrato un fenomeno di moderata piena, che ha coinciso con la fuoriuscita del tracciante.

Una seconda marcatura, utilizzando le stesse quantità di solvente, è stata effettuata successivamente alla fuoriuscita del tracciante, il giorno 14 novembre, in concomitanza con un episodio di forte piena, onde acquisire ulteriori informazioni circa le modalità di movimento delle acque in condizioni idriche diverse.

Le prove di marcatura sono state integrate mediante la raccolta di dati meteorologici, idrologici e idrochimici.

I dati meteorologici relativi alle precipitazioni rilevate a Trieste sono stati forniti dall'Istituto Talassografico di Trieste. I dati di portata relativi alle risorgive di Duino sono stati ricavati da misure idrometriche effettuate giornalmente ai tre rami del Timavo e alle sorgenti Sardos, tenuto conto dell'acqua prelevata dall'acquedotto.

I valori della portata dell'alto Timavo sono stati forniti dall'Hidrometeoroloski Zavod di Lubiana e si riferiscono alla sezione di Cerkvenik, a monte degli spandimenti di Auremio, ove è in funzione un idrometrografo. Le caratteristiche idrochimiche dell'acqua, quali durezza totale, torbidità, ossidabilità al permanganato, potassio, sono state determinate presso il laboratorio chimico dell'ACEGA.

## METODOLOGIA USATA PER LA PROVA

### *Tracciante*

È stata preparata una soluzione di 1.5 l di tetracloruro di carbonio in 4.5 l di alcool etilico al 95%; la soluzione è stata suddivisa in bottiglie di polietilene di 1 l ed è stata spruzzata (attraverso un tappo provvisto di piccoli fori) sulla superficie dell'acqua, nel sifone di uscita dell'abisso di Trebiciano.

### *Prelievo dei campioni d'acqua*

I campioni d'acqua sono stati prelevati manualmente, due o più volte al giorno, mediante bottiglie di vetro; analisi preliminari hanno infatti escluso la possibilità dell'impiego di contenitori in plastica che provocano la cessione di sostanze interferenti. I punti di prelievo sono stati scelti in corrispondenza al 3° ramo del Timavo e allo sfioro del canale di raccolta delle acque del Sardos. Il trasporto dei campioni d'acqua al laboratorio d'analisi a Trieste è stato effettuato, per evitare contaminazioni durante i travasi in laboratorio, direttamente in fiale di vetro (25 ml d'acqua in fiala da 45 ml), lavate in precedenza con un flusso d'azoto di purezza gas-cromatografica, provviste di un tappo a vite, con setto di gomma teflonata nella parte interna.

### *Analisi del tetracloruro di carbonio nelle acque*

È stata effettuata l'analisi gascromatografica con rivelatore a cattura di elettroni dello spazio di testa (fase vapore) dell'acqua contenuta nella fiala, dopo due ore di termostatazione in stufa a 50°C. Iniettando nel gas-cromatografo 250  $\mu$ l di vapore, alle condizioni operative sottoelencate, il limite di rivelabilità del CCl<sub>4</sub> è risultato migliore di 0.001  $\mu$ g/l.

Condizioni gas-cromatografiche:

Colonna: in vetro,  $\varnothing$  int. 2 mm, lunghezza 6 piedi, riempita di DC 550 al 2% su Chromosorb G, AW, DMCS, 60-80 mesh.

Temperatura: forno = isoterma a 40°C, iniettore = 200°C, rivelatore = 200°C.

Gas di trasporto: azoto, 25 ml/min.

Tempo di analisi: 7 minuti.

Gli standard di taratura sono stati preparati con acqua esente da solventi, addizionata di tetracloruro di carbonio sciolto in alcool isopropilico. Per il calcolo delle aree e delle concentrazioni è stato utilizzato un integratore automatico.

### ESECUZIONE DELLA PROVA

Ottenuto il permesso per l'esecuzione della prova dall'autorità sanitaria competente, veniva valutato giorno dopo giorno, durante tutto il mese di ottobre 1982, il momento più opportuno per l'immissione del tracciante. Dopo il periodo di siccità estiva, protrattosi per tutto il mese di settembre, il 5 ottobre iniziavano le precipitazioni autunnali che portavano il Timavo in condizioni di piena, con massimi i giorni 10-16-25 ottobre. Successivamente si instaurava un periodo di stabilità meteorologica, per cui veniva deciso di dare immediatamente corso alla prova di marcatura.

L'immissione del tracciante sul fondo dell'abisso di Trebiciano veniva affidata a due speleologi di provata capacità ed esperienza: F. Besenghi e A. Fedel del Gruppo Speleologico dell'Associazione XXX Ottobre di Trieste.

La soluzione del tracciante veniva cautamente versata nel sifone di uscita verso le ore 12 del 31 ottobre. L'acqua sul fondo non presentava una portata particolarmente elevata (forse 2-3 mc/s) e un campione, successivamente analizzato, denotava un modesto inquinamento organico, almeno cinque volte inferiore a quello che presenta di solito l'alto Timavo ad un regime simile a quello registrato il giorno dell'immissione. Dal diagramma della fig. 1 risulta infatti che la portata dell'alto Timavo, dopo l'ultimo episodio di piena del giorno 24 ottobre, era regolarmente diminuita fino a 7 mc/s, valore molto prossimo a quello medio annuo che è di 8.6 mc/s.

A Duino il Timavo era in regime di morbida decrescente, con una portata di 34 mc/s; le sue acque risentivano ancora della piena del giorno 25 perchè presentavano una leggera torbidità ed un certo inquinamento organico. Fino al giorno 9 novembre non si registrava alcuna precipitazione e le portate del Timavo e dell'alto Timavo si riducevano rispettivamente a 21 e 3 mc/s. Fino a questa data le analisi del tracciante nelle acque davano un valore di background costante di  $0.020 \pm 0.002$   $\mu$ g/l per il Timavo e di  $0.018 \pm 0.002$   $\mu$ g/l per il Sardos.

Il giorno 9 si verificavano intense precipitazioni, ammontanti a Trieste a ben 46.6 mm d'acqua, che provocavano già il giorno dopo condizioni di morbida del Timavo.

Il giorno 10 l'analisi dei campioni prelevati fino alle ore 7 del mattino non evidenziava niente di nuovo, viceversa l'analisi del giorno 12 (i prelievi venivano effettuati giornalmente alle ore 7 e 17, le analisi ogni secondo giorno) metteva in risalto non solo un netto aumento della concentrazione del tetracloruro di carbonio nelle acque del Timavo, ma anche una repentina diminuzione, tutto nell'arco di 48 ore.

I valori trovati comunque permettevano di ricostruire con sufficiente attendibilità il passaggio dell'onda di acqua marcata (fig. 2).

In definitiva la fuoriuscita del tracciante ha avuto inizio il giorno 10 novembre verso le ore 12, ha raggiunto il suo massimo ( $c = 0.34 \mu\text{g/l}$ ) il giorno 11, pure alle ore 12, e si è esaurita completamente verso la metà del giorno 14. La parte discendente della curva di fuoriuscita è risultata pochissimo codata, infatti dopo 48 ore dall'inizio del fenomeno e dopo 24 ore dal suo massimo era passato il 95% del tracciante.

Il volume d'acqua complessivamente scaricato dal Timavo durante la fuoriuscita del tracciante, che è durata esattamente cinque giorni, è risultato di 26.886.000 m<sup>3</sup> d'acqua, la concentrazione media del tracciante (dedotto il valore di fondo) è stata di 0.067  $\mu\text{g/l}$ , la concentrazione massima di 0.34  $\mu\text{g/l}$ , la quantità globalmente fuoriuscita di 1.8 Kg, pari al 78% di quella immessa.

Si tratta di un risultato soddisfacente, considerando che la curva di fuoriuscita è stata costruita avendo a disposizione pochi punti e che i dati di portata soffrono comunque di un certo grado di incertezza, valutabile in  $\pm 10\%$ .

Molto importante, da un punto di vista idrologico, il fatto che alle sorgenti del Sardois non sia stata riscontrata alcuna variazione significativa della concentrazione di fondo del tetracloruro di carbonio.

Considerato il buon esito dell'esperimento, è stato deciso di effettuare una seconda marcatura, ma in condizioni idrologiche diverse, approfittando dell'ulteriore aumento di portata delle acque registrato la mattina del 14 novembre.

Alle ore 14.30 dello stesso giorno, lo speleologo A. Fedel che si era assunto l'incarico dell'immissione del tracciante (sempre 2.3 Kg in alcool etilico) trovava la caverna Lindner riempita d'acqua fino a quasi il limite superiore dell'enorme deposito argilloso-sabbioso, cioè fino ad una quota di circa 60 metri s.l.m. Era in atto infatti una eccezionale piena dell'alto Timavo che in quello stesso giorno scaricava attraverso la sezione del mulino di Cerkvenik ben 112 mc/s d'acqua, mentre il Timavo raggiungeva la massima portata di 100 mc/s il giorno dopo ma, a differenza dell'alto Timavo, rimaneva in forte piena, con portate leggermente inferiori, per altri 2-3 giorni.

Al momento dell'immissione del tracciante, avvenuta alle ore 14, la piena a Trebiciano aveva da poco raggiunto il suo valore massimo, perchè tra le 13.30 e le 14 il livello dell'acqua diminuiva di circa dieci centimetri. L'immissione del tracciante, in mancanza di un battello di gomma, è stata fatta in condizioni precarie, e cioè ai bordi del lago e su di una superficie d'acqua relativamente tranquilla e poco profonda. Era pertanto prevedibile che una parte del tracciante sarebbe finita sul fondo sabbioso, vicino al punto di immissione, e non avrebbe avuto il tempo di solubilizzarsi, perchè alla quota di 60 metri la velocità di discesa dell'acqua, in base ad un diagramma riportato dal Boegan (8), è valutabile intorno ad un metro l'ora.



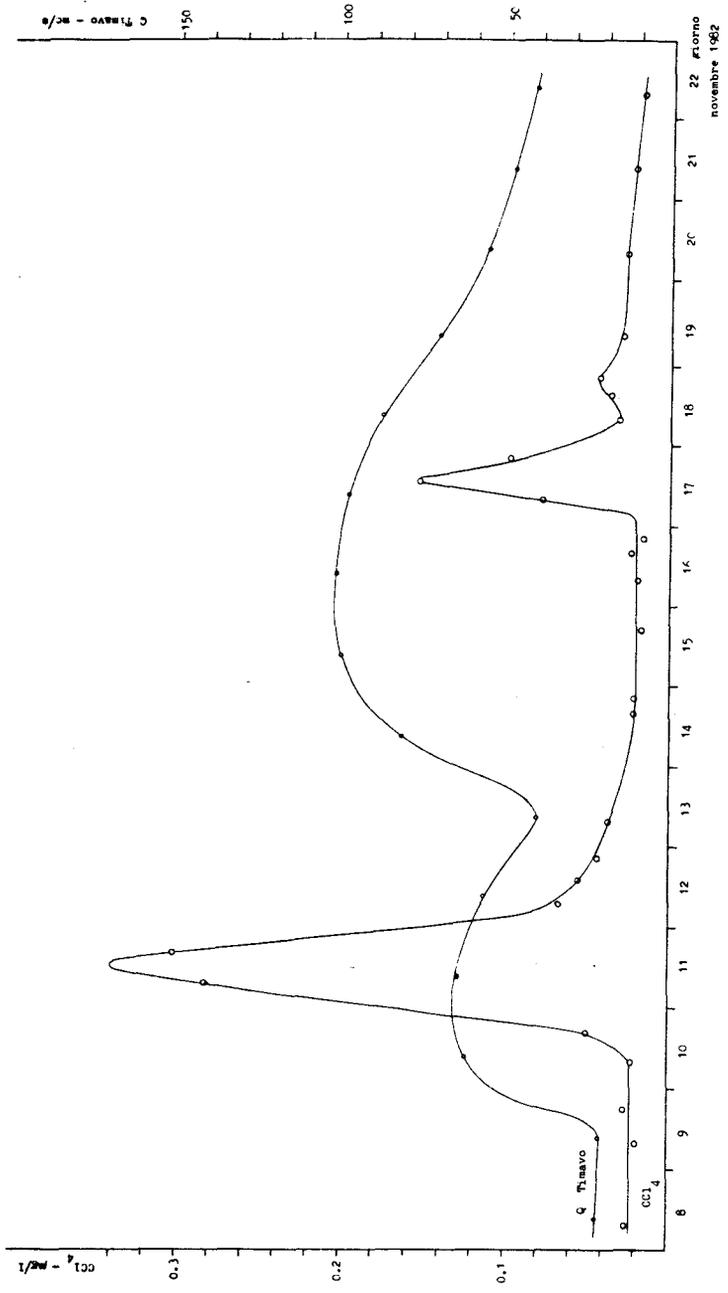


Fig. 2 - Curve di fuoriuscita del tetracloruro di carbonio e portata del Timavo.

Un'altra circostanza sfavorevole per il successo della prova era costituito dal fatto che la massa d'acqua, comunque marcata, ma ristagnante nella parte superiore della caverna, non poteva immettersi nella circolazione idrica veloce, attraverso il sifone d'uscita, se non dopo un tempo X, assolutamente non calcolabile in assenza di una registrazione di livello dell'acqua nella caverna.

Prima della marcatura veniva prelevato un campione d'acqua che, sottoposto all'analisi chimica, dava i seguenti risultati: elevata torbidità (66 U.F.), forte consumo di permanganato (COD = 12 mg/l di O) e bassa durezza totale (11.6°F).

Se si considera che la durezza dell'acqua dell'alto Timavo è inversamente proporzionale alla portata del fiume e che in particolare durante le piene eccezionali (comprese tra i 100 e 300 mc/s) essa può scendere a 6-7°F, nel mentre l'opposto si verifica con le acque di percolazione carsica che nei periodi di forte pioggia possono superare i 30°F, il contributo dell'alto Timavo alle acque di Trebiciano al momento del prelievo doveva essere senz'altro superiore al 50%.

Alle risorgive del Timavo, a partire dal giorno 13 e in concomitanza con l'aumento delle portate, si verificava un peggioramento della qualità dell'acqua, con un progressivo aumento della torbidità, dell'inquinamento organico e della concentrazione del potassio e una netta diminuzione della durezza, chiari indici di un rilevante contributo delle acque dell'alto Timavo. I valori estremi si registravano verso le ore 20 del giorno 16, con torbidità = 70 U.F., COD = 12 mg/l, durezza totale = 16°F, potassio = 2.4 mg/l.

Verso le ore 16 del 17 novembre incominciava a fuoriuscire il tracciante dalle risorgive del Timavo; la sua concentrazione raggiungeva un massimo (0.154  $\mu\text{g/l}$ ) alle ore 20 dello stesso giorno, si riduceva notevolmente il giorno dopo per poi leggermente aumentare e infine si esauriva completamente alla fine del 22 novembre.

Tra l'immissione del tracciante e l'inizio di fuoriuscita erano trascorse solo 64 ore, 72 invece se si considera il transito della concentrazione massima. La velocità apparente dell'acqua nel tratto Trebiciano-Duino risultava rispettivamente di 344 e 306 m/ora.

Il volume d'acqua marcato tra il 17 e il 21 novembre è stato di ben 31.230.000, la quantità di CCl<sub>4</sub> fuoriuscita di 0.74 Kg, come previsto notevolmente inferiore a quella immessa.

Assodato che il massimo della piena a Trebiciano si era raggiunto intorno alle ore 13, utilizzando torbidità, COD, potassio e durezza come traccianti dell'onda di piena proveniente da S. Canziano e transitata almeno in parte per Trebiciano, si ricava che il tempo di percorrenza della cresta dell'onda tra Trebiciano e Duino è stato di 55 ore, con una velocità media apparente di 400 m/ora. Il risultato non è molto diverso da quello ottenuto con il tracciante artificiale, però si ammette, ma la cosa non è affatto sicura, che l'acqua dell'alto Timavo che non passa per Trebiciano, ma che si unisce ad un certo punto con le acque che scorrono nella caverna Lindner prima di venire alla luce a S. Giovanni di Duino, scorra con la stessa velocità apparente in direzione delle risorgive.

Alle sorgenti Sardos, sempre nella mattina del giorno 17, veniva messo in evidenza un debole ma netto aumento, rispetto al valore di fondo, della concentrazione di tetracloruro di carbonio. Il fenomeno raggiungeva il suo massimo alle ore 14

con  $0.028 \mu\text{g/l}$  e si estingueva il giorno 19. Nota la portata delle sorgenti nei giorni 17 e 18 (3.4 e 3.0 mc/s) e la concentrazione media del tracciante in questo periodo ( $0.005 \mu\text{g/l}$ ), è stata calcolata la quantità di tracciante fuoriuscita attraverso queste sorgenti: essa è risultata di soli 1.4 g rispetto ai 740 g trovati nelle acque del Timavo.

La fuoriuscita di un po' di tracciante dalle sorgenti Sardos non è stata una sorpresa, perchè travasi delle acque del Timavo nelle acque del Sardos si verificano in occasione di episodi di piena e sono tanto maggiori quanto maggiore è la portata. Il fenomeno è stato rilevato più volte in passato, allorchè la portata del Timavo supera i 70 mc/s; in tali occasioni, tramite i dati di torbidità e COD, è stato possibile calcolare le percentuali di acqua del Timavo nell'acqua del Sardos, generalmente comprese tra il 5% (limite inferiore di rivelabilità) e il 20%.

Mediante l'analisi del tetracloruro di carbonio è stato valutato nel 9% il massimo travaso di acqua del Timavo nel Sardos durante la piena del novembre 1982; analogo calcolo non è stato possibile effettuare utilizzando i dati dell'analisi chimica, a causa di valori insolitamente elevati di COD e torbidità che caratterizzavano le acque del Sardos, prima del travaso.

## CONFRONTO CON ALTRI ESPERIMENTI DI MARCATURA

L'unico esperimento di marcatura svolto in passato sulle acque di Trebiciano risale al lontano 1908, allorchè l'ing. Picciola, su incarico del Timeus, immise nel fiume che scorre sul fondo dell'abisso dell'uranina (2). Il tracciante fu ritrovato dopo nove giorni al Timavo e alle sorgenti di Aurisina, mancano però notizie sulla durata dell'onda di acqua marcata e sulla portata del Timavo.

Data la scarsità di informazioni si può prendere solo atto che il tempo di percorrenza delle acque nel sottosuolo è risultato molto simile a quello (10 giorni) riscontrato in occasione della 1° marcatura con il CCl<sub>4</sub>. Molto più proficuo risulta invece un confronto con l'unico esperimento di marcatura delle acque del Timavo, condotto con criteri rigorosamente scientifici e sottoposto ad una interpretazione quantitativa, cioè la marcatura con il tritio del 1962. Il confronto è imperniato sull'esame delle curve di concentrazione del tracciante, rilevate alle risorgive del Timavo (fig. 3), e su alcune grandezze fisiche e idrologiche che hanno caratterizzato le prove. Nella tabella 2, che riporta tali grandezze, è stato inserito anche l'esperimento del 1907 con il cloruro di litio, perchè degno di considerazione nonostante il suo aspetto qualitativo.

È necessario premettere che i dati di portata del Timavo, relativi alla prova del 1962, sono stati ricalcolati sulla base dei livelli del 3° ramo del Timavo, quali risultano da dati di archivio dell'ACEGA, e della curva di deflusso ricavata dall'autore (7). Vanno innanzitutto precisate le condizioni idrologiche che hanno caratterizzato la prova del 1962 e quella del 31 ottobre 1982. Nel luglio 1962, al momento dell'immissione del tracciante, l'alto Timavo era in magra ( $0.5 \text{ mc/s}$ ), mentre a S. Giovanni di Duino il Timavo presentava una portata discreta, di  $19 \text{ mc/s}$ .

Dopo due soli giorni si verificava una piena dell'alto Timavo, non eccezionale come portata ( $30 \text{ mc/s}$ ), mentre analogo fenomeno si registrava, con un po' di ritardo, anche al Timavo ( $62 \text{ mc/s}$ ); successivamente, fino al transito e alla scomparsa

dell'onda di acqua marcata, le portate diminuivano regolarmente e si portavano a livelli antecedenti l'episodio di piena. La portata media dell'alto Timavo e del Timavo, dal momento dell'immissione del tracciante fino al transito della cresta dell'onda marcata, era pari a 6.2 e 31 mc/s, valori abbastanza prossimi a quelli medi annui, che sono rispettivamente di 8.6 e 30 mc/s.

Durante la 1° prova di marcatura con il tetracloruro di carbonio le condizioni idrologiche sono state diverse, però i valori delle portate medie sono risultati molto simili. Si è infatti marcato con l'alto Timavo e il Timavo in leggera morbida (6.9 e 34 mc/s), successivamente le portate sono regolarmente diminuite fino al giorno antecedente la fuoriuscita del tracciante, allorchè ha avuto inizio un episodio di moderata piena. Proprio il transito dell'onda di acqua marcata è stato caratterizzato da condizioni idrologiche diverse: nel 1962 la portata media, calcolata per una fuoriuscita del 90% del tracciante è stata di 22 mc/s, mentre nel 1982 ha raggiunto il valore di 63 mc/s.

Passando ad esaminare la variazione della concentrazione del tracciante in funzione del tempo ci si trova di fronte a curve a campana molto diverse tra loro (fig. 3). Lo zero delle ascisse non è lo stesso per le tre curve: per le marcature con il tetracloruro di carbonio è stato fatto coincidere con il passaggio dell'onda di tritio a Trebiciano, cioè 63 ore dopo l'iniezione del tracciante a S. Canziano. La curva relativa al tritio è molto più larga e codata di quella del CCl<sub>4</sub> (1° marcatura) e inoltre, anche se il confronto non è molto corretto per le motivazioni riportate precedentemente, risulta ritardata di circa tre giorni.

Le differenze nella forma dell'onda sono imputabili al diverso grado di dispersione del tracciante nella corrente idrica, tra il punto di immissione e la sua fuoriuscita a S. Giovanni di Duino. Tale fenomeno è legato alla turbolenza dell'acqua e, in forma minore, alla diffusione molecolare del tracciante. La dispersione dipende da molteplici fattori quali la lunghezza, la sezione, la forma del canale e le modalità di scorrimento (laminare, turbolento, a pelo libero, in pressione).

Nel caso specifico i fattori che hanno influito sulla diversa dispersione dei traccianti, relativamente alle due prove, possono essere molteplici, inoltre è ben difficile fare una scala di priorità date le scarse conoscenze che si hanno sulla circolazione sotterranea delle acque del Timavo. Ci si limiterà pertanto a svolgere delle considerazioni, senza alcuna pretesa di spiegare un fenomeno così complesso.

Il tritio è stato immesso a S. Canziano, 12.5 Km più a monte di Trebiciano, in un corso d'acqua che con ogni probabilità, ad eccezione dei periodi di forte piena, scorre a pelo libero in grandi canalizzazioni, simili a quelle che sono state scoperte sul fondo dell'Abisso dei Serpenti. Pertanto nel tratto S. Canziano - Trebiciano i fenomeni di dispersione del tracciante devono essere presumibilmente vistosi, anche perchè il corso d'acqua sotterraneo, che sicuramente è ramificato, riceve i contributi di altre acque che concorrono all'espansione dell'onda di acqua marcata. Questa infatti ha impiegato per transitare nella caverna Lindner almeno due giorni, nonostante fosse spinta da un'onda di piena dell'alto Timavo, e nel successivo tratto fino a Duino si è ulteriormente allargata. Purtroppo non si hanno informazioni dirette nè sul percorso nè sulle modalità di scorrimento delle acque nel tratto Trebiciano - Duino. Però molto probabilmente, dopo Trebiciano, l'acqua dell'alto Timavo, mescolata con acque carsiche raccolte a monte dell'abisso, scorre in condotte in pressione e di grande

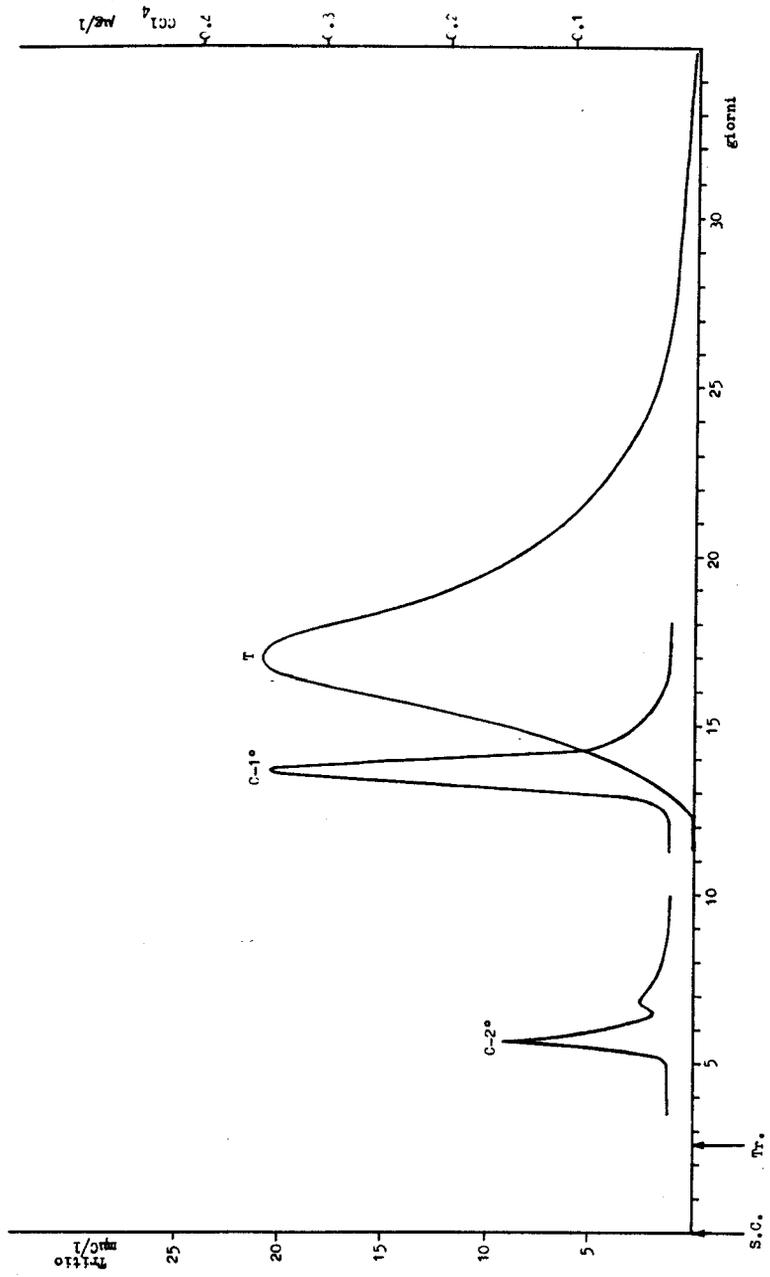


Fig. 3 - Curve di fuoriuscita del tritio (T), immesso a S. Canziano (S.C.) e del tetracloruro di carbonio (C), immesso a Trebiciano (1° e 2° prova).

diametro, perchè devono offrire scarsa resistenza al movimento dell'acqua, che si approfondiscono sempre di più fino ad arrivare a decine di metri sotto il livello del mare. Vi sono infatti indicazioni geologiche (giacitura degli strati di dolomia sui quali scorre il fiume a Trebiciano), idrochimiche (evolversi dei fenomeni di piena e di inquinamento alle risorgive), nonchè esplorazioni dirette (scoperta di canalizzazioni profonde, interessate dal movimento dell'acqua, ai tre rami del Timavo) che fanno propendere per tale ipotesi.

Non si hanno invece elementi per affermare che le acque carsiche provenienti dal bacino imbrifero situato a valle dell'abisso di Trebiciano confluiscono nella condotta, o nelle condotte, ove scorre l'acqua dell'alto Timavo, oppure convergano verso le risorgive attraverso canalizzazioni indipendenti.

La dispersione del tracciante nel tratto Trebiciano - Duino sarebbe molto diversa nei due casi, ovviamente massima nell'ipotesi di una condotta alimentata lungo tutto il suo percorso. Ora l'aver trovato curve di concentrazioni così strette in ambedue le marcature del 1982 potrebbe avvalorare la seconda ipotesi, cioè quella di una o più condotte convoglianti pressochè esclusivamente l'acqua dell'alto Timavo e le acque di percolazione carsiche, raccolte a monte di Trebiciano.

Le velocità apparenti delle acque marcate rientrano nel campo dei valori trovati con gli altri esperimenti di marcatura delle acque del Carso Triestino e riportati nella tabella 1. Fa eccezione il valore di 306 m/ora, relativo alla 2ª marcatura del novembre 1982 che va considerato, date le particolari condizioni di immissione del tracciante, senz'altro in difetto rispetto al valore reale, valutabile intorno a 400 m/ora, in base ai dati idrochimici.

Durante la prima marcatura del 1982, e analogamente alla prova del 1962, il tracciante non è stato trovato nelle acque del Sardos; viceversa ne sono state evidenziate piccole quantità in occasione del secondo esperimento, svolto durante una forte piena: è questa una conferma della relativa indipendenza di alimentazione delle acque del Sardos da parte dell'alto Timavo.

## CONCLUSIONI

L'esperimento di marcatura delle acque di Trebiciano, svolto in due riprese nel novembre 1982, ha permesso di verificare la possibilità dell'impiego del tetracloruro di carbonio come tracciante e nel contempo di ricavare nuove informazioni sulla circolazione idrica sotterranea del Carso Triestino.

Questo nuovo tracciante artificiale, analogamente a quelli che oggigiorno vengono usati nelle ricerche idrologiche, presenta vantaggi e svantaggi. Tra i primi si annovera la sua stabilità in acqua, sia sotto il profilo chimico che fisico e biologico, il suo basso costo, la possibilità di marcare enormi volumi d'acqua con pochi litri di solvente. A titolo orientativo si può dire che con 100 g di solvente si possono marcare senza difficoltà 1 milione di metri cubi d'acqua. La preparazione del campione è minima, l'analisi strumentale richiede apposita apparecchiatura ma è semplice e rapida.

Tra gli svantaggi in primo luogo va ricordata la difficoltà di solubilizzare questo solvente in acqua. L'inconveniente è stato superato parzialmente preparando una

soluzione in alcool e versando il tracciante là dove l'acqua presenta una certa turbolenza e profondità. Il sistema di solubilizzazione è senz'altro perfettibile e comunque non dovrebbe costituire problemi per quantità d'acqua da marcare inferiori, dell'ordine delle centinaia di migliaia di metri cubi; in questi casi è sufficiente preparare una soluzione diluita (inferiore a 1.1 g/l) di tetracloruro in acqua. Un altro svantaggio è costituito dalla tossicità di questa sostanza, per cui, onde evitare indiscriminati abusi, ogni immissione nel sottosuolo dovrebbe venir autorizzata dall'autorità sanitaria competente.

Da un punto di vista idrologico la prova di marcatura e l'analisi idrochimica delle acque hanno riconfermato la validità di alcune ipotesi fatte sulla circolazione idrica sotterranea nel Carso Triestino. I risultati ottenuti possono venir compendiate nei seguenti tre punti:

1. Le velocità apparenti delle acque nel tratto Trebiciano - Duino raggiungono durante le piene valori molto elevati, dell'ordine di diverse centinaia di metri all'ora, e ciò confermerebbe uno scorrimento dell'acqua in grandi canalizzazioni.
2. La modesta dispersione del tracciante tra Trebiciano e Duino starebbe inoltre ad indicare uno scorrimento in condotta in pressione, con scarsi contributi laterali.
3. Le sorgenti Sardos presentano un'alimentazione indipendente dalle acque dell'alto Timavo, fatta eccezione per i regimi di maggior piena, allorchè si verificano dei travasi delle acque del Timavo.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) **TIMEUS G.** - (1910) - «*Studi in relazione al provvedimento d'acqua per la città di Trieste*» - Trieste
- 2) **TIMEUS G.** - (1911) - «*Il litio e la radioattività quali mezzi di indagine nell'idrologia sotterranea. L'origine del fiume Timavo*». Atti. Soc. Ital. Progr. Scienze - Roma
- 3) **ERIKSSON E. et al.** - (1963) - «*Some new results on the carstic hydrology with the employ of tritiated water as a tracer*» - Boll. Geof. Teor. ad Appl., vol. VII, n. 27
- 4) **MOSETTI F.** - (1965) - «*Nuova interpretazione di un esperimento di marcatura radioattiva del Timavo*» - Boll. Geof. Teor. ed. Appl., vol. II, n. 8
- 5) **GOSPODARIC R.**, - (1976) - «*Underground water tracing investigations in HABIC P. Slovenia 1972-1975*» - 3° Simp. Inter. Tracciatura delle acque - Bled - Jugoslavia
- 6) **FAZIO G.**, - (1973) - «*L'utilizzazione di alcuni traccianti naturali nello GEMITI F. studio dell'idrologia ipogea del Carso Triestino, in relazione al corso sotterraneo del Timavo*» - Atti 1° Conv. Spel. Friuli-Venezia Giulia - Trieste
- 7) **GEMITI F.** - (1984) - «*La portata del Timavo a S. Giovanni di Duino*» su questa rivista
- 8) **BOEGAN E.** - (1938) - «*Il Timavo. Studio sull'idrografia carsica subaerea e sotterranea*» - Mem. Ist. Ital. Speleol., Serie Geol. e Geof., Mem. II - Trieste

**Tabella 1 - Sintesi delle prove di marcatura effettuate sulle acque del Carso Triestino**

**SISTEMA IDRICO DEL TIMAVO**

Anno	Tracciante	Collegamenti dimostrati	Distanza Km	Tempo giorni	Velocità m/ora
1884	Galleggianti	(Trebiciano - Duino)	22		
1891	Fluoresceina	(S.Canziano - Aurisina)	26.5		
1907	LiCl	S.Canziano - Duino	34.5	8.8	164
		S.Canziano - Aurisina	27	8.8	128
		S.Canziano - Cedas	21	7.7	114
		S.Canziano - Guardiella	15	10.6	59
1908	Uranina	Trebiciano - Duino	22	9	102
		Trebiciano - Aurisina	14	9	65
1909	Pechblenda	S.Canziano - Duino	34	8	177
		S.Canziano - Aurisina	26.5		
		S.Canziano - Cedas	20.5		
		S.Canziano - Guardiella	14.5		
1910	LiCl	Vipacco - Timavo	11	5	91
		Vipacco - Sardos	10.5	5	88
1913	Fluoresceina	S.Canziano - Trebiciano	12.5	5.6	93
1913	LiCl	Abisso dei Serpenti - Duino	31	316	
		Abisso dei Serpenti - Trebiciano	9.7		
1927	Anguille	Alto Timavo - Duino	37	188	
		S.Canziano - Duino	34	55	
		Trebiciano - Duino	22	40	
	Uranina	Pozzo dei Colombi - Timavo	0.3	0.1	150
1962	Tritio	Pozzo Ferrovia - Sardos	0.6	4	
		S.Canziano - Trebiciano	12.5	2.6	198
		S.Canziano - Aurisina	26.5	21.2	52
		S.Canziano - Timavo	34	16.1	88

**ALTRI SISTEMI IDRICI**

Anno	Tracciante	Collegamenti dimostrati	Distanza Km	Tempo giorni	Velocità m/ora
1908	Fluoresceina	Grotta Cascata - sorgente Bagnoli	3.4	60	
	Fucsina	Grotta Occisla - antro Bagnoli	3.6	60	
1910	LiCl	Vipacco - Doberdò	7.5	5	63
		Odolina - Risano	12.5	5	104
1911	Uranina	Sablici - Lisert	0.5	0.2	100

**Tabella 2 - Confronto tra alcuni esperimenti di marcatura delle acque del Timavo**

Anno		1907	1962	1982 (1°)	1982 (2°)
Tracciante usato		cloruro di litio	tritio	carbonio tetracloruro	
Percorso sotterraneo		S. Canziano Duino	S. Canziano Duino	Trebiciano - Duino	
Distanza in linea d'aria	Km	34.5	34.	22.	22.
Tempo di fuoriuscita (I)	giorni	8.8	13.	10.	2.7
Tempo di fuoriuscita (M)	"	10.	16.	11.	3.
Durata dell'onda (100%)	"	21.	17.	5.	4.
Durata dell'onda (90%)	"		10.	2.	1.
Velocità apparente (I)	m/ora	164.	109.	92.	344.
Velocità apparente (M)	"		88.	83.	306.
Portata media alto Timavo (I)	mc/s	4.4	7.7	4.7	55.
Portata media alto Timavo (M)	"		6.2	7.1	50.
Portata media Timavo (I)	"	37.	32.	29.	96.
Portata media Timavo (M)	"	37.	31.	32.	96.
Portata media Timavo (100%)	"	37.	20.	61.	75.
Portata media Timavo (90%)	"	37.	22.	63.	95.

**Legenda :** I = Periodo di tempo intercorso tra l'immissione e l'inizio della fuoriuscita del tracciante  
: M = Periodo di tempo intercorso tra l'immissione e il transito della cresta dell'onda marcata  
: 100% = Relativa al periodo di fuoriuscita di tutta l'onda marcata  
: 90% = Relativa al periodo di fuoriuscita del 90% dell'onda, escludendo la coda.

GIORGIO MARZOLINI (\*)

## NUOVE STAZIONI PREISTORICHE SUL CARSO TRIESTINO

### RIASSUNTO

Accurate ricerche svolte sul Carso triestino hanno portato all'individuazione di antichi insediamenti umani nelle vicinanze di stazioni preistoriche già note.

Con il presente lavoro se ne segnalano alcuni, esplorati sommariamente, e si descrivono i reperti più significativi.

### SUMMARY

Careful research in the Triestine Karst have brought to location of some ancient human settlements in the neighbourhood of well known prehistorical sites.

In this report are described the preliminary exploration of some of the above mentioned settlements and are detailed the more meaningful findings.

Il Carso Triestino è noto per i numerosi insediamenti preistorici, concentrati in un territorio esiguo, stretto tra il mare e il confine di Stato.

Nonostante sia da anni esplorato metodicamente dagli speleologi, sempre alla ricerca di nuove cavità, percorso da naturalisti, da appassionati di preistoria e da numerosi gittanti, è ancora in grado di riservarci delle sorprese.

Anche il Gruppo ricerche della XXX Ottobre svolge gran parte della sua attività sul Carso Triestino, collaborando negli scavi della locale Soprintendenza alle Antichità ed effettuando ricerche sistematiche.

Durante l'esplorazione di una piccola caverna nei pressi di Gabrovizza sono stati rinvenuti i resti di una sepoltura alto medioevale ed altri reperti appartenenti all'età del bronzo e a quella del ferro.

(\*) Gruppo Ricerche di Paleontologia Umana - Ass. XXX Ottobre

I disegni sono di G. Zanettini, le fotografie di L. Dolzani

La caverna risulta già catasta da molti anni ma immondizie e materiali di crollo ne avevano ostruito l'ingresso.

La disostruzione ed uno scavo all'interno, da parte di ignoti speleologi che probabilmente cercavano una continuazione della cavità, hanno messo alla luce dei reperti che ci hanno indotto ad effettuare un primo modesto scavo di assaggio.

La caverna, denominata Grotta del Pettine, sarà oggetto di uno scavo sistematico, diretto dalla Locale Soprintendenza alle Antichità.

Una relazione preliminare è stata pubblicata sul IV Volume degli Atti della Società per la Preistoria e la Protostoria del Friuli Venezia Giulia.

Nel corso delle ricerche sul Carso Triestino si è constatato che nelle immediate vicinanze di insediamenti preistorici già noti, piccole caverne e ripari sotto roccia, capaci di ospitare pochi individui, sono stati utilizzati come ripari occasionali.

Con certezza si possono segnalare due di queste piccole stazioni preistoriche mentre altre probabili attendono una verifica realizzabile solo con scavi di assaggio:

## IL RIPARO DI GIULIO

Con questo nome è stata chiamata una piccola dolina di crollo poco distante dal castelliere di Slivia.

Numerosi massi di notevoli dimensioni, spesso sovrapposti, riempiono il fondo della dolina mentre sui lati si notano i resti della volta dell'antico inghiottitoio.

Due assaggi praticati negli ingrottamenti laterali hanno portato alla luce pochi frammenti di ceramica che dimostrano però l'utilizzazione del posto nella preistoria.

I ripari dovevano essere frequentati dagli abitanti del castelliere di Slivia ma soprattutto dai trogloditi della grotta dei Ladroni, distante non più di cento metri. Questa grotta, distrutta da una cava tuttora attiva, che incombe pure sul Riparo Giulio, si trovava in una posizione soleggiata, al riparo dai venti e doveva essere molto frequentata nella preistoria.

Degli scavi effettuati tra la fine del 1800 e l'inizio del 1900 da Moser e dal Perko si hanno però ben poche indicazioni.

*Nello scavo A* (fig. 1), tra i massi di crollo e la parete della dolina, a 20 cm. dalla superficie, sono apparsi alcuni frammenti di un cranio umano e della emimandibola destra con i molari 1 e 2 ed il premolare 2 in sede definitiva ancora contenuti negli alveoli, appartenuti ad un individuo giovane (il P 1 definitivo deve ancora spuntare).

Non si sono trovati altri resti umani ma non è da escludere la presenza di una sepoltura nelle immediate vicinanze.

In questo livello sono stati rinvenuti frammenti di ceramica lavorata al tornio, di impasto grossolano, di color nocce, appartenenti a recipienti globulari, con l'orlo estroflesso e fondo piatto (fig. 3 n. 1,2), decorati talvolta con motivi ondulati incisi a crudo sulla spalla. (fig. 3 n. 3).

Un frammento di orlo di color bruno scuro ha il bordo appiattito e ingrossato esternamente (fig. 3 n. 4).

RIPARO GIULIO  
pianta

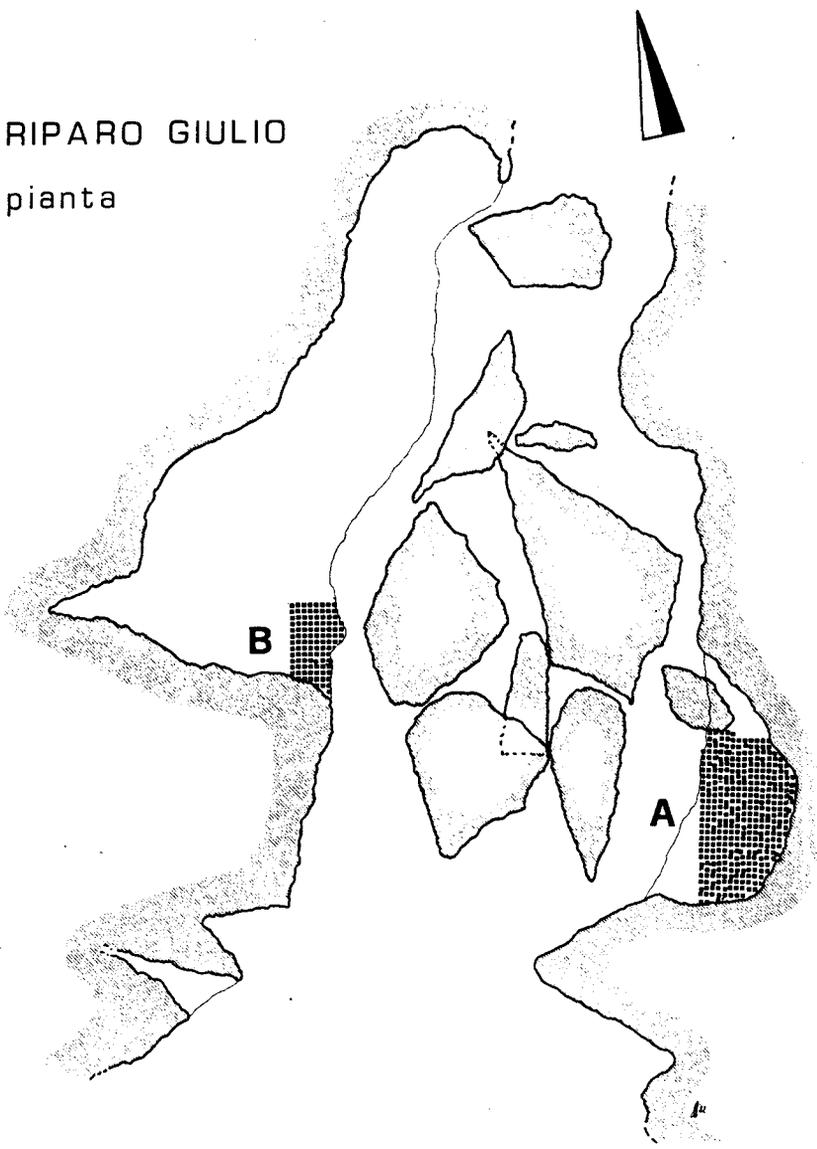


Fig. 1 - Il Riparo Giulio



Tutti questi frammenti sono identici a quelli rinvenuti nel livello superficiale della grotta del Pettine a Gabrovizza.

La ceramica proveniente dai tagli sottostanti non si può assegnare a livelli precisi in quanto, considerato che lo scavo si sviluppa tra la parete e i massi di crollo, in un terreno sconvolto, non esiste alcuna stratigrafia plausibile.

Ci si limiterà pertanto a descrivere i pochi reperti segnalando che la ceramica dei castellieri si presenta spesso con i bordi arrotondati per il ruscigliamento.

### *Ceramica romana*

Pochi frammenti appartengono a due anfore romane e a un recipiente dalle pareti sottili.

### *Altra ceramica*

L'impasto è generalmente grezzo e il colore va dal noce al bruno.

I fondi sono piatti con lo spigolo arrotondato. Un orlo diritto con labbro piatto appartiene a un recipiente di notevoli proporzioni, un altro invece è estroflesso con il labbro assottigliato (fig. 3 n. 5). Un frammento di ceramica di color bruno scuro, lisciato internamente ed esternamente, è munito di un'ansa a nastro.

Altri frammenti hanno l'ansa impostata sotto l'orlo. Sono presenti decorazioni a cordone e un frammento di fondo concavo.

Un frammento di un orlo appartenente ad una ciotola è decorato con una fila di impressioni puntiformi sull'orlo. (fig. 3 n. 6).

Due frammenti di fondi piatti di ceramica grezza recano in rilievo un cerchio con raggi e sono simili a quello rinvenuto nella grotta dell'Ansa di S. Pelagio. (fig. 6 n. 1, 2). Un piccolo frammento di ceramica reca una serie di piccoli fori sotto l'orlo; si tratta con ogni probabilità di un colatoio. Un frammento di color bruno, lisciato a stecca, con un foro sottocutaneo per la sospensione, ha la forma dei recipienti rinvenuti nei livelli eneolitici della grotta delle Gallerie (fig. 3 n. 7).

### *Altri reperti*

I manufatti litici consistono in un lisciatoio in arenaria, in una lama di selce ricoperta di patina bianca, in una scheggia di selce bionda con sbrecciature d'uso e in una punta di freccia in selce bruna con ritocco invadente bifacciale, munita di un piccolo codolo. (fig. 6 n. 3).

Tra i resti faunistici da notare una falange d'orso.

Nel taglio più profondo appaiono monodonte e patelle ed un unico esemplare di conus.

*Nello scavo B*, esplorato su una piccola superficie e su una profondità di soli 50 cm., è stata rinvenuta, quasi in superficie, una moneta ungherese risalente al 1550 e, alla base, alcuni frammenti di embrici romani.

## LA GROTTA DELLA CAVA

La cavità si apre sul lato Nord della Cava Zaccaria, sita nei pressi della Fornace di Aurisina. Le opere di sbancamento della cava hanno distrutto un'ampia dolina del cui livello originale si è conservato solo una esigua fascia lunga una quindicina di metri e larga due.

In sezione si notano frammenti di ceramica dei castellieri e si ha notizia del ritrovamento da parte di gitanti di un'ascia in pietra verde ben conservata.

Una parete rocciosa sovrasta questo esiguo ripiano, formando un modesto riparo, alla cui base si intravede un probabile ingrottamento.

Uno scavo esplorativo, eseguito a ridosso della parete con meticolosità per la presenza di frammenti di ceramica, ha portato alla luce una cavità che si estende su tutta la lunghezza del riparo (circa 8 metri) ma che non si sviluppa, almeno nella parte disostruita, in lunghezza.

Numerosi massi di crollo, anche di notevoli proporzioni, impediscono la determinazione di livelli precisi e pertanto si possono segnalare soltanto le seguenti formazioni (fig. 2):

### *Formazione A*

Livello superficiale costituito da terreno bruno con pietrisco a spigoli vivi. Spessore cm. 40. Contiene frammenti di un recipiente non determinabile e una moneta d'argento del XIII secolo.

### *Formazione B*

Terreno grigiastro - spessore cm. 20.

I pochi frammenti di ceramica, di impasto grezzo, con superfici ruvide, di color bruno scuro, appartengono a quella categoria di ceramiche che si usa definire come tardo - antica e che si rinviene nei livelli superiori di moltissime grotte carsiche. Gli orli sono piatti o arrotondati, con il bordo talvolta ingrossato all'esterno (fig. 4 n. 1, 2). Due orli, con il bordo piatto o assottigliato hanno il collo rientrante (fig. 4 n. 3, 4). L'unico ornamento è costituito da due cordoni orizzontali paralleli con tacche trasversali. (fig. 4 n. 5).

### *Formazione C*

Il terreno è compatto, a grumi, di color bruno. Interessa una zona ristretta tra i massi di crollo e il terreno grigiastro e pulverulento che si riscontra sotto parete per tutta la profondità dello scavo.

Contiene pochi frammenti di ceramica simili a quelli rinvenuti nei livelli più alti dei castellieri carsici e attribuibili all'età del ferro.

# GROTTA DELLA CAVA

SEZIONE

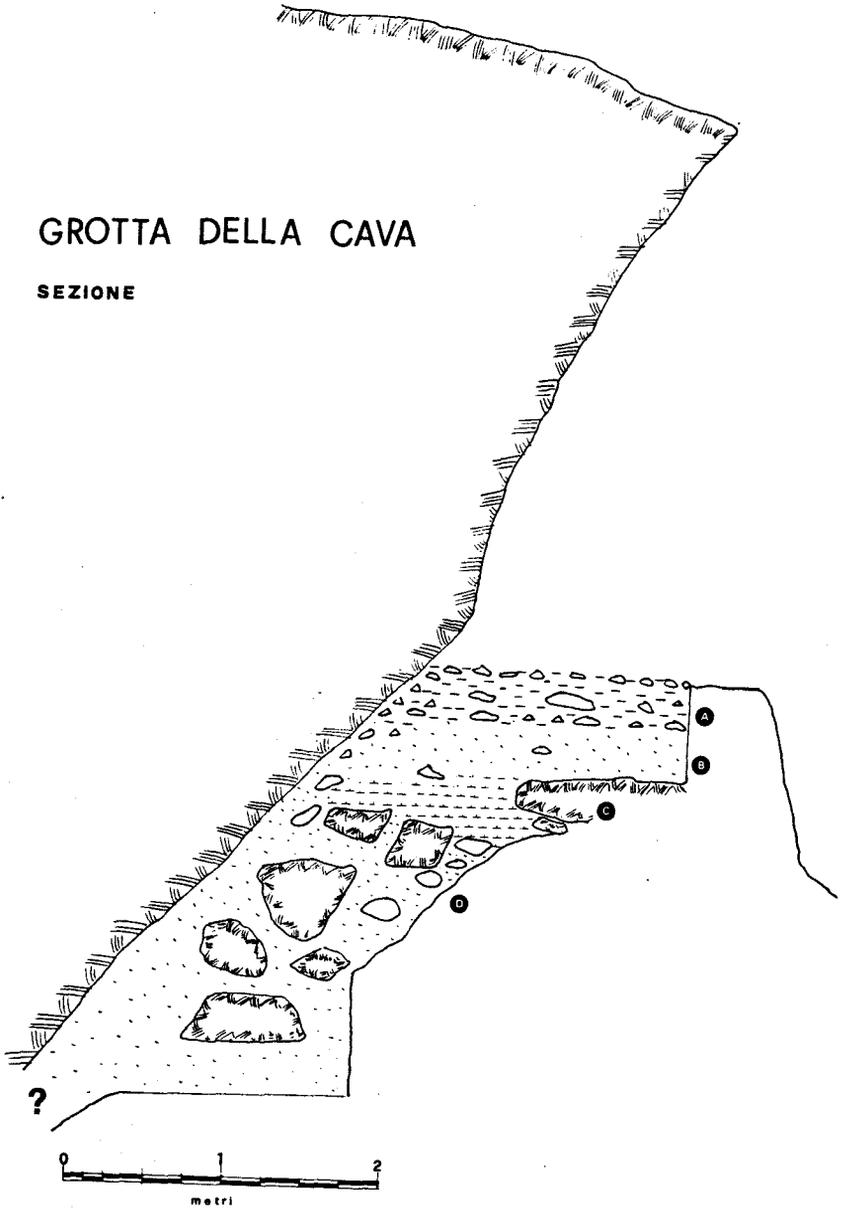


Fig. 2 - La Grotta della Cava

## Formazione D

Il terreno è grigiastro, soffice, con molti massi di crollo e pietrame di medie dimensioni. Non si riscontrano focolari ma solo poche tracce di carboni. La ceramica rinvenuta si può così riassumere:

Alcuni orli sono diritti e con il bordo assottigliato; uno solo è ornato con una serie di tacche (fig. 4 n. 6). Un frammento con il bordo inspessito appartiene ad una ciotola (fig. 4 n. 7). Due fondi sono arrotondati, uno solo è a tacco. (fig. 4 n. 8, 9). È presente un fondo concavo (fig. 4 n. 10).

Un'ansa è del tipo ad anello (fig. 5 n. 1). Un'ansa a nastro è impostata sull'orlo, mentre un frammento di ceramica lisciata a stecca reca un'ansa a nastro e incisioni lineari (fig. 5 n. 2, 3). Una presa è a linguetta (fig. 5 n. 4), un'altra è forata (fig. 5 n. 5). Una presa è impostata sulla carena di un vasetto ornato con due linee ondulate parallele incise a graffito (fig. 6 n. 4).

Una presa a linguetta appartiene a un recipiente di notevoli dimensioni. (fig. 5 n. 6). Un frammento di ceramica ingobbata è ornato con fasci di solcature. (fig. 6 n. 5). Un frammento è ornato con un cordone parallelo all'orlo (fig. 5 n. 7).

Per la scarsità dei frammenti non è possibile ricostruire alcun recipiente.

Tra gli strumenti di osso da notare due frammenti di punteruoli e di una punta di zagaglia. Fra il materiale litico da rilevare un lisciaio in arenaria appiattito, alcune lame di selce, un frammento di lama in ossidiana e un frammento di ascia in pietra verde.

Alcuni scarti di selce attestano la lavorazione sul posto degli strumenti.

Dalla parte più profonda dello scavo provengono una punta a ritocco erto in selce bionda e un denticolato in selce di Comeno.

Tra i resti di pasto sono presenti numerosi molluschi marini e precisamente 100 patelle, 50 monodonte, 8 ostriche e un mitilo.

Tra i massi di crollo si rinvergono due denti umani: un incisivo e un canino inferiori in buon stato di conservazione.

La grotta della Cava dista solo 60 metri dalla grotta dell'Edera (\*) e pertanto è molto probabile che anche in questa nuova stazione preistorica si rinverranno strumenti mesolitici.

Solo con uno scavo sistematico e profondo, svolto all'ingresso della cavità e sul ripiano antistante, si potrà però accertare la frequentazione di questo sito anche da parte di genti mesolitiche.

\*) G. MARZOLINI, La Grotta dell'Edera, in *annali del Gruppo Grotte*, Ass. XXX Ottobre, Vol. IV 1970.

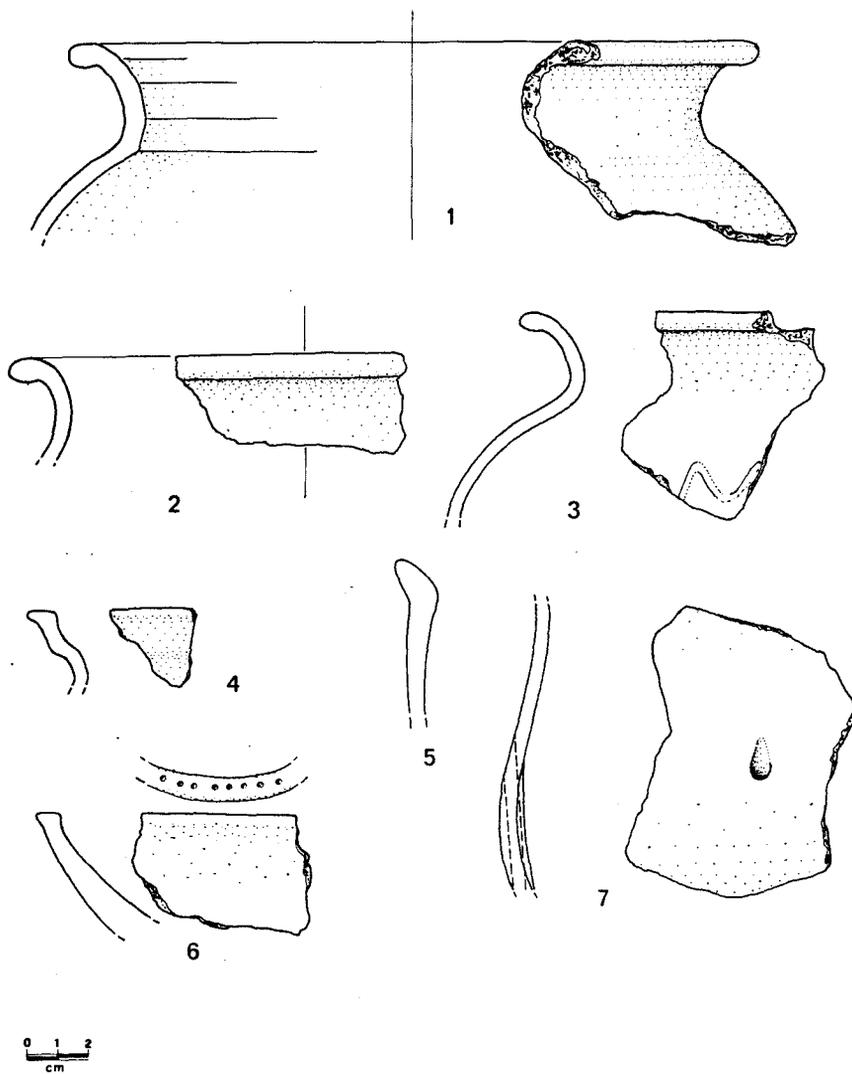


Fig. 3 - Ceramica proveniente dal Riparo Giulio.

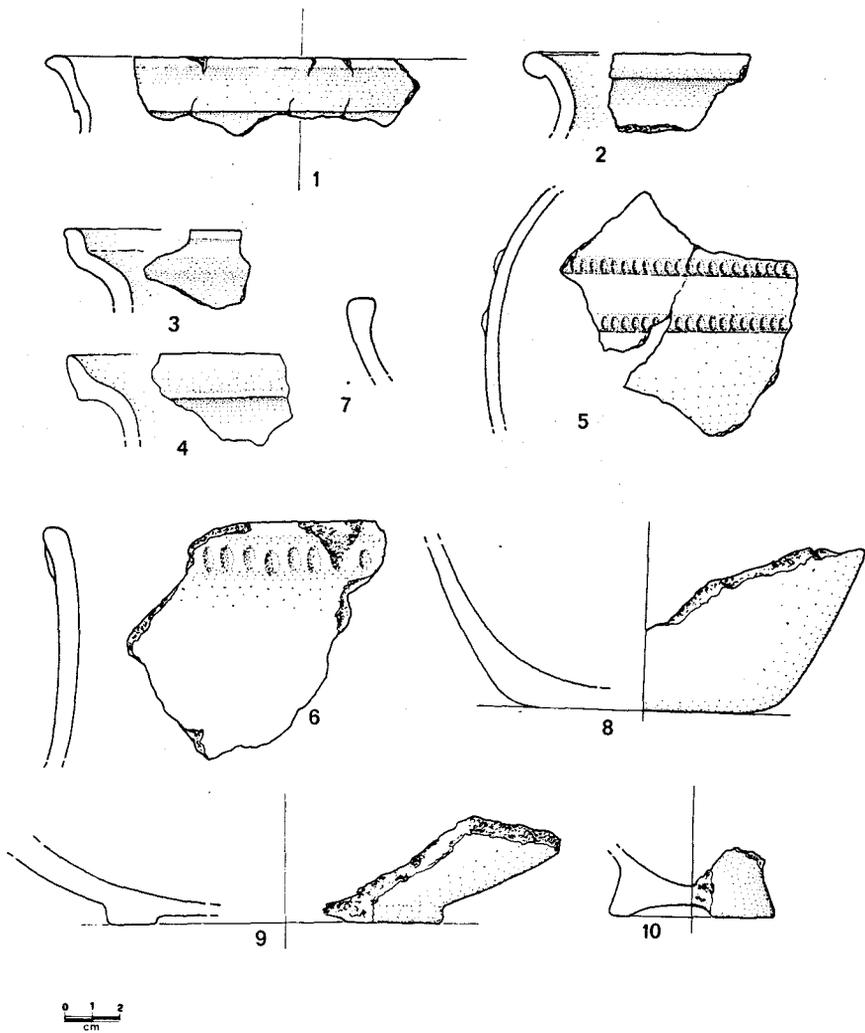


Fig. 4 - Ceramica proveniente dalla Grotta della Cava.

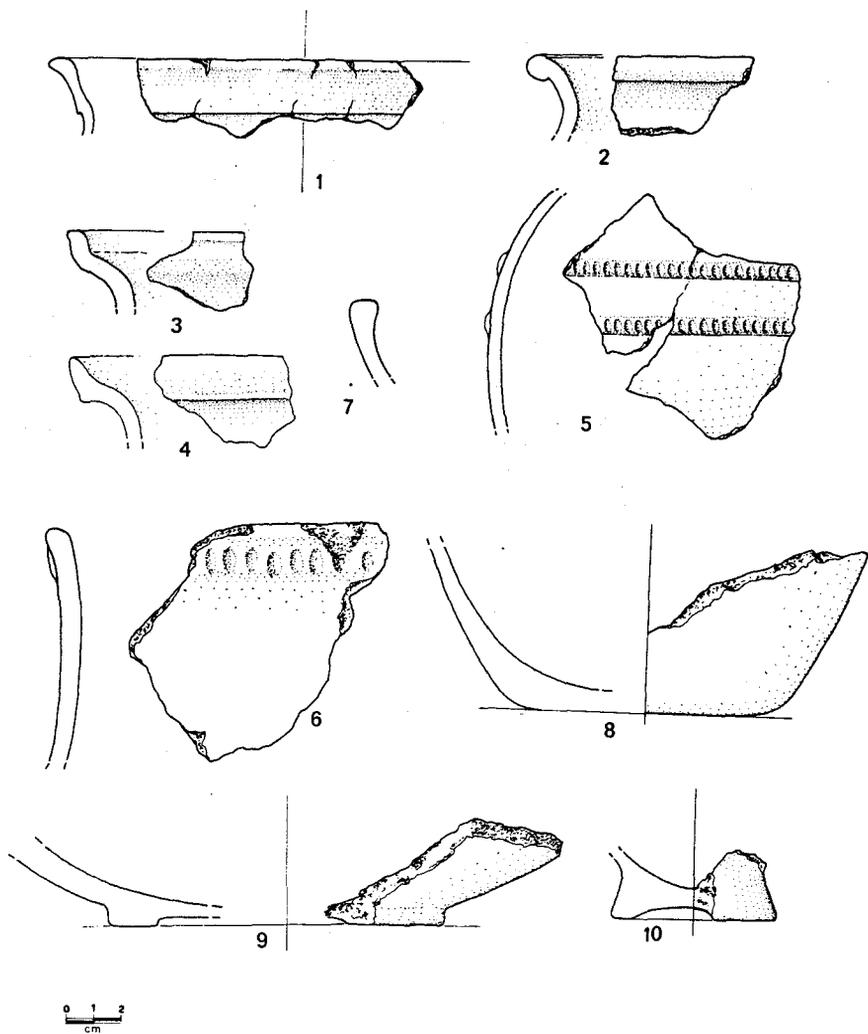


Fig. 4 - Ceramica proveniente dalla Grotta della Cava.

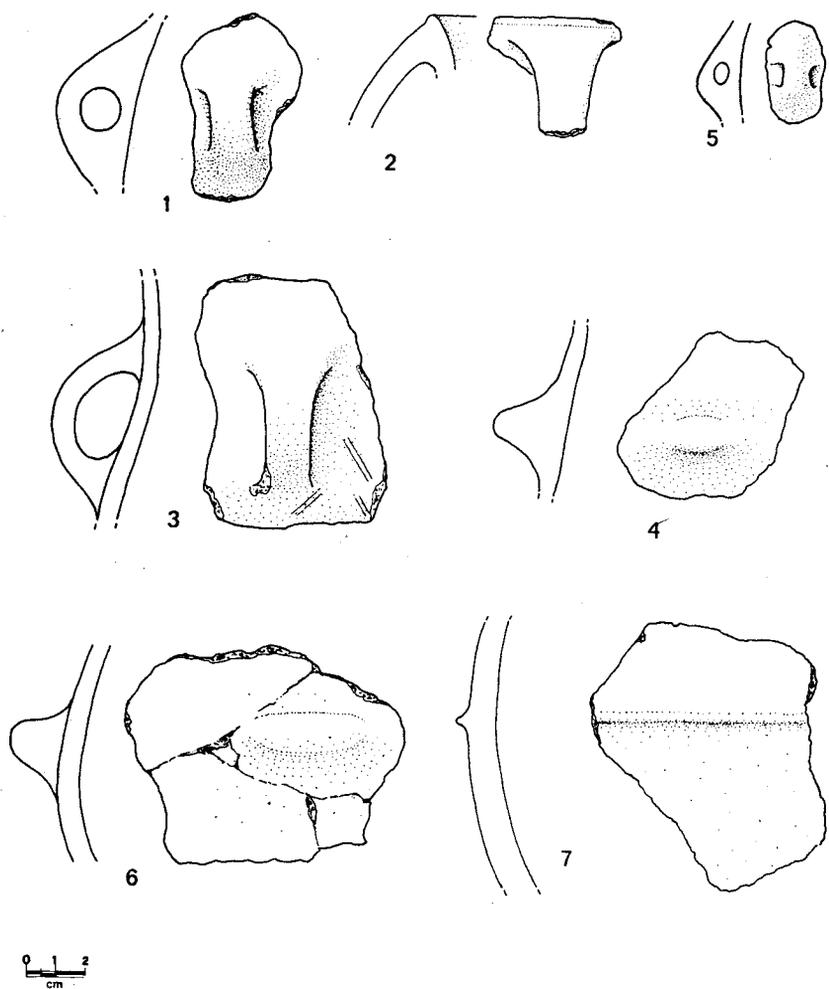


Fig. 5 - Ceramica proveniente dalla Grotta della Cava.

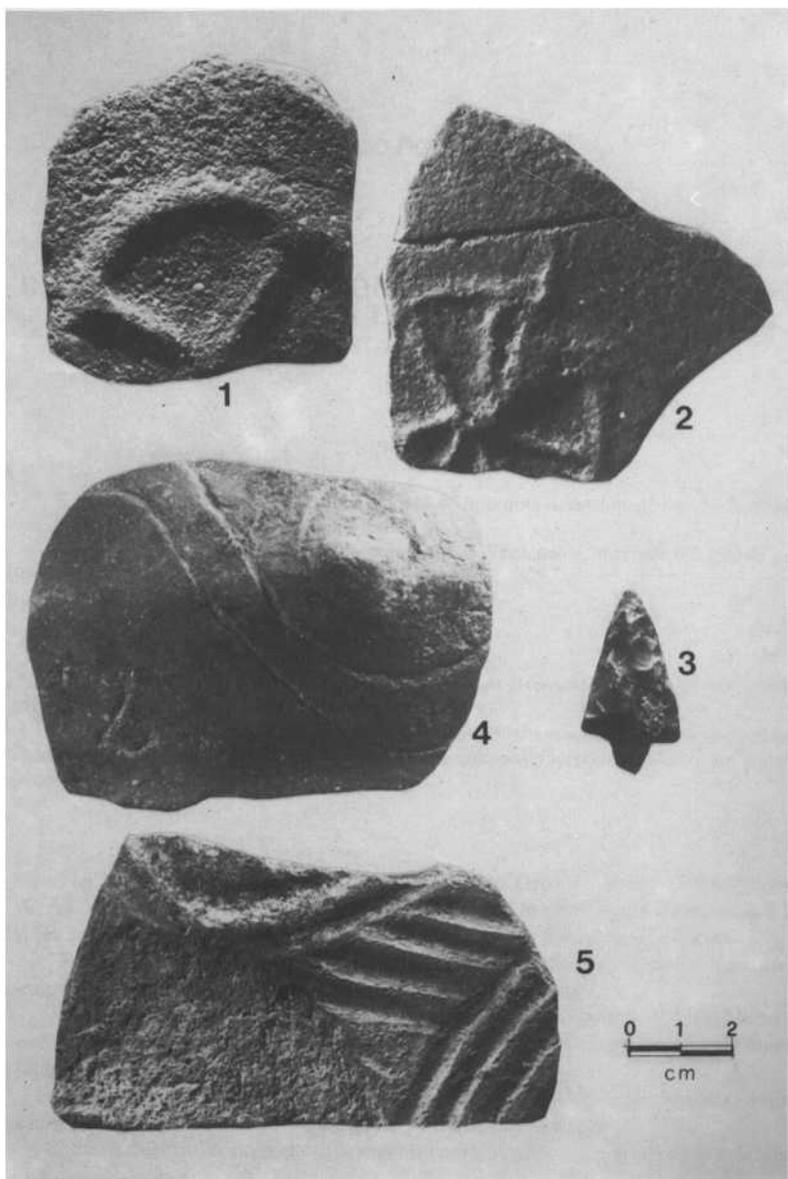


Fig. 6 - Riparo Giulio: n. 1, 2, 3 - Grotta della Cava: n. 4, 5.

LUCIO DOLZANI (\*)

## **RICERCHE SULLE IMPRONTE FOSSILI NEL FLYSCH TERZIARIO NEI PRESSI DI TRIESTE - (PARTE SECONDA)**

### SOMMARIO

Si rendono noti i risultati su ricerche di fossili ed impronte nei sedimenti terziari flyschoidi nei pressi di Trieste (Fabbrica Grandi Motori).

Vengono descritti ed illustrati con fotografie fossili di Echinoide, impronte di Lorenzina ed impronte problematiche sconosciute.

### SUMMARY

We are making known the results on the researches of fossils footprints and trachs in the tertiary sediments near Trieste (Grandi Motori Trieste).

Footprints of Lorenzina and some Echinoides fossils left on sediments are described and illustrated by photos and overmore are shown some unknown footprints identified in the same sediments.

Nel V° Volume 71-72 degli annali del Gruppo Grotte - Assc. XXX Ottobre -C.A.I. di Trieste, descrivevo alcuni reperti rinvenuti in una cava a monte della S.S. n.58, ad un chilometro circa dalla Cava Faccanoni, in direzione di Opicina.

Poichè però lo spiazzo antistante la cava veniva recintato ed adibito a deposito di autovetture fuori uso, abbandonai le ricerche in questo sito.

Rinvenni una nuova località fossilifera nei pressi del complesso «Grandi Motori», ove le colline sono state spianate per rendere possibile la costruzione della nuova fabbrica.

I terreni in questione appartengono sempre al terziario e corrispondono a quel complesso marno-arenaceo denominato comunemente «Flysch».

I fossili descritti sono stati tutti rinvenuti negli strati sul lato sinistro della «Grandi

---

(\*) Gruppo Ricerche di Paleontologia Umana - Ass. XXX Ottobre.



Fig. 1  
Fig. 1



Fig. 2  
Fig. 2

Motori» guardando in direzione della Val Rosandra (fig. 1). Sul lato destro si trovano pure strati fossiliferi, ma ho notato una minore varietà di forme con preponderanza delle impronte di piste animali di spostamento.

## DESCRIZIONE DEI REPERTI

### 1) - *Echinoidi* (fig. 2 e 3)

Dovrebbe trattarsi del primo rinvenimento di echinoidi (ricci di mare) nei terreni flyschoidi della provincia.

Sono stati reperiti sette esemplari dai 3 ai 4 cm di diametro, tutti in cattive condizioni di conservazione. Nella foto n. 2 si intravedono chiaramente i tubercoli sui quali si articolavano i radioli. Probabilmente si tratta di echinoidi appartenenti al genere «*Schizaster*», ma la precisa determinazione è impossibile a causa della pessima conservazione.

### 2) - *Lorenzina*

Sono state rinvenute due impronte di *Lorenzina*. La prima (fig. 4) è alquanto confusa nel lato superiore ed al centro; poteva avere circa 15 raggi; il diametro dell'impronta è di 35 mm, quello dei raggi 3 mm; è stata rinvenuta dai ragazzi dell'Escai nel corso di una gita istruttiva compiuta nel giugno 1980.

La seconda impronta (fig. 5) è incompleta, mancano 2/3 dell'esemplare. I raggi sono più allungati (circa 15 mm), il diametro degli stessi è di 2,5 mm. Il diametro dell'impronta completa è difficile da stabilire a causa della rottura della lastra di arenaria.

Le impronte di *Lorenzina* venivano interpretate tempo fa come modelli della cavità interna di meduse e ritenute molto rare. Recentemente però le loro impronte vennero attribuite a crostacei limivori.

### 3) - *Impronte problematiche*

Non mi risulta che vi siano stati rinvenimenti di impronte simili a quelle descritte in questa pubblicazione.

Quando rinvenni il primo esemplare, ritenni trattarsi di un'impronta di *Paleoduction* abrasa o fluitata. Ma dopo il ritrovamento di altre tre formazioni simili mi ricredetti; si trattava evidentemente di una nuova struttura alveolare di origine organica o meccanica (fig. 6-7).

Le depressioni sono irregolari ed hanno, in tutti i quattro esemplari, un diametro variante dai 2 ai 4 mm.

In considerazione del minimo rilievo, per ottenere una adeguata documentazione fotografica, ho dovuto evidenziare il fossile tinteggiando le parti depresse con colore bianco.

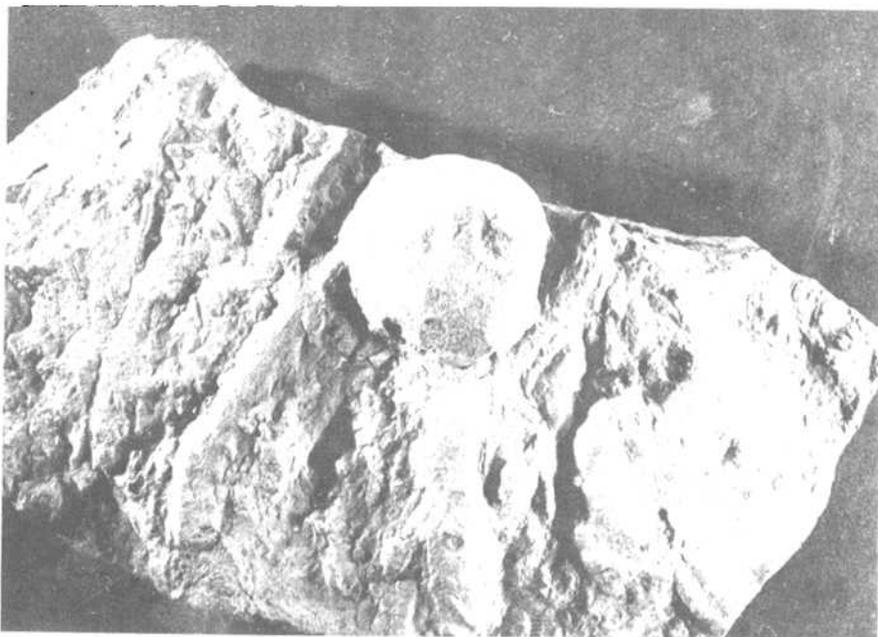


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

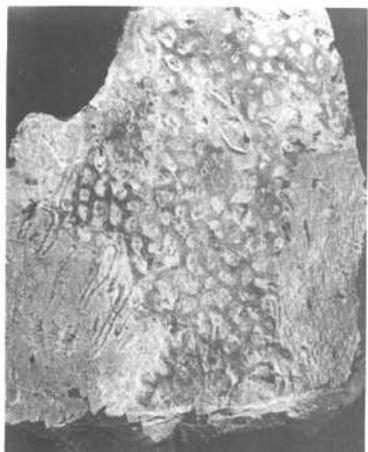


Fig. 6

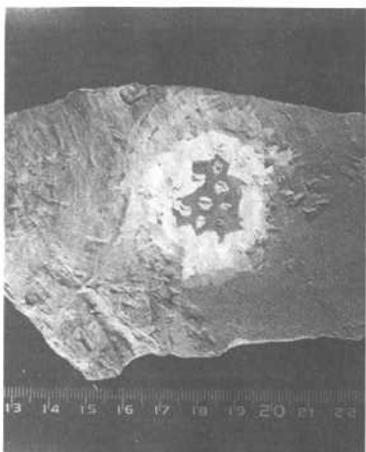


Fig. 7

#### BIBLIOGRAFIA

- Per gli Echinoidi: «*L'Eocene Friulano*» di **Giotto Dainelli (1915)**  
Per le Lorenzine: «*Paleontologia*» di **Vinassa De Regny (1924)**  
«*Paleontologia Generale*» di **R. Malaroda (1975)**

**FRANCO BESENGHI**

Note su un Fontanone nell'alta Val Resia (Friuli) . . . . . pag. 3

**ALDO FEDEL**

Un nuovo Abisso sul M. Canin «ET 5» - Abisso a SE della  
«Quota IGM 1972» . . . . . » 13

**FABIO GEMITI**

La portata del Timavo alle Risorgive di S. Giovanni di  
Duino . . . . . » 23

**FABIO GEMITI**

Nuova e originale prova di marcatura delle acque del  
Timavo . . . . . » 43

**GIORGIO MARZOLINI**

Nuove stazioni preistoriche sul Carso Triestino . . . . . » 63

**LUCIO DOLZANI**

Ricerche sulle impronte fossili nel flysch terziario nei  
pressi di Trieste - (Parte seconda) . . . . . » 75