

FABIO FORTI — TULLIO TOMMASINI

Uno sguardo all'andamento delle acque  
sotterranee carsiche, dall'Altipiano di San Servolo  
all'Antro delle Sorgenti di Bagnoli

ESTRATTO DA: „ATTI E MEMORIE“  
della Commissione Grotte E. Boegan  
Supplemento di Alpi Giulie 1962-II  
Società Alpina delle Giulie - Sezione di Trieste del C. A. I.

Tipo-Litografia Leghissa - Trieste  
1963

Uno sguardo all'andamento delle acque sotterranee carsiche,  
dall'Altipiano di San Servolo  
all'Antro delle Sorgenti di Bagnoli

PREMESSA

«Fra i problemi geologici più appassionanti, anche nei riguardi pratici, che presentano le rocce carsiche, emergono le questioni connesse con la circolazione sotterranea delle acque. Questioni vecchie, si potrà dire; questioni vecchie, sì, ma mai superate...». Così si esprimeva il Prof. Michele Gortani, Preside dell'Istituto Italiano Di Speleologia, in una relazione al I.º Congresso Speleologico Nazionale, tenutosi a Trieste nell'ormai lontano 1933. Abbiamo voluto riprendere questa frase per giustificare il presente lavoro.

L'idrografia ipogea del Carso Triestino è condizionata dalla circolazione idrica sotterranea del fiume Timavo tra San Canziano e San Giovanni di Duino, problema non ancora risolto. Tralasciando questo grosso problema, che continua da oltre un secolo ad essere oggetto di indagine, abbiamo voluto prendere in considerazione una zona marginale del nostro Carso: il settore Val Rosandra — Altipiano di San Servolo. Esiste in questa zona una idrografia locale, sia epigea che ipogea, non avente alcuna relazione con il corso del Timavo. La nostra attenzione si è soffermata particolarmente su di un fenomeno: le Sorgenti di Bagnoli e l'Antro delle Sorgenti di Bagnoli, uno dei pochi casi di risorgiva carsica presenti nella nostra zona. Fra tutte le sorgentelle che sgorgano nel settore in esame, le Sorgenti di Bagnoli sono quelle che portano il maggior contributo al torrente Rosandra, (in media 1.200 mc. giornalieri) e costituisce di per se stesso un complesso ed interessante fenomeno. Abbiamo voluto iniziare il presente studio con un esame di tutto ciò che vari studiosi hanno già pubblicato sulla idrografia e sulla geologia della zona, per giungere poi ad una indagine diretta e particolare dell'Antro di Bagnoli.

E' stato richiesto a geologi e idrologi se fosse possibile reperire l'acqua nella zona compresa fra Val Rosandra, la piana alluvionale di Zaule e la parte inferiore del Rio Ospò. Il maggior contributo alla falda idrica di detta zona è dato dal settore Val Rosandra - Altipiano di San Servolo, da noi preso in esame. Essendo la Speleologia una branca marginale della Geologia, anche il nostro contributo vuol essere marginale. Tutto il problema è stato considerato dal punto di vista di uno speleologo, con i mezzi e l'esperienza che la Speleologia ci offre. E' nostra speranza che altri studiosi possano trarre dal presente lavoro qualche spunto interessante e qualche osservazione inedita, specie in rapporto all'approvvigionamento idrico della Zona Industriale di Trieste.

Quest'opera è dedicata a quei soci della Commissione Grotte che furono i pionieri delle esplorazioni e dello studio delle grotte dell'Altipiano di San Servolo, in seno al quale vengono inghiottite, passano e ritornano alla luce le acque che sgorgano dall'Antro di Bagnoli: G. Paolina, Eugenio Boegan, Guido Timeus, Giuseppe Sillani, Umberto Sottocorona, Ettore Alessandrini, Silvio Kobau e parecchi altri, i quali, per primi, oltre sessant'anni orsono, cercarono di indagare «il mistero degli abissi e dei fiumi sepolti». (0)

---

(0) Dalla targa in memoria di Eugenio Boegan, posta sul fondo della Grotta Gigante.

## RIASSUNTO

Alcuni piccoli corsi d'acqua a carattere torrentizio, scorrendo dai terreni marnoso-arenacei impermeabili del «Bacino Eocenico di Beca - Occisla», posto in sinclinale, scompaiono in un gruppo di inghiottitoi carsici. Le acque di detti torrentelli penetrano negli strati eocenici dell'Altipiano di San Servolo, zona calcarea posta in anticlinale penepianizzata e fortemente incarsita, e formano pertanto un bacino ipogeo. Questo bacino è separato da quello attiguo del Carso Triestino dalla stretta e profonda sinclinale calcarea della Val Rosandra. Le acque trovano facile via di efflusso all'esterno ai piedi dell'Altipiano, laddove il calcare viene a contatto con i terreni alluvionali, i quali, iniziando a Sud del paese di Bagnoli, occupano tutta la piana di Zaule.

Tutta la zona carsica Val Rosandra - Altipiano di San Servolo appare tettonicamente molto turbata. Ai piedi del Monte Carso, presso Bagnoli, gli strati calcarei tendono a rovesciarsi, ed in un punto, proprio nel fulcro di una evidentissima piega rovesciata, il divaricamento di due di essi ha dato origine alla cavità chiamata «Antro delle Sorgenti di Bagnoli». L'Antro offre una delle più facili vie di efflusso alle acque interne.

Il presente lavoro esamina ogni singola zona direttamente o indirettamente interessata ai fenomeni suddetti, e si articola sui seguenti capitoli:

- 1) Il Bacino Eocenico di Beca - Occisla.
- 2) L'Altipiano di San Servolo.
- 3) La Val Rosandra.
- 4) Il corso inferiore del Rosandra in relazione con la Risorgiva di Bagnoli.
- 5) Gli inghiottitoi di Beca - Occisla, e loro morfogenesi.
- 6) Andamento delle acque nel sottosuolo carsico.
- 7) Ricerche sulla continuità dei corsi d'acqua ipogei.
- 8) Le risorgive del Carso di San Servolo.
- 9) L'Antro Delle Sorgenti di Bagnoli, n. 105 V.G.
- 10) Osservazioni meteorologiche nell'Antro delle Sorgenti di Bagnoli.

### 1) IL BACINO EOCENICO DI BECA - OCCISLA.

Abbiamo chiamato «Bacino Eocenico di Beca - Occisla» il primo tratto di una sinclinale di limitate dimensioni, il cui orientamento va da Sud Est a Nord Ovest. I terreni marnoso - arenacei di cui la sinclinale è composta in questa prima parte, vanno via via restringendosi verso Nord Ovest, sino a scomparire del tutto oltre i casolari di Bottazzo. La sinclinale continua poi nella stretta Val Rosandra.

Il bacino è costituito da una potente formazione marnoso - arenacea, limitata all'ingiro da flessure calcaree molto accentuate. Morfologicamente siamo in presenza di un paesaggio completamente diverso da quello calcareo, poichè il terreno è impenetrabile all'acqua e facilmente erodibile. Prevalentemente collinoso, arborato, spesso a dolci pendii intersecati da vallette d'ero-

sione, con zone qua e là franose, parzialmente terrazzato, il bacino permette il raccogliersi delle precipitazioni meteoriche in una rete epigea composta da numerosi torrentelli, spesso alimentati da sorgenti. Si tratta dunque di un bacino idrografico ben sviluppato, ma di limitata estensione, poichè i corsi d'acqua confluiscono dopo breve tratto nel Rosandra, o vengono inghiottiti al contatto con i terreni calcarei.

Da detto bacino provengono le acque che scompaiono negli inghiottitoi di Beca - Occisla, acque che si ritiene ricompaiano alla superficie ai piedi dell'Altipiano di San Servolo, dopo aver attraversato gli strati calcarei dell'Altipiano stesso. Il bacino si estende verso Sud-Est con una propaggine sino a Bresenza del Taiano, e si prolunga verso Nord fin sotto Pese, comprende le ville di Beca, Occisla, San Pietro in Madrasso, Micheli, ed è limitato a Nord Ovest da Bottazzo e a Sud da Petrigne. Tutto questo settore è oggi amministrato dalla Jugoslavia, ed il confine passa fra le case di Bottazzo. Il terreno appartiene all'Eocene medio, Luteziano medio e superiore (facies del Flysch), con alternanze di marne e arenarie a fucoidi e geroglifici, a fitta stratificazione.

Il torrente Rosandra nasce col nome di «Rio Bottazzo» nei pressi di San Pietro in Madrasso, e, dopo sei chilometri di percorso, abbandona repentinamente i terreni marnoso - arenacei e passa sul calcare. Tralasciamo qui di illustrare il corso superiore del Rosandra, che nel nostro caso interessa solo marginalmente, rimandando il lettore all'ampia descrizione che ne dà il Cumin, nel suo lavoro «La Valle della Rosandra».

Una ondulata linea spartiacque parte dalla quota 481, a Sud-Sud Ovest da San Pietro in Madrasso, e, con una direzione che si mantiene pressapoco da Sud Est a Nord Ovest, sale alla quota 503 sopra Occisla, per degradare poi con le quote 430, 419 e 386 sopra Bottazzo. Lo spartiacque divide tre bacini imbriferi, e precisamente: sulla destra orografica, quello della Val Rosandra, sulla sinistra quello di Beca - Occisla e quello del Rio Grisa, affluente di riva sinistra del Rosandra. Uno spartiacque divide pure il Rio Grisa dal bacino di Beca - Occisla. Lo spartiacque ha inizio presso la quota 381, sotto Beca, proprio al contatto tra le arenarie ed i calcari, e procede in direzione Nord Est, verso la quota 432. Il Rio Grisa nasce appunto sotto la quota 381, procede in direzione Nord-Nord Ovest scorrendo fra le arenarie ed i calcari, e sfocia nel Rosandra, in territorio italiano, presso il ponte di Bottazzo. I fianchi del solco scavato dal Rio Grisa si presentano asimmetrici: sulla sinistra appaiono i piani di stratificazione dei calcari eocenici, cosparsi di detriti di falda, mentre sulla destra si notano le testate delle arenarie, solcate da profonde incisioni.

Il bacino imbrifero del Rio Grisa, pur trovandosi sulla sinistra orografica dello spartiacque principale, non porta le acque sui calcari dell'Altipiano di San Servolo, e nel nostro caso possono interessare solamente le eventuali perdite subite dal torrente nel tratto in cui scorre a contatto con i calcari.

Il settore del Bacino che più interessa nel presente lavoro è quello meridionale, le cui acque, venendo a contatto con i calcari dell'Altipiano di San

Servolo, si perdono negli inghiottitoi della zona. Diamo qui di seguito un elenco dei principali inghiottitoi di Beca - Occisla, ciascuno dei quali cattura un corso d'acqua a carattere torrentizio:

- 1) n. 167 V.G. — Pozzo presso Beca.
- 2) n. 168 V.G. — Grotta dell'Arco Naturalee.
- 3) n. 169 V.G. — Grotta della Cascata.
- 4) n. 170 V.G. — Voragine di Occisla.  
n. 171 V.G. — Grotta che sbocca nella Voragine di Occisla.

Non è il caso di scendere in particolari su detti corsi d'acqua, ampiamente studiati e ben descritti dal Boegan, dal Krebs, dal Cumin, per citare solamente quegli autori che hanno fatto dei lavori particolari su questa zona. Nel nostro studio interessano solamente notizie di carattere generale.

L'inghiottitoio 1) cattura un torrentello a carattere temporaneo, proveniente da sotto la quota 381, la quale costituisce spartiacque fra detto torrente ed il Rio Grisa. Il percorso del corso d'acqua è di duecentocinquanta metri.

L'inghiottitoio 2) riceve un corso d'acqua proveniente da Nord Est, e precisamente dal Colle Nabrezje, situato nella parte centrale della zona arenacea. Il percorso di questo secondo torrente è di milleduecento metri circa.

L'inghiottitoio 3) cattura un corso d'acqua formato dall'unione di numerosi ruscelletti, provenienti da una vasta zona a Nord di Occisla.

L'inghiottitoio 4) cattura invece il torrente Petrigne, proveniente da Sud Est, lungo il solco di Presnizza. Quest'ultimo torrente è il più lungo dei quattro, presentando uno sviluppo di oltre due chilometri.

I quattro corsi d'acqua sopra accennati sono alimentati dalle acque raccolte da altrettanti bacini imbriferi, che confluiscono tutti nella parte centrale della valle chiusa di Beca - Occisla. Le grotte nelle quali scompaiono presentano un orientamento da Sud Est a Nord Ovest, e si aprono tutte in uno spazio di circa cinquecento metri.

Un interessante schema idrografico è stato elaborato dal Cumin. Da questo studio riportiamo qui oltre le superfici dei singoli bacini appartenenti al fianco sinistro dello spartiacque giacente nella sinclinale marnoso-arenacea in esame:

Rio Grisa	Km/q. 0,98
Pozzo presso Beca	Km/q. 0,11
Grotta dell'Arco Naturale	Km/q. 0,79
Grotta della Cascata	Km/q. 1,04
Voragine di Occisla	Km/q. 4,35

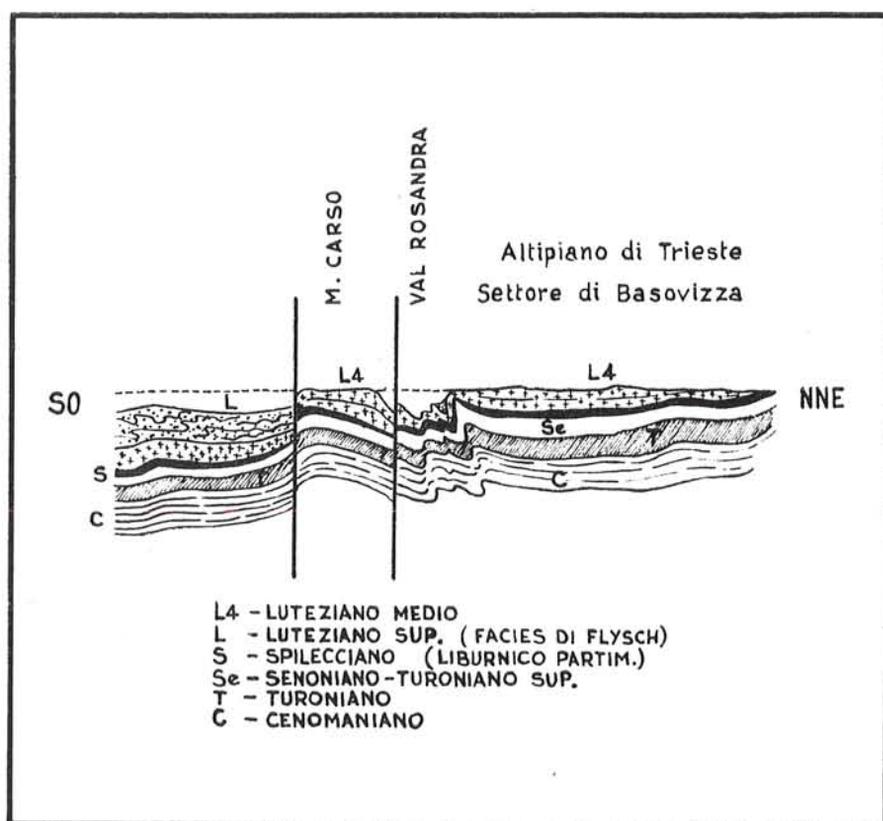
Escludendo il Rio Grisa, le acque che scompaiono nelle grotte di Beca - Occisla provengono da un bacino imbrifero di 6,29 chilometri quadrati.

## 2) L'ALTIPIANO DI SAN SERVOLO.

L'altipiano di San Servolo non appartiene al Carso Triestino, ma al Carso dell'Alta Istria, essendo separato dal primo dal profondo solco della Val

Rosandra (D'Ambrosi). Esso costituisce l'ultima propaggine dell'Istria Montana, la quale è caratterizzata da un altipiano fortemente incarsito, scendente a gradoni verso Sud Ovest, con direzione da Sud Est a Nord Ovest. L'Altipiano di San Servolo è delimitato dai terreni marnoso-arenacei di Beca-Occisla, dalla Val Rosandra, dalla piana alluvionale di Zaule, dalle colline marnoso-arenacee di Caresana e Prebenicco, dal Rio D'Ospo, e culmina all'estremo lembo Nord Ovest con il monte Carso (metri 465 s.l.m.m.).

Tutta la zona del Pianoro di San Servolo si trova oggi in territorio amministrato dalla Jugoslavia, escluso il versante della Val Rosandra e quello sopra Bagnoli - San Dorligo. Tettonicamente, l'Altipiano è costituito da una accentuata anticlinale spianata nella sua cerniera. All'estremo Nord Ovest della zona Monte Carso - San Servolo, ai piedi dell'Altipiano, gli strati calcarei tendono ad inclinarsi oltre alla verticale, dando origine ad una piega - faglia rovesciata. I fattori erosivi hanno trasformato la piega - faglia



Profilo geologico trasversale all'Altipiano di S. Servolo e Val Rosandra, secondo D'Ambrosi.  
(Vedi cartina topografica).

in parete verticale (D'Ambrosi), quale ci appare nel settore sovrastante San Dorligo. Siamo in questa zona (settoro Monte Carso - Val Rosandra) in una delle parti più tettonicamente tormentate di tutta l'Alta Istria e del Carso Triestino.

L'Altipiano di San Servolo è composto quasi interamente dai calcari dell'Eocene Medio, e precisamente dal «Calcarea ad Alveoline e Nummuliti» del Luteziano Medio. Riteniamo opportuno riprendere qui la descrizione del D'Ambrosi su questo tipo di calcare: «Esso è un complesso unico a facies indistinta con netta prevalenza delle Alveoline. Formazione calcarea cospicua, bene stratificata, con predominanza dei calcari grigio chiari, compatti, talora arenacei. Frequenti i calcari cristallini e subcristallini, presenti pure le intercalazioni lenticolari di calcarea bituminoso. La potenza di questi strati è dai 200 ai 300 e più metri. E' una roccia resistente all'erosione, di grande permeabilità per carsità e fessurazione». Anche questo settore, come l'attiguo del Carso Triestino, è emerso dal Mare Oligocenico (Cattiano), soprattutto a causa dell'Orogenesi Dinarica ed in seguito ai movimenti oscillatori ascendenti, dovuti alle spinte orogenetiche alpine Tortoniano - Pontiche (Miocene Superiore). Fase iniziata presumibilmente nell'Elveziano (Medio-miocene) (D'Ambrosi). In seguito alla suddetta emersione la superficie calcarea dell'Altipiano di San Servolo, oramai priva della copertura impermeabile del Flysch Paleogenico (Eocenico - Oligocenico), è rimasta esposta all'azione degli agenti esogeni, i quali, dopo una fase di spianamento della superficie, hanno iniziato il profondo lavoro di incarsimento protrattosi fino ai nostri giorni e tutt'ora attivo.

L'inizio del fenomeno carsico non coincise ovviamente con il periodo dell'orogenesi Dinarica, poichè il nostro Carso era molto basso sul mare, e si presentava come un bassopiano di abrasione. Fintantochè esso non si fosse sollevato a livelli più alti, si da permettere alle acque epigee di penetrare nel sottosuolo, nessun incarsimento avrebbe potuto aver luogo. Infatti è generalmente accettato che i fenomeni carsici non sono possibili al di sotto del livello di base (livello piezometrico), ove tutte le fessure esistenti sono imbevute di acqua.

A partire presumibilmente dall'Elveziano, man mano che il livello dell'acqua di fondo andava abbassandosi sotto la superficie, lo sviluppo dei fenomeni carsici potè aver luogo in tutta la sua potenza e grandiosità. Con il graduale allargamento delle fessure, ed in lenti progressivi passaggi, il calcarea fessurato divenne carsificato. Tutte le diaclasi e le litoclasì vennero via via ingrandite, dando origine a pozzi, grotte, doline. Oggi, a carsismo ormai maturo, tutta questa complessa gamma di fenomeni assorbe completamente le acque meteoriche, le quali vanno tutte ad aumentare, assieme alle acque di origine alloctona, le acque di fondo e di conseguenza la portata delle risorgive carsiche. E' quindi più che giustificato il nome, attribuito all'Altipiano qui descritto, di «Carso di San Servolo», per lo sviluppo completo del fenomeno carsico.

A titolo indicativo facciamo seguire un elenco di cavità che si aprono

su questo territorio, con l'indicazione del loro numero di catasto, della quota d'ingresso, della profondità e della lunghezza:

n. V.G.	quota	prof.	lungh.
69	437	48	150
129	350	—	28
243	404	5	—
244	412	30	28
245	414	36	30
246	416	39	30
251	416	11	32
252	420	4	—
253	416	57	210
254	415	5	15
255	445	102	180
305	395	12	2
306	430	28	34
371	446	10	52
410	420	5	20
2325	425	13	25
2646	310	18	26
2713	350	—	18
2714	348	7	7
2715	420	20	58
2716	206	21	130
2740	430	25	31
2741	430	35	50
2742	427	18	6
2748	410	—	35

### 3) LA VAL ROSANDRA

La Val Rosandra divide tettonicamente e morfologicamente il Carso di San Servolo da quello Triestino, e ne separa pure le acque sotterranee (D'Ambrosi).

La Valle trae origine da un fatto tettonico, consistente in una stretta sinclinale che il torrente, con l'andar del tempo, ha ripulito degli strati marnoso-arenacei in essa contenuti, mettendo a nudo la sua attuale ossatura calcarea eocenica. La tettonica della Valle risulta poi complicata da faglie, pieghe stirate, pieghe rovesciate e piccole scaglie tettoniche, lungo le quali si notano delle pizzicature di lembi residui di Flysch.

La Val Rosandra accoglie il corso medio del Torrente Rosandra, il quale da Bottazzo a Bagnoli scorre, da Sud Est a Nord Ovest, lungo l'asse della sinclinale, per piegare poi a Sud Ovest. L'inizio del corso medio è rappresentato

dall'incontro con la zona calcarea, poco a valle di Bottazzo, dove il torrente precipita con un salto di quaranta metri, dando origine ad una pittoresca cascata. Più avanti il torrente scorre in una profonda gola incisa nei calcari ad Alveoline e Nummuliti del Luteziano Medio, i quali rappresentano la continuità stratigrafica con l'anticlinale dell'Altipiano di San Servolo. Ancor più a valle la gola si appiana, ed il torrente passa per breve tratto dai calcari ai terreni marnoso-arenacei del Luteziano Superiore, in corrispondenza dell'asse della «Faglia del Crinale». Attraversa poi i detriti di falda, (costituiti da un accumulo di pietrisco calcareo più o meno grossolano, cementato, appartenente all'Olocene), indi scorre nuovamente su terreno calcareo ricoperto da alluvioni e, superato Bagnoli, sfocia nella piana alluvionale di Zaule.

Abbiamo detto che la Val Rosandra separa le acque sotterranee fra i due adiacenti altopiani. Riteniamo infatti che nel settore di San Servolo il livello medio delle acque ipogee sia a circa quota 50 sul livello del mare (Antro di Bagnoli - Risorgiva di Ospò), mentre nel vicino settore di Basovizza, secondo i risultati delle ricerche sul Timavo ipogeo, la quota delle acque dovrebbe essere molto inferiore. Il Rosandra, dall'inizio del corso medio (quota 180) alla curva in corrispondenza con il «Crinale» (quota 100), scorrendo sempre su terreno calcareo, è soggetto a delle perdite. Si può fare l'ipotesi che tali perdite confluiscono con maggiore facilità nel settore di Basovizza, considerato che sulla riva destra del Rosandra non vi sono risorgive, all'infuori della modesta «Sorgente Zanier», originata da acque percolanti sospese del settore di Basovizza. Probabilmente la fuoriuscita dell'acqua della Sorgente Zanier è facilitata da un fattore tettonico; infatti i piani di stratificazione pendono verso il Rosandra.

Sulla riva sinistra del Rosandra sgorga la «Fonte Oppia» (Clincizza), sorgente questa abbastanza notevole. In periodi di magra l'acqua del Rosandra, che si perde nei calcari subito oltre la cascata di Bottazzo, riceve un contributo notevole dalla Fonte Oppia. Tale sorgente perenne, utilizzata anticamente dai Romani per l'approvvigionamento idrico di Trieste, si trova a quota piuttosto elevata (m. 105 s.l.m.m.), e proviene da acque percolanti all'interno del massiccio calcareo dell'Altipiano di San Servolo. Il D'Ambrosi ritiene possibile un qualche travaso di acque di fondo dal settore di San Servolo a quello del Carso Triestino al di sotto della Val Rosandra, causa la differenza di quota delle acque dei due settori, la presenza di risorgive carsiche sulla sinistra e la mancanza o quasi sulla riva destra.

Una serie di cavità orizzontali appaiono sul versante destro della Val Rosandra (settore del Carso Triestino), e poche sul sinistro (settore di San Servolo). Sono cavità fossili, un tempo funzionanti da risorgive, probabilmente all'epoca in cui la Val Rosandra era ancora ricoperta dai terreni Marnoso - Arenacei, ed il torrente scorreva di conseguenza a quote più alte. Queste risorgive fossili sono disposte a varie altezze sul livello attuale del Rosandra, e corrispondevano forse a fuoriuscite d'acqua dal settore di Basovizza al contatto con suddetti terreni impermeabili. Probabilmente in quella epoca il livello delle acque di fondo era molto più alto dell'attuale.

Il Battaglia, nel suo studio «Sull'età dei depositi di riempimento delle caverne», ritiene probabile che nel Pleistocene molte di queste grotte abbiano funzionato da risorgive carsiche anche a grande altezza sull'attuale livello del Rosandra. Il Battaglia ha in generale trovato che il fondo di queste risorgive è ricoperto da ghiaie gialle diluviali (Wümlane); sopra a questo deposito si rinvenivano formazioni Oloceniche, e infine focolai umani Eneolitici, i quali rappresenterebbero il primo indizio dell'occupazione di queste grotte e della Valle ad opera dell'uomo.

A conclusione di questo breve esame dell'interessantissimo fenomeno della Val Rosandra, vogliamo citare un'osservazione del D'Ambrosi, e cioè che la zona calcarea della Valle, all'infuori dei sopra accennati fenomeni di risorgive fossili, non presenta un carsismo sviluppato. Secondo il D'Ambrosi ciò sarebbe dovuto ad un fatto già riscontrato altrove, e cioè che tutti i terreni carsici che hanno da poco perduto la copertura Marnoso-Arenacea impermeabile «non» sono per lo più incarsiti».

Abbiamo visto dunque che la Val Rosandra interessa solo marginalmente il fenomeno carsico «Inghiottitoi di Beca Occisla - Risorgiva di Bagnoli», separando essa le acque sotterranee di tale zona (a meno di eventuali travasi al di sotto di essa) dal settore del Carso Triestino.

Diamo qui di seguito l'elenco delle cavità di risorgiva fossile esistenti sia sulla destra (D) che sulla sinistra (S) del Rosandra:

N. V.G.	nome	riva	quota	prof.	lungh.
420	Grotta delle Gallerie	D	338	12	104
422	Grotta sotto la parete N.O. del Monte Carso	S	241	+18	53
425	Caverna in Val Rosandra	D	275	—	8
529	Grotta sotto San Lorenzo	D	280	4	32
2686	Grotta del Guano	D	350	14	122
2687	Grotta delle Ninfe	D	124	—	15
2688	Grotta sulla riva sinistra della Val Rosandra	S	125	—	43
2722	Antro della Val Rosandra	D	300	2	7
2723	Grotta a N. della Rosandra	D	302	—	7
3027	Grotta delle Porte di Ferro	D	400	9	30
3028	Grotta del Montasio	D	185	+2	16
3029	Caverna della Sfesa	D	220	4	14

#### 4) IL CORSO INFERIORE DEL ROSANDRA IN RELAZIONE CON LA RISORGIVA DI BAGNOLI.

Il Rosandra, oltrepassato Bagnoli, entra nelle alluvioni, ed è in questo punto che ha inizio il suo «Corso Inferiore», che attraversa la piana di Zaule fino a sfociare in mare nei pressi della borgata di Aquilinia.

Da Bagnoli al ponte sulla strada per Crogole, il torrente scorre ai piedi del Monte Carso, lambendo dapprima le zone dei detriti di falda, indi, alla altezza della sorgente di Bagnoli, i calcari, e, subito oltre, gli strati marnoso-arenacei. Il torrente si allontana poi dalle falde del monte, per scorrere libero in piena formazione alluvionale. Tali alluvioni Quaternarie appartengono all'Olocene e sono formate da argille, talora arenacee, derivate dal disfacimento e alterazione chimico-meteorica di terreni marnoso-arenacei eocenici. Si rinvengono intercalate alcune lenti ghiaiose, originarie da detriti calcarei trasportati dal Rosandra. Le alluvioni della piana di Zaule hanno permeabilità nulla; i materiali più superficiali sono post-würmiani (D'Ambrosi).

Nel nostro caso il corso inferiore del Rosandra interessa solamente per il fatto che proprio nel tratto Bagnoli - ponte per Crogole si scaricano nel torrente, dopo un brevissimo percorso su un gradino calcareo, le acque perenni della Sorgente di Bagnoli e quelle temporanee uscenti dall'Antro (n. 105 V.G.). Le acque di queste risorgive portano un notevole contributo al Rosandra. Il Boegan, pur citando la sorgente carsica di Bagnoli fra quelle di minore importanza, le dà una portata minima di 784 metri cubi, massima di 23.400 e media di 1.200 metri cubi giornalieri. Il D'Ambrosi, nel suo studio «Cenni sulle falde acquifere di Zaule ecc.», nota come le falde acquifere giacenti in lenti ghiaiose sparse per la piana di Zaule siano alimentate dal Rosandra assieme con le acque della risorgiva di Bagnoli e delle precipitazioni atmosferiche. Conclude affermando che la risorgiva dà un notevole contributo, specialmente nei periodi di siccità del Rosandra.

## 5) GLI INGHIOTTITOI DI BECA - OCCISLA, E LORO MORFOGENESI.

Abbiamo già visto che i corsi d'acqua epigei del Bacino di Beca-Occisla non affluenti del Rosandra scompaiono in una serie di inghiottitoi non appena passano dai terreni marnoso-arenacei a quelli calcarei dell'Altipiano di San Servolo. Non è qui il caso di fare una minuta descrizione di queste interessantissime e vaste grotte - inghiottitoio, poichè alla nostra indagine interessa il fenomeno nel suo complesso, e poi perchè risulterebbe una ripetizione del pregevole lavoro del Boegan su queste cavità. Sulla falsariga del lavoro del Boegan, altre monografie sono state pubblicate su tali grotte, ma senza che venisse detto alcunchè di nuovo. Le prime esplorazioni risalgono al lontano 1899 allorchè, su segnalazione dell'ing. Paolina, la Commissione Grotte rilevò parzialmente queste cavità. La grandiosità e complessità del fenomeno spinse il Boegan ad eseguire un ciclo di ricerche su queste grotte allora parzialmente esplorate. Appena negli anni 1927 - 1930 esse furono esplorate e rilevate completamente.

Diamo qui di seguito i dati catastali ed una breve descrizione delle cavità:

Inghiottitoio 1): n. 167 V. G. — Pozzo presso Beca —. Situazione: m. 410 Sud + 9° Ovest da Beca. Quota ingresso: m. 359. Profondità m. 37. Primo

pozzo: m. 23. Pozzi interni: m. 13. Lunghezza: m. 23. Data del rilievo: 24.12.1899 e 12.8.1930. Rilevatori: E. Boegan - G. Radivo. E' un piccolo pozzo inghiottitoio a due aperture che si allarga verso il fondo, cosparso di materiali ciottolosi. Un ulteriore pozzo interno molto stretto pone fine alla parte esplorabile della cavità, a quota 322. Esso, come già abbiamo detto, inghiotte le acque di un torrentello a carattere temporaneo proveniente dalla quota 381 sotto Beca.

Inghiottitoio 2): n. 168 V. G. — Grotta dell'Arco Naturale (Grotta di Santa Maria di Occisla) —. Situazione: m. 76 Nord + 40° Ovest dalla Grotta della Cascata (n. 169 V. G.). Quota ingresso: m. 345. Profondità: m. 23. Lunghezza: m. 660. Data del rilievo: 24.12.1899 e 5.8.1928. Rilevatori: E. Boegan - G. Radivo. E' la più lunga grotta del sistema di inghiottitoi, ed è percorsa interamente da un corso d'acqua che nel suo ultimo tratto epigeo presenta una direzione nettamente contraria al suo percorso ipogeo. La galleria principale, lunga m. 448, ha un andamento meandriforme suborizzontale da Sud Est a Nord Ovest; segue cioè grosso modo la direzione degli strati calcarei. Ciò ha permesso alla cavità di allungarsi nella direzione dei giunti di stratificazione, sicchè il corso d'acqua ipogeo rimane «sospeso» per un tratto abbastanza lungo, contrariamente alla generalità degli altri inghiottitoi del gruppo, i quali subito all'inizio presentano una spiccata tendenza verticale con solamente brevi tratti suborizzontali.

Inghiottitoio 3): n. 169 V. G. — Grotta della Cascata —. Situazione: m. 122 Nord + 29° Ovest dalla Voragine di Occisla (n. 170 V. G.). Quota ingresso: m. 348. Profondità: m. 26. Primo pozzo: m. 8,50. Pozzi interni: m. 7, 8. Lunghezza: m. 78. Data del rilievo: 12.12.1899. Rilevatori: E. Boegan - U. Sotocorona. L'inghiottitoio presenta un caso di retroversione. Infatti il corso d'acqua subaereo ha una direzione da Est ad Ovest, mentre la parte ipogea va in direzione Nord Est. L'ingresso è costituito da un pozzo di m. 8,50 quasi sempre occupato da una bella cascata. Una galleria discendente, nella quale il corso d'acqua si è scavato una serie di bacini sovrapposti, porta alla profondità totale esplorabile di m. 26 sotto il piano di campagna. La galleria segue l'immersione degli strati calcarei, i cui piani di stratificazione sono visibili sulla volta. La loro inclinazione in quel punto è di circa 18 gradi.

Inghiottitoio 4): n. 170 V. G. — Voragine di Occisla —. Situazione: m. 550 Ovest + 12° Nord da Santa Maria di Occisla. Quota ingresso: m. 351. Profondità: m. 113,50. Primo pozzo: m. 40. Pozzi interni: m. 11, 25, 10. Lunghezza: m. 247. Data del rilievo: 3.2.1899 e 9.10-6.11.1927. Rilevatori: E. Boegan - A. Meeraus. Una larga voragine del diametro di una cinquantina di metri, dal cui ciglio meridionale precipita un corso d'acqua proveniente da Sud Est, costituisce il maestoso ingresso a questo inghiottitoio. Dal fondo della voragine una serie di gallerie e cunicoli interrotti da alcuni salti verticali vanno in direzione Sud Ovest. Alla profondità di 90 metri la galleria gira su se stessa e prosegue in direzione Nord Est, dando luogo ad un interessante caso di retroversione interna. Dal fondo della voragine un'altra galleria lunga un'ottantina di metri va in direzione Nord Ovest, e sbocca all'esterno in un vallecchia imbutiforme. E' questa la Grotta n. 171 V.G., la quale non

è altro che un ramo asciutto ed ormai fossile della Voragine di Occisla.

Questo è il quadro riassuntivo degli inghiottitoi che raccolgono le acque del bacino imbrifero della zona di Beca - Occisla. Passiamo ora ad osservare più da vicino la morfologia e la genesi di questi inghiottitoi ed il percorso ipogeo che le acque compiono nel seno del massiccio calcareo di San Servolo, sia nella parte esplorabile che nel tratto più lungo a noi invisibile fino agli sbocchi delle risorgive carsiche, a valle.

Come già detto, le acque meteoriche si raccolgono in quattro corsi d'acqua confluenti nella parte centrale della sinclinale marnoso-arenacea, venendo poi assorbite in altrettanti inghiottitoi, dopo un breve percorso su terreno calcareo. In generale una copertura impermeabile e facilmente erodibile come quella marnoso-arenacea permette l'esistenza di un fitto reticolo idrografico, composto da numerosi torrenti e ruscelli, che in essa scorrono profondamente incisi. Questi torrenti, non appena raggiungono i calcari carsificabili, vengono inghiottiti, creando generalmente un bacino carsico chiuso. Benchè il passaggio dai terreni marnoso-arenacei al calcare sia immediato, non è altrettanto immediata la scomparsa delle acque epigee. Per un certo tratto il corso d'acqua scorre a contatto con le masse calcaree le quali, essendo rocce intensamente fessurate, sono dotate di una «permeabilità in grande». In questa rete di fenditure, in cui l'acqua circola con facilità tanto maggiore quanto più esse sono larghe, si sviluppa una corrosione incessante, più o meno attiva. Una energica azione erosiva viene pure a crearsi con l'aumento della circolazione idrica dovuta a tale lavoro corrosivo. Allorchè le acque hanno trovato la loro via di penetrazione nella massa calcarea attraverso le fessure beanti, si formano delle correnti ipogee ad andamento irregolare, ma in generale risultante verticale. Si hanno così, lungo il letto del corso d'acqua scorrente a contatto con i calcari, delle perdite via via più notevoli. In una fenditura maggiore delle altre sbucante in superficie si può avere una perdita o addirittura la cattura totale del torrente. Ha origine in tal modo un vero e proprio inghiottitoio. In tale fase, mentre a valle del punto di cattura del torrente le fenditure allargate dalla duplice azione corrosiva ed erosiva cessano di avere un alimento dal corso d'acqua epigeo, a monte dell'inghiottitoio l'alimentazione si mantiene immutata. Il torrente, continuando la sua azione corrosiva ed erosiva, tende ad aumentare maggiormente tutte le fessure a monte dell'inghiottitoio, sì che le acque ipogee trovano la loro via più facile negli strati calcarei sottostanti al corso subaereo, assumendo così una direzione contraria a questo corso. In questo caso, aumentando la portata dell'acqua in tale direzione, l'azione erosiva acquisterà forza maggiore e si formeranno man mano cavernosità sempre più grandi che permetteranno un deflusso sempre maggiore. Altrettanto potrà avvenire in profondità, cioè lo stesso fenomeno avrà la possibilità di verificarsi lungo il corso d'acqua ipogeo per perdite lungo il suo letto, originando ulteriori inversioni del corso.

L'ipotesi che abbiamo esposta è stata formulata dal Maucci, il quale ha dato il nome di «retroversi» agli inghiottitoi così originatisi. Gli inghiottitoi di Beca - Occisla hanno tutte le caratteristiche suddescritte, e possono essere classificati come «attivi retroversi».

## 6) ANDAMENTO DELLE ACQUE NEL SOTTOSUOLO CARSICO.

La pendenza talora forte delle gallerie, i salti improvvisi creati dai corsi d'acqua ipogei all'inizio del loro percorso sotterraneo e la forza impetuosa e travolgente della corrente nei periodi di piena, ha come conseguenza un forte drenaggio in senso verticale. Considerato che in generale il grado di fratturazione più o meno elevato, spesso altissimo e molto complicato, di tutti i calcari incarsiti non permette alle acque di rimanere «sospese», ne consegue che queste acque tendono a raggiungere, nel più breve spazio ad esse concesso, il «livello di base», trasformandosi poi in calme correnti defluenti verso gli sbocchi (risorgenze). A questo punto è bene notare che, in linea generale, il livello dell'acqua di fondo (o livello di base carsico) è condizionato dal livello del fondo vallivo impermeabile posto alla base dei massicci calcarei. Tale teoria, prospettata dal Grund, modificata dal Demarchi e accettata oggi universalmente, cambia sostanzialmente la teoria proposta dal Martel, basata sul concetto che la circolazione sotterranea dell'acqua in terreno carsico si svolge in condotte o gallerie che mantengono la loro individualità sino agli sbocchi, come i corsi d'acqua epigei.

Il Boegan, seguendo i concetti del Martel, volle dimostrare come le acque ipogee delle grotte di Beca - Occisla prendessero determinate direzioni verso gli sbocchi a valle. Vide probabile che le acque inghiottite nella Grotta dell'Arco Naturale (n. 168 V.G.) andassero verso la risorgiva di Bagnoli, e che quelle della Voragine di Occisla (n. 170 V.G.) si dirigessero verso la Grotta di Ospò, e ciò considerando solamente la direzione iniziale presa dalle gallerie delle suddette grotte nel tratto espulso. Le indagini successive del Timeus giunsero a dimostrare, mediante l'uso di sostanze coloranti, la comunicazione delle acque fra questi due inghiottitoi e la Risorgiva di Bagnoli. La dimostrazione del Timeus non è però ancora sufficiente per comprovare l'esattezza dell'una o dell'altra teoria.

Il Gortani non vede nessuna ragione di principio «per cui si debba considerare la circolazione sotterranea in rocce carsiche come fondamentalmente diversa dalla circolazione in rocce fessurate».

Il D'Ambrosi, ritenendo giustificata la teoria del Cvijč, divide l'ambiente carsico ipogeo in tre zone, distinte in senso verticale:

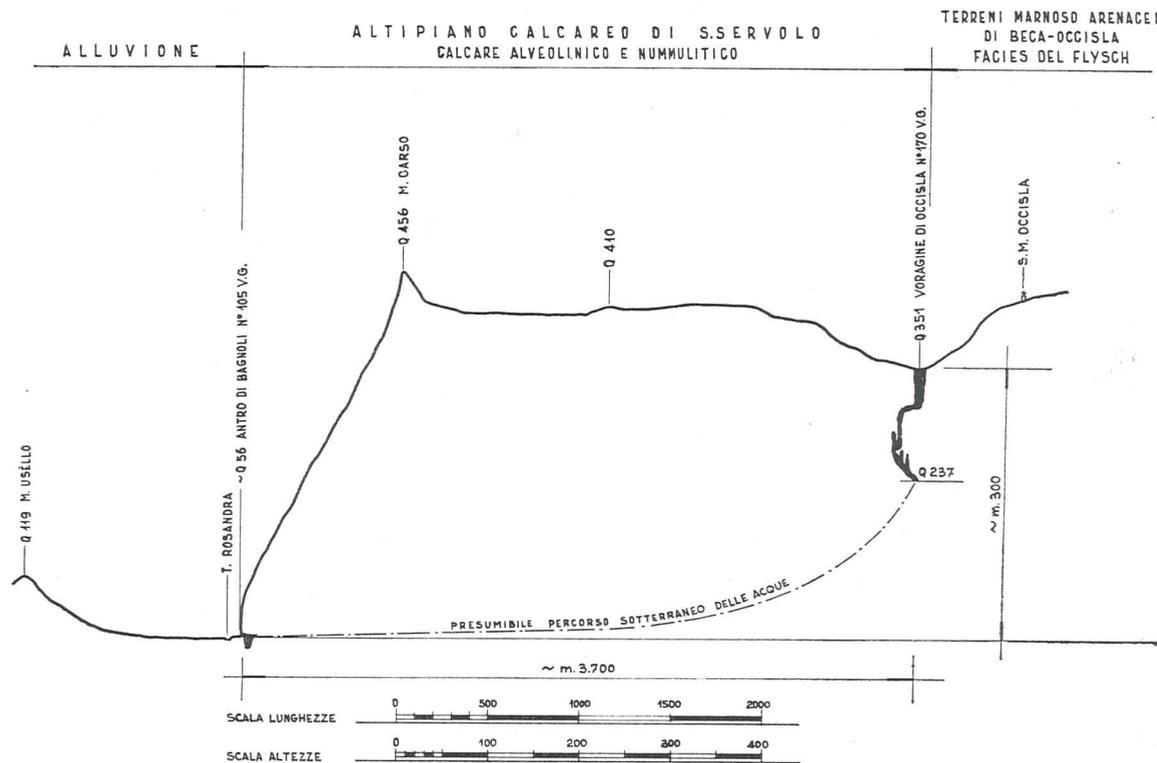
a) zona estesa al di sopra del livello piezometrico massimo che può essere raggiunto dall'acqua di fondo in periodi di abbondanza idrica;

b) zona a livello piezometrico fluttuante, cioè compresa tra il livello piezometrico minimo e quello massimo;

c) zona giacente al di sotto del livello piezometrico minimo.

Nella zona a) avremo una circolazione idrica in senso prevalentemente verticale, dovuta sia alla fessurazione che alla gravità. Nella zona b) avremo, dal punto di vista idrologico, un'oscillazione del livello piezometrico dovuta al fattore meteorico, cioè all'alternanza di periodi piovosi e di periodi di siccità. Di conseguenza l'apporto delle acque in questa zona dipenderà da

# PROFILO ANTRO DI BAGNOLI-VORAGINE DI OCCISLA



Profilo del terreno e tracciato teorico delle acque sotterranee dalla zona degli  
inghiottitoi di Beca-Occisla alle Risorgive di Bagnoli.  
(Vedi cartina topografica).

un fattore esogeno molto variabile. La vascolarizzazione sarà mista (verticale e suborizzontale). Nella zona *c*) la massa calcarea è perennemente imbevuta d'acqua, la quale ha un movimento suborizzontale verso gli sbocchi naturali che si trovano, come nel nostro caso, a contatto con il fondovalle alluvionale. Si ha qui una vascolarizzazione di tipo suborizzontale. In base a quanto sopra esposto, possiamo concludere che il profilo verticale dei corsi d'acqua ipogei segue di regola una linea parabolica.

In conclusione, sia le acque meteoriche cadute sulla superficie calcarea dell'Altipiano di San Servolo, sia quelle provenienti dagli inghiottitoi di Beca - Occisla, si sprofondano nel calcare andando ad arricchire l'acqua di fondo. Trovandosi in una massa calcarea fortemente carsificata, ricca cioè di fenditure, diaclasi, litoclasti, cavernosità, le acque mantengono un livello variabile, oscillano cioè da stagione a stagione, a seconda della piovosità, e da punto a punto. Dobbiamo considerare le cavernosità che si trovano a livello delle acque di fondo come intercomunicanti ed appartenenti ad una specie di bacino idrico ipogeo, il cui eccesso di acqua esce ai piedi della massa calcarea dell'altipiano di San Servolo. Ciò avviene, come abbiamo visto, lungo la linea di contatto con il fondovalle alluvionale di Bagnoli, laddove le acque sgorgano sia da una sorgente carsica perenne, sia, in periodi di piena, dall'Antro di Bagnoli, che funziona a guisa di sfioratore del livello idrostatico interno.

Al di sopra della linea di contatto di fondovalle, in una zona di carsismo maturo come quella in esame, non possono esistere nè corsi d'acqua sospesi nè risorgive perenni.

Abbiamo voluto così riprendere l'ipotesi che le acque uscenti dall'Antro di Bagnoli non provengono da questo o da quell'inghiottitoio, ma rappresentano la somma delle acque raccolte da tutti gli inghiottitoi di Beca - Occisla, più ancora le acque di provenienza meteorica imbevute dai calcari dell'Altipiano di San Servolo. Somma in senso qualitativo e non quantitativo, poichè altri sbocchi, altre risorgenze si ritrovano ai piedi dell'Altipiano, come ad esempio quella talvolta imponente uscente dalla Grotta di Ospio.

## 7) RICERCHE SULLA CONTINUITA' DEI CORSI D'ACQUA IPOGEI.

Una prova diretta della comunicazione delle acque sotterranee fra gli inghiottitoi e le risorgive non è possibile, salvo che in rari casi, altro che per mezzo di materie coloranti o radioattive. Nel 1896 il Timeus stabilì un programma di ricerche sull'andamento dei corsi d'acqua ipogei della Regione Giulia, dopo un lungo studio preparatorio sulle ricerche già eseguite e sui metodi moderni da adottarsi in tale campo di indagine. Nel programma fu inserita pure la ricerca «sull'origine e sul decorso delle acque che sgorgano presso Bagnoli e Ospio e sulle falde acquifere di Zaule». Fu il Boegan stesso a sospettare, ancora nel lontano 1899, che le acque catturate dagli inghiottitoi di Beca - Occisla potessero avere relazione con le acque emesse dall'Antro di Bagnoli. Il tentativo di accertare la comunicazione venne eseguito dal

Timeus molto più tardi, avendo egli dato la priorità alle ricerche sul Timavo ipogeo. Partendo dal presupposto che le acque sgorganti presso Bagnoli e San Dorligo della Valle potessero avere relazione con quelle che si inabissavano negli inghiottitoi di Santa Maria di Occisla, il 23 maggio 1908, nella Grotta della Cascata, venne immessa fluorosceina, e nella Voragine di Occisla, fucsina. Appena il 22 luglio, dopo un notevolissimo aumento dell'uscita di acqua, dalla Risorgiva di Bagnoli venne rilevata una forte colorazione che durò intensa per due giorni, dovuta alla fluorosceina immessa nella Grotta della Cascata. Pure dall'Antro di Bagnoli uscì una fortissima quantità d'acqua, nella quale venne constatata la presenza della fucsina. Si ottenne così la prova indubbia sulla relazione fra le acque inghiottite nelle Grotte di Santa Maria di Occisla e la Risorgiva di Bagnoli.

## 8) LE RISORGIVE DEL CARSO DI S. SERVULO.

Sulle risorgive che sgorgano ai piedi dell'altipiano di S. Servulo, non è mai stato svolto uno studio organico, pur essendo state trattate di sfuggita da parecchi autori. Un lavoro interessante, se pur incompleto, è stato pubblicato dal Dott. Mosetti, «Risorse idriche della Zona del Porto Industriale di Trieste», opera citata, al quale rimandiamo per maggiori particolari.

I principali sbocchi d'acqua di origine carsica nella zona sono:

*Grotta N. 2687 V.G.* — Grotta sulla riva destra del torrente Rosandra, (Grotta delle Ninfe). Situazione: m. 1070 SO + 36° O da Draga S. Elia. Quota ingresso m. 112. Prof. m. 0.00. Lungh. totale m. 15.

Nella forra del Rosandra, all'altezza di S. Maria in Siaris, si apre sulla riva destra del torrente e ad un dislivello di poco superiore a questo, una breve cavernetta. L'origine della grotta è dovuto all'incrocio di due fratture della massa calcarea. Una polla di acqua ne occupa la parte più interna. Tale acqua, che sgorga tra i detriti del fondo della grotta, supera la soglia e si scarica dopo pochi metri nell'alveo roccioso del Rosandra. Come già accennato, riteniamo quest'acqua provenga dal settore di Basovizza del Carso Triestino e non abbia alcuna relazione con le acque dell'Altipiano di S. Servulo.

La sorgente, di portata alquanto modesta, è stata più volte citata da vari autori, ma non è mai stata studiata a fondo. Non esistono dati di portate.

*Sorgente del Crinale (Clincizza).* — E' chiamata pure «Fonte Oppia», sgorga a quota 105, sulla riva sinistra del Rosandra, in corrispondenza e nel prolungamento della faglia del crinale. La presenza della sorgente in questo punto è condizionata dalla faglia stessa e dal fatto che nella faglia è rimasto racchiuso un lembo di terreno marnoso-arenaceo. La portata media della Sorgente del Crinale è, secondo il Boegan, di 60 mc. al giorno. Essa dista m. 1320 in linea d'aria dall'Antro di Bagnoli ed è situata ad una quota di

50 m. superiore all'Antro stesso. Tale dislivello fa supporre in questo caso l'inesistenza di un comune livello piezometrico.

La successiva sorgente è la *Sorgente dell'Antro di Bagnoli*, la cui descrizione appare nel prossimo capitolo.

*Sorgenti di S. Dorligo della Valle.* — Al di sotto della piega-faglia del Monte Carso, all'altezza del paese di S. Dorligo della Valle, si nota un ampio anfiteatro calcareo, delimitato ai margini da terreni marnoso-arenacei. Buona parte di tale anfiteatro è occupato da un banco di conglomerati calcarei detritici frammisti a materiale brecciato, sciolto e a terra rossa. Molto probabilmente la tamponatura laterale del Flysch si estende anche al di sotto del banco di conglomerati, in modo che il contatto tra le breccie ed il calcare non è diretto.

Le Sorgenti di S. Dorligo sono costituite da perdite d'acqua diffuse in un vasto settore, sia nella parte alta che nella parte bassa della zona detritica. Una di tali sorgenti alimenta pure la fontana che si trova sotto la Chiesa di S. Dorligo, dove giunge incanalata attraverso ad un lungo cunicolo, in parte in muratura, in parte ricavato nei brecciai.

Le Sorgenti di S. Dorligo, nei periodi piovosi, sgorgano un po' dovunque, dando origine a dei veri e propri torrenti selvaggi, i quali hanno inciso il loro alveo nei conglomerati.

Il Boegan, per la principale delle sorgenti di S. Dorligo, cita i seguenti dati: Punto di risorgenza, quota 98; portata media 120 mc. al giorno; portata massima 600 mc. al giorno. Anche le Sorgenti di S. Dorligo, pur essendo molto note, sono state pochissimo studiate.

Citiamo infine le risorgenti della zona di Ospò, zona che attualmente si trova in territorio amministrato dalla Jugoslavia.

*Grotta N. 68 V.G.* — Grotta di Ospò. — Situazione: m. 400 SE da Ospò. Quota ingresso m. 91. Prof. m. 40. Lung. totale m. 910.

Nell'anfiteatro calcareo sopra il paese di Ospò, in corrispondenza di una faglia incrociante con una diaclasi, si apre la nota Caverna di Ospò, dalla quale si accede ad una serie di gallerie meandriformi. Tali gallerie esplorate per una lunghezza di oltre 900 metri, si presentano in costante lieve discesa e nella loro parte più bassa toccano la quota + 51 m. sul livello del mare, con un dislivello negativo di 40 m. rispetto all'ingresso. A quella profondità gli esploratori hanno trovato il passaggio ostruito dalla presenza dell'acqua, anche in periodi di massima magra. La quota 51 dovrebbe quindi essere il livello minimo delle acque della risorgenza. In periodi di piena l'acqua, superando il dislivello di 40 m., fuoriesce dalla bocca della caverna. Dal Mosetti ricaviamo che la sorgente della Grotta di Ospò, in periodo di piena, ha una portata di 5 mc. al secondo.

La sorgente in questione si presenta come una sorgente carsica tempo-

ranea di trabocco. La vera sorgente è nascosta dal detrito di falda, che inizia sotto l'ingresso della caverna e s'immerge sotto la copertura alluvionale argillosa che costituisce il fondovalle del Torrente Ospio. La funzione della grotta è quindi quella di smaltire l'eccesso di portata della sorgente che normalmente fluisce nell'alluvione al di sotto del detrito di falda.

In epoca di piena si notano nella zona limitrofa alla Grotta di Ospio parecchie risorgenze temporanee, sia in seno al conoide di frana, sia nella zona di contatto tra i calcari e le alluvioni.

Anche quest'ultime sorgenti sono molto note ma pochissimo studiate.

#### 9) L'ANTRO DELLE SORGENTI DI BAGNOLI — N. 105 V.G.

N. 105 V.G. — Antro delle Sorgenti di Bagnoli.

F.<sup>o</sup> 53 A 25.000 XXIX I<sup>o</sup> N.E. - Erpelle-Cosina.

Situazione: m. 300 S. + 12<sup>o</sup> E. dalla Chiesa di Bagnoli.

Quota ingresso m. 56. Profondità m. 15. Lunghezza totale m. 32.

Data rilievi: 31-7-1899 - 29-11-1958 Gherbaz F., Zecchini V. - 1961-1962 Forti F., Tommasini T.

Posizione: long. 1<sup>o</sup> 24' 25" E. da Monte Mario; lat. N. 45<sup>o</sup> 36' 46".

Dal paese di Bagnoli, oltrepassato un ponte in pietra sul torrente Rosandra, una strada campestre conduce, dopo un centinaio di metri, ai piedi della ripidissima falda settentrionale del Monte Carso. In quel punto, da una breve cavità d'interstrato, sgorgano acque che sono in relazione con il livello di base carsico (acque di fondo) del bacino idrico ipogeo del Carso di San Servolo. L'Antro delle Sorgenti di Bagnoli, o più brevemente Antro di Bagnoli, è il mezzo attraverso cui ritornano alla luce parte delle acque inghiottite nella zona di Beca - Occisla. Diciamo «parte», poichè l'Antro non è l'unica via di uscita delle acque, ma nel presente lavoro abbiamo preso in esame solamente il «caso» dell'Antro di Bagnoli. La cavità rappresenta per se stessa un fenomeno poco comune sul nostro Carso, essendo di origine tettonica. E' da notare inoltre che, se non si fosse avuta una dislocazione fra il tetto ed il letto di due strati subverticali in corrispondenza di un giunto di stratificazione, ciò che ha dato origine all'Antro di Bagnoli, non avremmo con tutta probabilità avuto una «perdita» d'acqua tanto notevole.

Il motivo tettonico ai piedi della falda settentrionale del Monte Carso è rappresentato da una stretta piega rovesciata. In un punto di minore resistenza il «divaricamento» di due strati ha provocato una spaccatura orientata verso l'interno della massa calcarea, a livello delle «acque di base» di quel settore. Il fenomeno descritto ha provocato e provoca una fuoriuscita d'acqua, funzionando la spaccatura da sfioratore del livello idrostatico in-

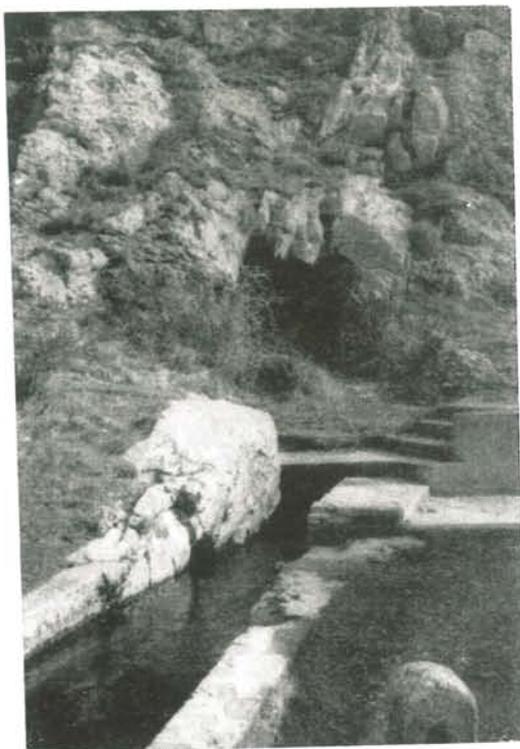


Antro delle Sorgenti di Bagnoli. — Si noti l'orientamento delle testate degli strati calcarei subverticali affioranti, corrispondente alla direzione interna della frattura dell'Antro.

terno. In periodi piovosi l'acqua esce per alcuni giorni tumultuosamente e con grande forza.

Poco distante dall'Antro di Bagnoli, ad una quota di circa un metro più bassa della soglia dell'Antro, da una fessura nella roccia sgorgano acque perenni. Questa sorgente si trova ad un livello di poco inferiore alla soglia di un cunicolo artificiale di epoca romana, e le sue acque sono opportunamente convogliate in un canale di calcestruzzo per l'alimentazione del Lavatoio Pubblico del paese di Bagnoli. La sorgente ha una portata regolare, e le oscillazioni di livello non sono molto sensibili. Una bocca a stramazzo, eseguita al termine del breve canale, permette di misurare con esattezza le oscillazioni di livello tra i periodi di siccità e quelli piovosi. L'acqua esce sempre limpida, tranne che in periodi di forti piene, quando assume un colore giallastro.

Il regime idrico dell'Antro di Bagnoli è in funzione solamente dell'andamento del livello idrostatico interno della massa calcarea, poichè funge da



Sorgenti di Bagnoli. — Sullo sfondo il cunicolo Romano. Il canale costruito allo sbocco della Sorgente, è un regolatore per la fornitura d'acqua al lavatoio pubblico (non visibile nella fotografia).

sfioratore di troppo pieno. In altre parole, essendo il dislivello tra la quota di sfioramento dell'Antro ed il pelo dell'acqua alla sorgente di metri 0,90, mentre dalla sorgente escono acque anche in periodi di siccità, denotando così che la quota della sorgente si trova in quel punto al livello delle acque di base, dall'Antro possono uscire acque solamente quando queste nell'interno della massa calcarea si sono innalzate di circa almeno metri 0,90. Dobbiamo dire circa, poichè in periodi di siccità abbiamo notato che il livello delle acque all'interno dell'Antro è più basso della sorgente. Ciò significherebbe una indipendenza di livello acqueo tra le due risorgive.

Quando, a causa di forti piogge nella zona, il livello delle acque di base tende ad aumentare, dall'Antro escono acque che, se molto veloci ed abbondanti, risultano torbide, giallastre, per sospensioni argillose e sabbiose, ben visibili ai margini dell'alveo quando la situazione ritorna normale. Dopo ore o giorni, a seconda della quantità di acqua caduta nella zona di Beca - Occisla

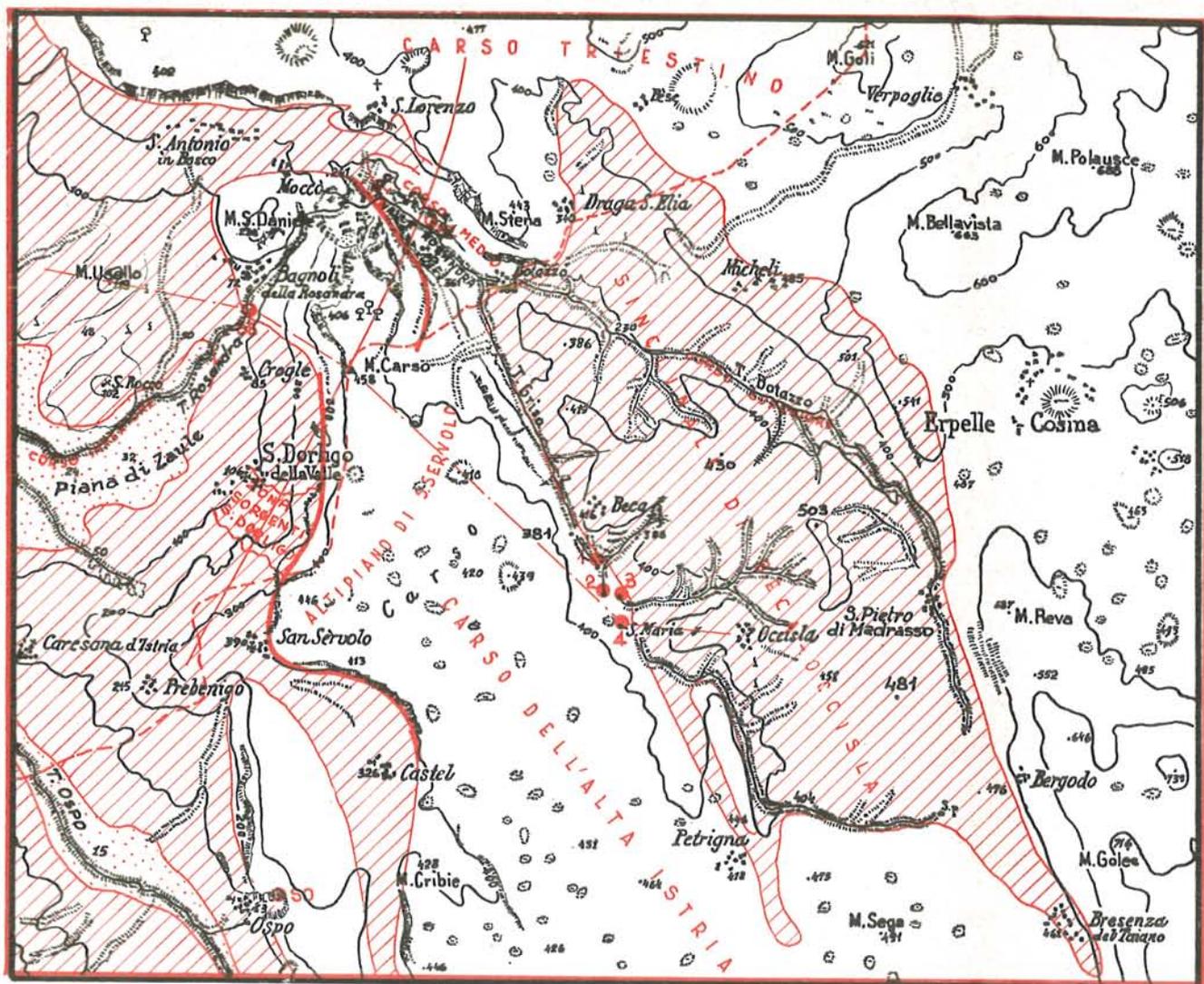
e Altipiano di San Servolo, il fenomeno di piena cessa. Gradatamente le acque in uscita diminuiscono di livello e di intensità, e tendono a divenire sempre più limpide. In questa seconda fase le acque meteoriche percolanti all'interno della massa calcarea hanno tempo di decantarsi, di abbandonare cioè tutte le sostanze in sospensione. Per contro, al momento della piena, l'aumento della spinta idrostatica verso gli sbocchi provoca un aumento dell'intorbidamento a causa del rimescolamento di fondo dei depositi argilloso-sabbiosi nei vani interni della massa calcarea. Un rivoletto di acque chiare, sfioranti la soglia, segna la fine del fenomeno di piena. Poi, gradatamente, con l'andar dei giorni, il livello delle acque si abbassa sempre più, fino a scomparire quasi completamente dal primo tratto della galleria e scendere sotto il livello della sorgente vicina.

Tanto le acque uscenti dall'Antro quanto quelle della sorgente si scaricano dopo breve percorso nel Rosandra, andando ad aumentare così, con maggior evidenza nei periodi di siccità, la portata del torrente. Dalla soglia dell'Antro le acque scorrono per breve tratto su di un gradino calcareo, per poi precipitare in un bacino su alluvione, dal quale, con un altro breve tratto pianeggiante, raggiungono il Rosandra. Da recenti misure da noi eseguite, risulta che il dislivello tra la soglia dell'Antro e la confluenza con il Rosandra è di metri 3,30, su di un percorso di metri 64,00. Il dislivello è dovuto al fatto che il Rosandra, malgrado tutte le sue migrazioni di corso, è riuscito ad abbassare molto più rapidamente il suo livello di quanto le acque uscenti dall'Antro siano riuscite ad erodere l'antistante gradino calcareo. Sta a dimostrarlo il salto che le acque compiono al termine del gradino calcareo a contatto con le alluvioni.

Uno sguardo alla pianta ed allo spaccato dell'Antro di Bagnoli, a pag. 25, può dare un'idea sufficientemente esatta della configurazione della grotta, la cui morfologia risulta molto semplice. Diamo tuttavia qui di seguito una descrizione della cavità.

L'Antro di Bagnoli si presenta come una grossa spaccatura parallela agli strati calcarei, la giacitura dei quali è pressochè verticale. La grotta si apre in un'ampia ansa nella falda del Monte Carso, pressochè a livello della piana alluvionale. La parete dell'Antro che si presenta alla sinistra entrando, prosegue all'esterno con la medesima inclinazione, che è strapiombante di circa 20 gradi oltre alla verticale. Tale parete che al di sopra dell'ingresso dell'Antro presenta un'altezza di 10 metri, va via via degradando verso il Rosandra, sino a scomparire al di sotto delle alluvioni. Antistanti all'imboccatura, e parallele alla parete, si notano le testate dei banchi calcarei, abbassate e levigate dall'azione dell'acqua. Tali testate si distinguono agevolmente anche sulla falda del monte sovrastante l'Antro, e presentano una direzione di 147° da Nord.

Il letto del torrente, che segue la direzione delle testate, trova, a 10 metri oltre lo sbocco, la sua strada sbarrata da un riempimento di pietrisco e detriti, di indubbia origine artificiale. E' costretto perciò a deviare alla sua sinistra, laddove trova la via facilitata da opere di sbancamento del calcare eseguite dall'uomo. Su di uno sperone calcareo sovrastante il primo salto



□ ZONA CALCAREA

▨ ZONA MARNOSO-ARENACEA

▤ ZONA ALLUVIONALE

— FAGLIE E PIEGHE-FAGLIE

— PROFILO GEOLOGICO

— PROFILO SORG. BAGNOLI-VORAGINE OCCISLA

--- CONFINE ITALO-JUGOSLAVO

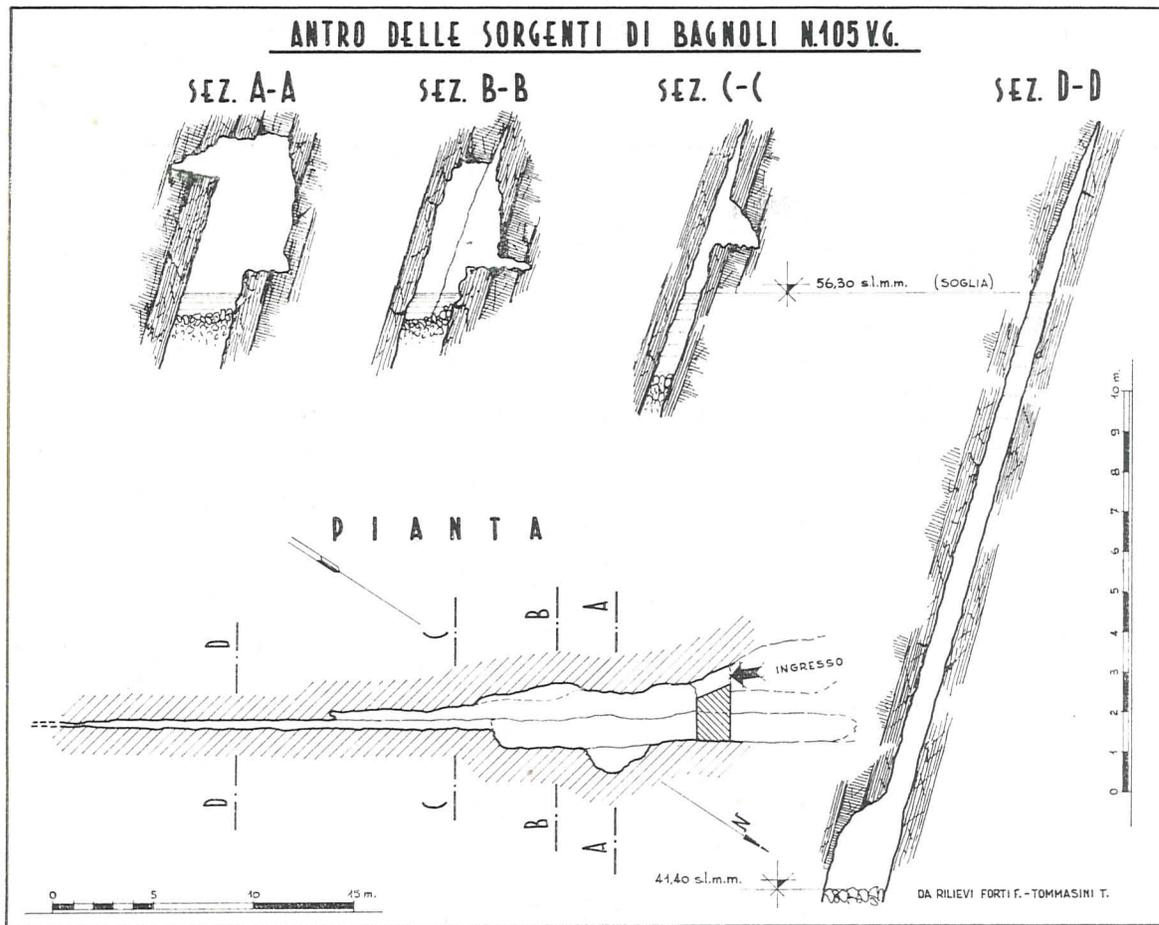
#### INGHIOTTITOI

- 1 - N° 167 V.G. - POZZO PRESSO BECA
- 2 - N° 168 V.G. - GROTTA DELL'ARCO NATURALE
- 3 - N° 169 V.G. - GROTTA DELLA CASCATA
- 4 - N° 170 V.G. - VORAGINE DI OCCISLA

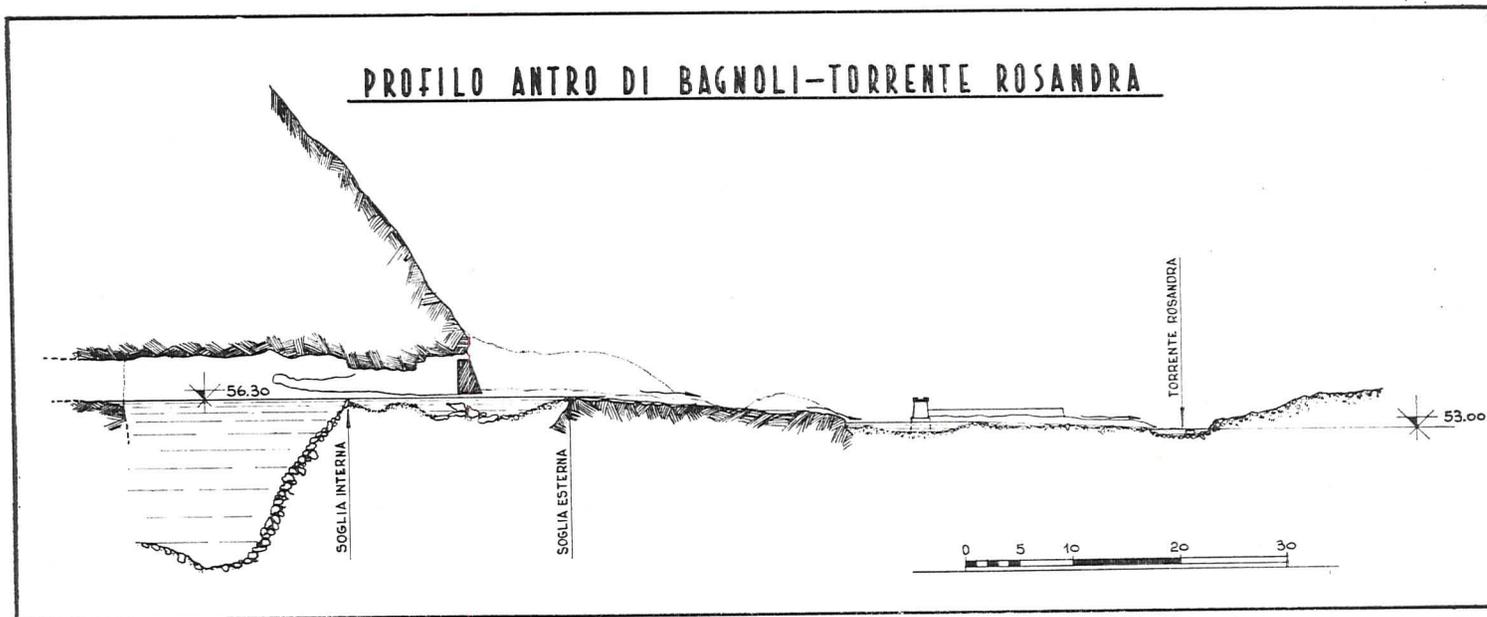
#### RISORGIVE

- 50 - N° 68 V.G. - GROTTA DI OSPO
- 5B - N° 105 V.G. - ANTRO DELLE SORGENTI DI BAGNOLI
- 5C - SORGENTE DEL CRINALE ( FONTE OPPIA)
- 5Z - N° 2687 V.G. - GROTTA DELLE NINFE (SORG. ZANIER)

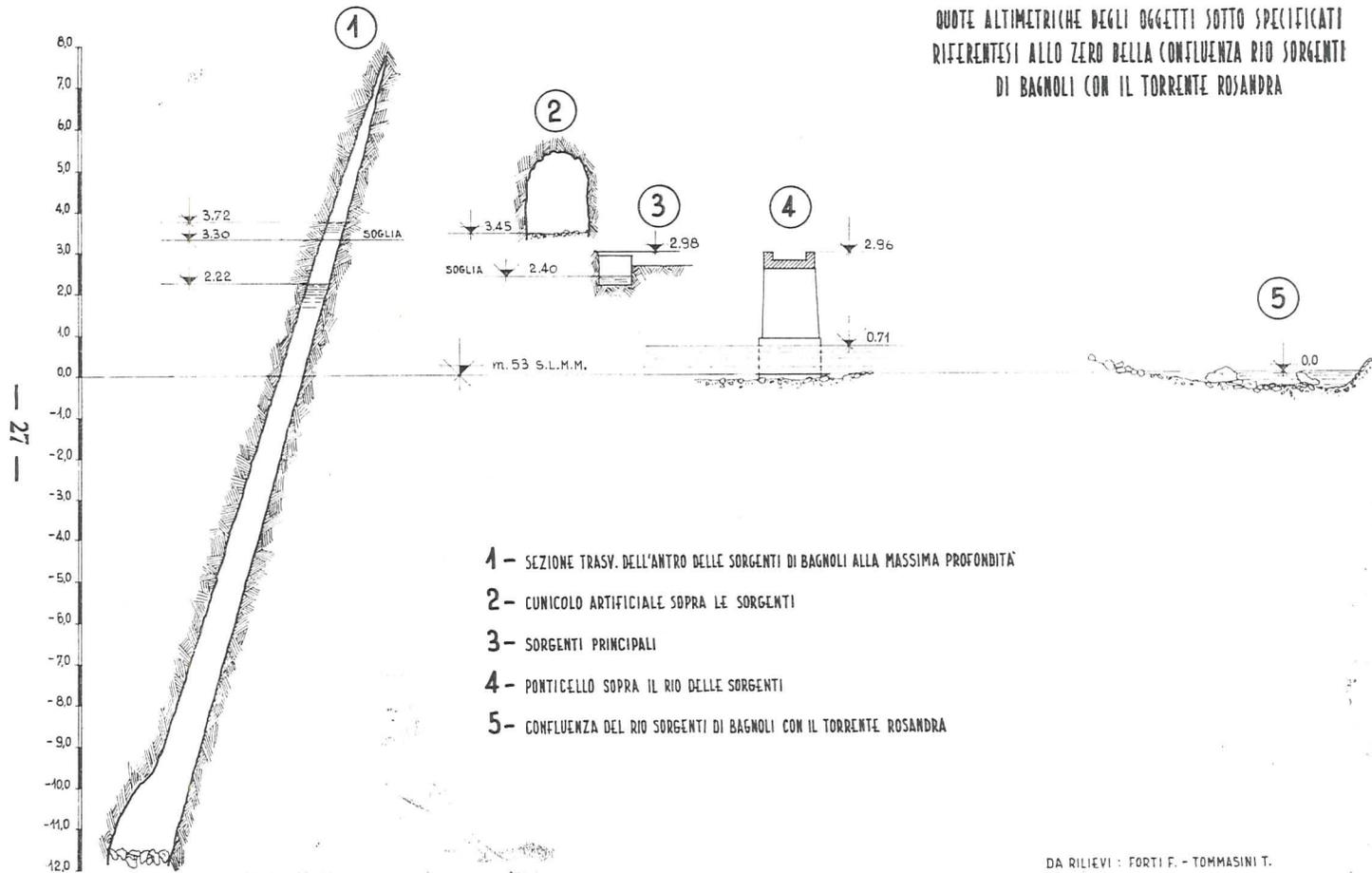
Cartina topografica del settore del Carso di S. Servolo e zone limitrofe. In sovrapposizione le delimitazioni dei terreni geologici, il tracciato dei principali elementi tettonici e le posizioni degli inghiottittoi e delle risorgive, descritti nel presente lavoro.



Pianta e sezioni trasversali della parte esplorata dell'Antro delle Sorgenti di Bagnoli.



Sezione longitudinale sviluppata del percorso delle acque di risorgiva dal limite del tratto esplorato dell'Antro alla confluenza con il Torrente Rosandra.



del corso d'acqua, si notano scarse tracce di un basamento in mattoni, pietra e cemento, di origine molto antica, forse romana. Probabilmente un tempo la forza del torrente veniva sfruttata con un mulino.

Non è nostro compito, nella presente pubblicazione, eseguire delle ricerche storiche sull'antico sfruttamento delle sorgenti di Bagnoli. Sarebbe però molto interessante ritrovare qualche documentazione su quanto è stato anticamente fatto. Per quanto concerne le nostre ricerche, l'esistenza sia della «Galleria Romana» sovrastante la sorgente perenne, sia di un ipotetico mulino sul corso uscente dell'Antro, danno una conferma indiretta di quanto da noi dedotto con argomentazioni geologiche, e altrove accennato, e cioè che l'acqua di base, ancora in epoca storica, si trovava ad una quota superiore all'attuale, e che, forse, anche dall'Antro uscivano un tempo acque perenni.

La parete che si presenta esternamente alla destra risulta alquanto ripida, montante a gradoni, ma mai strapiombante. Parecchi detriti calca-



Vista dall'alto del terreno prospiciente l'Antro delle Sorgenti di Bagnoli — Acque sfioranti la soglia esterna. La direzione della spaccatura sulla roccia a destra corrisponde all'asse del divaricamento degli strati dell'Antro.

rei, qualche arbusto ed una stentata vegetazione coprono parzialmente gli strati calcarei. Un colatoio di raccolta delle acque piovane scende alla destra dell'Antro.

La parete va via via degradando sino a giungere a fianco del ponte che porta al lavatoio, separando, con il suo sperone naturale, le acque uscenti dall'Antro da quelle sgorganti dalla sorgente perenne.

Un laghetto stretto e poco profondo, dal fondo cosparso da grossi massi calcarei, specchia, ai piedi dell'ingresso dell'Antro, la parete sinistra che lo sovrasta.

L'esatta morfologia dell'ingresso all'Antro è parzialmente celata da un grosso muro, edificato in periodo bellico, mediante massi calcarei squadrati e cementati. Nel muro stesso sono state ricavate due feritoie, oltre ad un largo foro alla base, onde permettere il deflusso delle acque, ed un portale per l'accesso. Originariamente l'ingresso presentava una altezza massima di 3,60 metri ed una larghezza di 3,00 metri.



Interno dell'Antro con acque in magra. E' visibile sullo sfondo l'inizio della strettoia a m. 12 dall'ingresso. Si noti la giacitura subverticale degli strati calcarei.

Superato il portale, un gradone di circa mezzo metro conduce ad una cengia suborizzontale, più bassa rispetto all'ingresso, e facilmente praticabile data la sua larghezza di circa un metro. La cengia prosegue sul lato destro della cavità, e, a dodici metri dall'ingresso, in corrispondenza di una strettoia, inizia a restringersi sino a scomparire del tutto dopo una decina di metri. Alla sinistra della cengia si apre un canalone entro il quale scorre, in periodo di piena, l'acqua che defluisce dall'Antro. Nei primi dodici metri il canalone ha una larghezza media di 1,30 metri e una profondità di circa un metro al di sotto della cengia. Il suolo del canalone, facilmente percorribile in periodo di magra, è costituito da pietre calcaree di pezzatura piuttosto ridotta, a spigoli vivi, da qualche masso calcareo più grosso e da parecchi ciottoli arenacei, anche di grossa pezzatura. A dodici metri dall'ingresso il canalone si restringe, e il suolo detritico si sprofonda con una ripidissima china sotto il pelo dell'acqua, in quello che chiameremo bacino interno dell'Antro di Bagnoli.

Abbiamo visto che il primo tratto dell'Antro è facilmente percorribile. Più oltre la spaccatura si restringe talmente da impedire, dopo cinque o sei metri, ogni avanzamento. Poichè il divaricamento procede dall'alto verso il basso, a pelo d'acqua si può procedere ancora per circa venti metri; più oltre la fessura diviene assolutamente impraticabile.

Nel maggio e nel luglio del 1960, con l'ausilio di apparecchiature subacquee, alcuni membri della Commissione Grotte della Società Alpina delle Giulie sono riusciti a penetrare per una ventina di metri in immersione. Si sarebbe potuto procedere ancora, poichè sott'acqua la spaccatura si allarga fino a circa due metri, ma non se ne vide per il momento la necessità. In quell'occasione si scandagliò pure la profondità dell'acqua a metri otto oltre l'inizio della strettoia, ottenendo una profondità di m. 15,30 dal pelo in magra. Nel 1899 venne misurata una profondità di metri 7,80 a circa quattro metri oltre l'inizio della strettoia, cioè all'estremo punto accessibile in superficie senza dover entrare nell'acqua. Questa misura venne indicata allora come la profondità massima dell'acqua all'interno dell'Antro. L'errore fu dovuto al fatto che dall'inizio della strettoia, fino a circa otto metri verso l'interno, il fondo è costituito da una ripida china detritica, cosicchè a quattro metri siamo appena a metà della china stessa.

Nell'agosto del 1961, in una giornata di acque basse, si tentò l'esplorazione in superficie, muniti di tute impermeabili. Si poté così risalire lungo la spaccatura per diciannove metri. Più oltre, causa la ristrettezza del passaggio, non fu possibile proseguire. Venne però osservato sul prolungamento della spaccatura un colatoio in roccia levigatissima a circa ottanta centimetri sul pelo in magra. In quella occasione si eseguirono precise misure sulla profondità dell'acqua ogni due metri dall'inizio della strozzatura.

La località ove si trova la sorgente è l'unico punto in cui i calcari risultano a diretto contatto con le alluvioni. Infatti, per chi osserva l'Antro di Bagnoli, subito alla sinistra appaiono le già accennate conoidi oloce niche, mentre poco alla destra si nota il passaggio dalla facies calcarea alla

facies marnoso — arenacea del Flysch (Luteziano medio). Il passaggio non è, come sembrerebbe a prima vista, netto, ma dal calcare ad alveoline e nummuliti del Luteziano medio, molto ricco di alveoline nei pressi dello Antro, si passa ad un'intercalazione di alcuni strati di un calcare marnoso, caratteristico, privo di fossili, per poi tornare per breve tratto ai calcari alveolinici. Dopo alcuni strati di calcari marnosi, si passa ad un tratto sottile di marne grigio — azzurrognole, facilmente distinguibile perchè finemente stratificato. Questo terreno è di facile preda agli agenti atmosferici, e si sgretola in scaglie allungate, spesso a lame e a punte. Poco più oltre appaiono gli strati sempre subverticali delle arenarie alternate a marne, con banchi spessi dai 30 ai 50 centimetri, che rappresentano la vera caratteristica formazione del Flysch.

Il contatto subverticale calcare — Flysch favorisce il raccoglimento idrico in tale punto, e spiega la fuoriuscita delle acque in corrispondenza della cavità d'interstrato chiamata Antro di Bagnoli.

Nel mentre era in corso di preparazione il presente lavoro, sono uscite due pubblicazioni sulle ricerche idriche per la Zona Industriale di Zaule. I due lavori, citati nella bibliografia, sono del Dott. D'Ambrosi e del Dott. Mosetti. Trattando essi brevemente nelle loro ricerche pure la risorgiva di Bagnoli, citiamo due punti interessanti: il D'Ambrosi afferma che l'ubicazione della Sorgente di Bagnoli è condizionata in maniera del tutto esclusiva dalla tamponatura flyschioide, e fa pure un parallelo con la Sorgente del Crinale (Clincizza), la quale sgorga in corrispondenza della pizzicatura del Flysch nella Faglia del Crinale. Per contro il Mosetti parla dell'Antro di Bagnoli come di «una notevole caverna formatasi in zona d'interstrato». Secondo noi un caso non esclude l'altro, ma anzi la concomitanza di questi due fatti, come da noi detto più sopra, ha favorito la presenza di una risorgenza così notevole.

#### 10) OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE NELL'ANTRO DI BAGNOLI.

Per meglio conoscere l'ambiente «Antro di Bagnoli», abbiamo voluto intraprendere una serie di misurazioni meteorologiche nell'Antro stesso. Le osservazioni, iniziate il 14 gennaio 1961, sono state effettuate, con la media di una al mese, per oltre un anno, e si sono concluse con il 15 aprile 1962.

I dati ottenuti risultano raccolti nella tabella a pagina 32.

Sin dalla prima osservazione dell'Antro è apparsa evidente la stretta dipendenza delle condizioni climatiche interne da quelle esterne. Infatti la brevità e ristrettezza della cavità e la discreta ampiezza dell'ingresso consentono una diretta e continua circolazione d'aria dall'esterno all'interno e viceversa. Non è stata quindi nostra intenzione intraprendere una vera e propria analisi meteorologica della grotta, ciò che avrebbe richiesto una serie ben più lunga e precisa di dati, bensì ottenere alcune misure *compa-*

DENOMINAZIONE	D A T E R I L E V A M E N T I																	
	14/1	12/2	25/3	22/4	18/6	22/7	30/7	9/8	13/8	24/9	22/10	26/11	17/12	14/1	25/2	18/3	15/4	
ESTERNO	TEMPERATURA	3,7	10,0	10,8	14,0	25,1	21,8	-	25,5	23,8	17,5	12,6	0,2	8,4	4,9	4,8	9,4	
	UMIDITÀ REL.%	31	51	66	76	57	74	-	46	47	52	89	41	54	28	26	96	
ALTO	TEMPERATURA	10,7	10,8	12,0	14,6	22,0	20,8	-	22,3	22,2	15,8	13,0	10,8	11,4	10,4	10,2	11,5	
	UMIDITÀ REL.%	59	75	78	93	68	81	-	47	47	69	90	54	82	57	61	92	
BASSO	TEMPERATURA	6,7	8,4	10,6	13,2	15,5	13,8	-	14,1	13,8	13,7	11,6	3,8	9,6	4,8	6,6	10,2	
	UMIDITÀ REL.%	62	76	84	95	95	100	-	99	88	79	99	67	83	50	62	95	
TEMPERATURA ACQUA INT.		10,7	10,4	11,1	11,4	13,2	13,0	11,8	13,1	13,3	13,3	12,1	10,9	10,7	10,5	10,2	10,5	
ALT. ACQUA SULLA SOGLIA <sub>cm</sub>		+21	+7	-38	+20	-2	-92	+28	-89	-93	-108	-49	-68	+14	+42	-55	+19	+25
ALTO	METRI ARIA	84	33	0	0	44	17	-	25	33	0	0	136	23	102	78	0	
	DIREZIONE	U	U	E	E	E	E	-	E	E	E	E	U	U	U	U	-	
BASSO	METRI ARIA	64	33	0	47	148	96	-	116	97	39	0	75	0	44	45	17,5	
	DIREZIONE	E	E	U	U	U	U	-	U	U	U	U	E	E	E	E	E	
TEMP. ACQUA SORENGTE		10,7	10,3	10,9	11,4	12,3	12,0	11,9	12,1	12,1	12,0	12,1	10,9	10,5	10,5	10,1	10,5	

Tabella riassuntiva delle misure meteorologiche ed idrologiche effettuate  
alle Risorgive di Bagnoli nel periodo dal 14.1.1961 al 15.4.1962.

*rative*, dalle quali poter trarre qualche conclusione riguardo all'influenza del regime idrico delle acque interne del massiccio calcareo sul clima dell'Antro di Bagnoli. Abbiamo anche tentato di determinare se eventualmente, almeno in periodi di massima magra, l'Antro risultasse in comunicazione con vani più interni.

Sotto questi punti di vista sono stati riordinati i dati ottenuti nei cicli di misurazione effettuati. Nella già citata tabella di pag. 32 è possibile comparare volta per volta i singoli dati. I risultati più indicativi ottenuti da questa osservazione verranno qui oltre esposti.

Per raggiungere il nostro scopo abbiamo effettuato di volta in volta, nel più breve spazio di tempo possibile, le seguenti osservazioni:

*misure anemometriche*: velocità e direzione dei flussi d'aria nell'Antro;

*misure psicrometriche*: temperatura e umidità rilevate al centro dei flussi d'aria riscontrati con l'anemometro. A titolo puramente indicativo abbiamo rilevato anche temperatura e umidità esterni al momento delle rilevazioni interne;

*misure di livello dell'acqua nell'Antro*;

*misure di temperatura dell'acqua*: effettuate sia nell'Antro che alla sorgente principale presso il lavatoio.

Gli strumenti usati sono di proprietà del Consiglio Nazionale delle Ricerche, e in dotazione alla Stazione Sperimentale di Studi Ipogei «Costantino Doria», della Società Alpina delle Giulie, Sezione di Trieste del C.A.I. La taratura degli strumenti è stata effettuata a cura del Prof. Silvio Polli, Direttore del locale Istituto Talassografico.

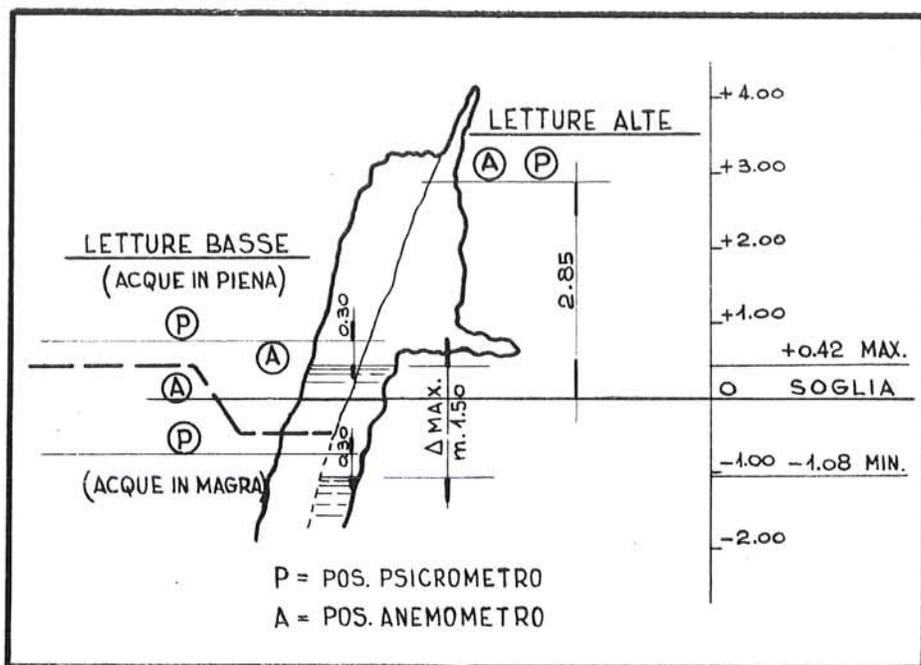
#### *Misure anemometriche*

Sono state eseguite mediante un anemometro totalizzatore di alta precisione della «Salmoiraghi». La velocità minima riscontrabile con tale strumento è di due centimetri al secondo. Ogni misurazione è stata effettuata per la durata di cinque minuti primi nel filetto centrale della corrente, ottenendo così i metri d'aria percorsi in 5' dalla parte più veloce del flusso.

In ogni serie di rilevamenti abbiamo riscontrato due flussi d'aria ben distinti, e di direzione opposta: uno entrante e l'altro uscente dall'Antro, posti a diversa altezza e separati tra di loro da una zona intermedia di aria ferma o comunque con velocità talmente piccola da non poter essere misurata dallo strumento. Entrambi i flussi hanno dimostrato sempre un andamento orizzontale, senza alcun accenno misurabile di movimenti verticali.

Il flusso di entrata è costituito ovviamente da aria di provenienza esterna. Quest'aria, per una elementare legge fisica, entra sfiorando il pavimento quando la temperatura esterna è inferiore a quella interna, si riscalda, sale, ed esce sfiorando la volta. Viceversa, quando la temperatura esterna è superiore a quella interna, l'aria entra sfiorando la volta, si raffredda, ed esce a livello del suolo.

Le nostre misurazioni sono state perciò eseguite ogni volta a due diverse

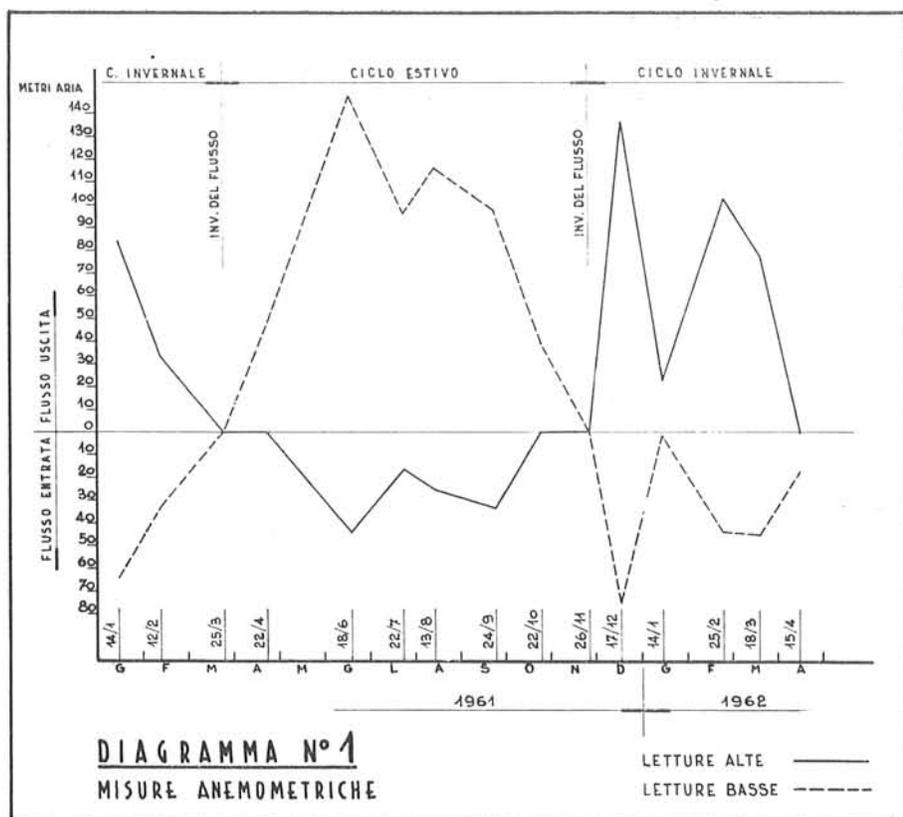


Sezione dell'Antro a m. 12 oltre l'ingresso, all'inizio della strettoia, dimostrante le posizioni delle stazioni di lettura, nelle varie condizioni rispetto al livello delle acque sulla soglia.

altezze in una prefissata sezione della cavità. Tale sezione, situata a circa dodici metri dall'ingresso, presenta una superficie complessiva di 1,5 mq. La «lettura alta» è stata eseguita sempre a m. 2,85 sul livello della soglia interna, in corrispondenza di una strettoia in volta, mentre la «lettura bassa» è stata fatta, in periodo di magra, a livello della soglia interna, oppure, in periodo di piena, a dieci centimetri sul pelo dell'acqua, mantenendo sempre lo strumento perpendicolare al suolo. I movimenti d'aria da noi registrati risultano anche dal diagramma n. 1 a pag. 35.

Abbiamo chiamato «ciclo estivo» il periodo che va dal 25 marzo al 26 novembre 1961, periodo in cui l'aria calda entra dall'alto, e viceversa «ciclo invernale» il periodo in cui l'aria fredda entra dal basso, cioè dal 14 gennaio 1961, data di inizio delle osservazioni, al 25 marzo, data in cui si ha l'inversione del flusso, e dal 26 novembre 1961, data della seconda inversione, sino al 15 aprile 1962, termine delle osservazioni. In quest'ultima data abbiamo riscontrato un nuovo accenno di passaggio al ciclo estivo.

L'aria uscente è stata in ogni misura proporzionale all'aria entrante, tenuto conto delle inevitabili differenze dovute alla ristrettezza del tempo di misurazione (5'), al variare della pressione atmosferica, alla cubatura

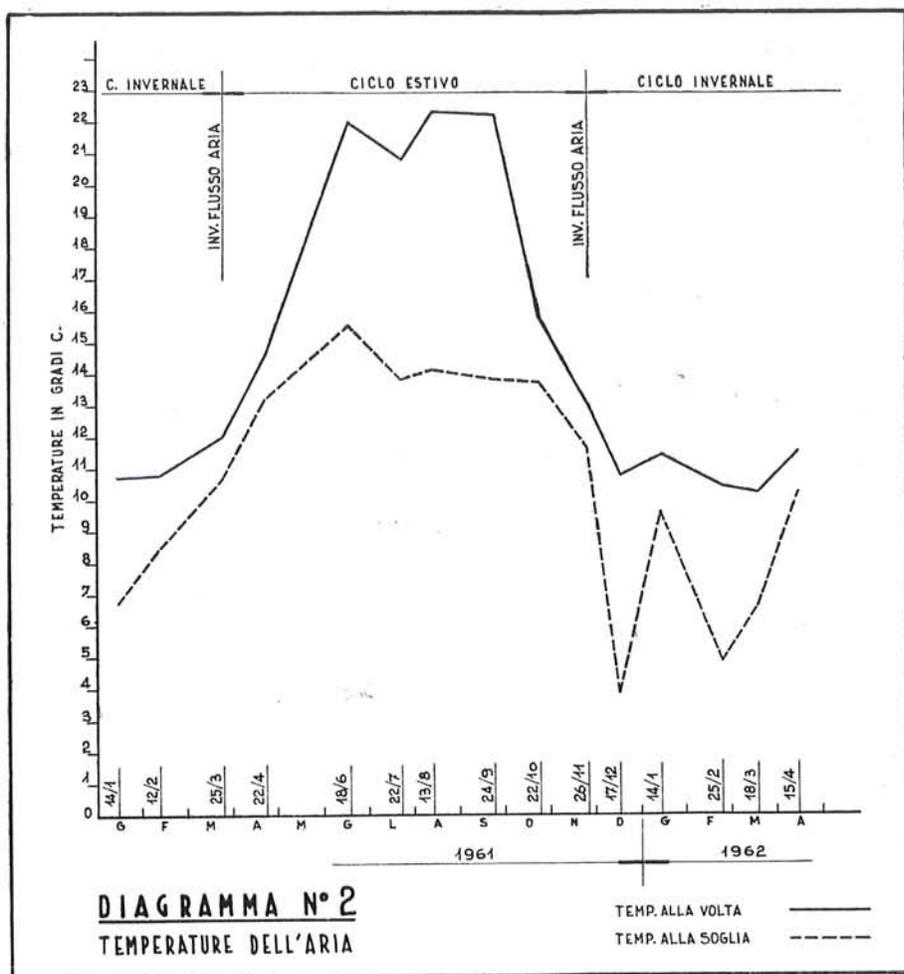


variabile dell'aria nell'Antro e ad altri fattori di errore. L'andamento regolare dei cicli non è risultato mai turbato dal variare del livello dell'acqua nello Antro. Anche in periodo di acque veloci uscenti (14.1 - 12.2 - 17.12.1961 - 18.3 e 15.4.1962), la lettura bassa non ha risentito di questo flusso, avendo noi registrato una corrente d'aria di direzione opposta a quella dell'acqua, e ciò anche direttamente sul pelo dell'acqua stessa.

Non è però da escludere che si siano verificate altre inversioni infrastagionali del flusso, dovute a particolari condizioni climatiche esterne, o anche solamente al divario di temperatura fra il giorno e la notte.

#### Misure psicrometriche

Sono state effettuate nei medesimi punti delle rilevazioni anemometriche, mediante uno psicrometro ad aspirazione tipo Assman. La temperatura in volta è rimasta sempre più alta della temperatura sulla soglia interna, come risulta dal diagramma n. 2 a pag. 36. L'umidità ha talora invece seguito un comportamento diverso, come vedremo in seguito.



Le medie riscontrate su quindici letture sono le seguenti:

media letture esterne	12 <sup>o</sup> ,8
» » alte	14 <sup>o</sup> ,6
» » basse	10 <sup>o</sup> ,4
» generale interna	12 <sup>o</sup> ,5

Nel diagramma n. 3 a pag. 37 risultano distinte le temperature dei due flussi, a prescindere dalla loro posizione alta o bassa, comparate con la temperatura esterna. Risulta subito evidente come la temperatura del flusso entrante sia strettamente legata alla temperatura esterna. La temperatura del flusso uscente presenta un forte smorzamento rispetto a quella del flusso entrante.



Anche in queste misure si denota, come in quelle anemometriche, una inversione all'inizio e una alla fine del ciclo estivo, alle medesime date delle inversioni dei flussi d'aria.

Le medie riscontrate nei due flussi sono le seguenti:

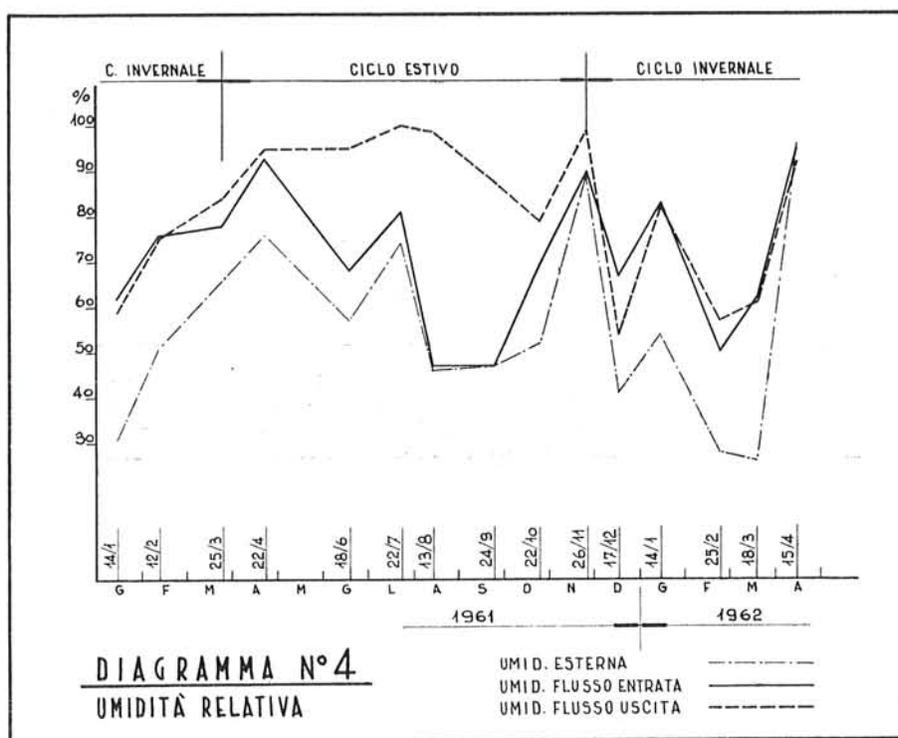
media	letture esterne	12° <sup>0</sup> ,8
»	flusso entrata	12° <sup>0</sup> ,9
»	» uscita	12° <sup>0</sup> ,1
»	generale interna	12° <sup>0</sup> ,5

Ovviamente la media generale delle misurazioni nel punto alto e nel punto basso coincide con la media generale delle misurazioni dei flussi. La temperatura media interna riscontrata è stata quindi di 12°5 contro i 12°8 esterni. E' questa una riprova della diretta dipendenza del clima interno da quello esterno.

L'umidità relativa dell'ambiente risulta sempre superiore a quella esterna. Determinante in questo senso è la costante presenza dell'acqua nell'Antro. A causa però della diretta influenza esterna, non si riscontrano quei valori percentuali così alti come risultano in altre cavità più chiuse alla circolazione dell'aria.

Nel diagramma n. 4 a pag. 38 risultano le umidità relative riscontrate sia nel flusso entrante che in quello uscente dall'Antro, comparate con la umidità esterna del momento. I dati dell'umidità relativa sono stati da noi ricavati, in base alle letture psicrometriche, mediante le «Aspirations-Psychrometer-Tafeln» edite nel 1908 dal «Reale Istituto Meteorologico Prussiano». I maggiori accostamenti fra umidità esterna ed interna si hanno in periodi di pioggia o nebbia.

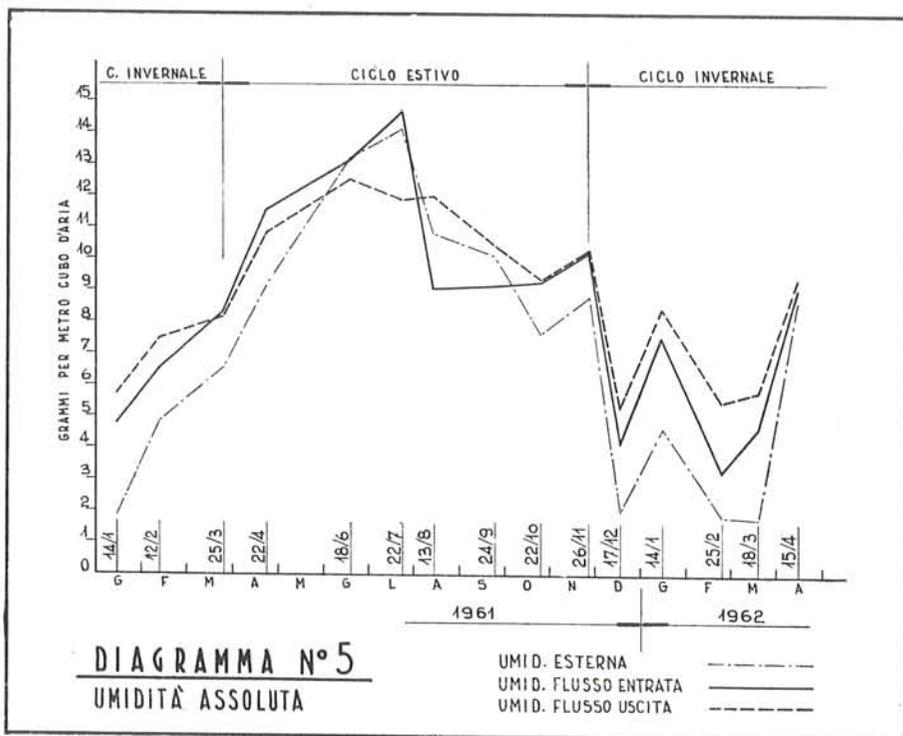
Dei due flussi, quello che offre i maggiori dati di umidità relativa è quello



uscente, mentre l'entrante rispecchia, pur con un certo aumento, gli stessi dati esterni. Questa regola generale presenta però delle anomalie dovute alle differenze di temperatura fra interno ed esterno. Com'è noto, un raffreddamento dell'aria porta ad un elevarsi del grado di umidità contenuta nell'aria stessa, mentre, viceversa, l'aumento della temperatura ha come conseguenza l'abbassamento dell'umidità relativa. Durante il «ciclo estivo» l'aria entra dall'alto, e, raffreddandosi, l'umidità relativa in essa contenuta si eleva. Il flusso uscente, avendo subito un ulteriore forte abbassamento di temperatura, presenta un aumento ancor più sensibile dell'umidità relativa, vieppiù accentuato dal fatto che il flusso uscente sfiora l'acqua presente nell'Antro.

Durante il «ciclo invernale», l'aria fredda entra dal basso, si riscalda leggermente, e la sua umidità relativa diminuisce. Entrando, però, sfiora l'acqua presente nell'Antro, e l'incremento di umidità dovuto al fattore acqua supera il decremento dovuto al riscaldamento. Nel flusso uscente dall'Antro l'aria, avendo subito un ulteriore forte riscaldamento, presenta spesso dati di umidità relativa inferiori a quelli riscontrati nel flusso entrante. L'elevarsi della temperatura fa cioè diminuire l'umidità relativa dell'aria.

Nel diagramma n. 5 a pag. 39 risultano invece le umidità assolute in



grammi per metro cubo d'aria dei due flussi, comparate con l'umidità assoluta esterna. Tali dati sono stati ottenuti applicando la formula:

$$U = \frac{1,06 \cdot E}{1 + \frac{T}{273,2}}$$

dove U = Umidità Assoluta, E = Tensione Vapore in mm. di mercurio, (ottenuta mediante le sopra citate tavole psicometriche), T = temperatura.

Diamo qui di seguito i valori medi di umidità relativa e assoluta riscontrati nei due flussi:

	val. percentuale	gr./mc.
umidità esterna	55,6	7,15
» flusso entrata	71,2	8,38
» » uscita	81,3	8,89
» media interna	76,2	8,63

Le medie delle letture alte e basse, a prescindere dalla direzione del flusso, presentano i seguenti risultati:

	val. percentuale	gr./mc.
umidità esterna	55,6	7,15
» lettura alta	70,2	8,89
» » bassa	82,3	8,38
» media interna	76,2	8,63

Da un confronto diretto fra i valori di umidità e quelli delle correnti d'aria, risulta evidente il fatto, già intuibile a priori, che i valori massimi di umidità interna corrispondono ai valori minimi di circolazione d'aria. Si ha cioè sempre una proporzionalità inversa fra le due misure.

#### *Misure di livello dell'acqua nell'Antro.*

Fissata una quota teorica sulla parete interna dell'Antro, in ogni singolo rilevamento meteorologico abbiamo pure misurato, mediante un'asta millimetrata, il dislivello fra la quota fissa ed il pelo dell'acqua. Con una livellazione di precisione abbiamo poi determinato il dislivello fra la quota fissa e la soglia esterna.

Nella tabella di pag. 32 i dati di livello sono stati ordinati in riferimento a detta soglia. Considerando uguale a zero la quota della soglia, le misurazioni di segno + indicano un effettivo scorrimento di acqua dall'Antro, quello di segno — indicano che il pelo dell'acqua si trova ad un livello inferiore alla soglia, e quindi non si ha alcun scorrimento in superficie.

Su diciassette misurazioni, otto presentano dati positivi, e nove negativi. I valori massimi raggiunti sono i seguenti: altezza sopra la soglia, cm. 42; livello sotto la soglia, cm. 108; dislivello massimo cm. 150.

Il 18 settembre 1960, alle ore dodici, abbiamo riscontrato, in una ricognizione effettuata dopo due giorni di pioggia incessante, una piena eccezionale, durante la quale il livello dell'acqua ha raggiunto limiti di molto superiori alla massima misurata. In quel giorno una gran massa d'acqua color giallo brunastro usciva dall'Antro, con ribollimenti, vortici e schiuma, scorreva veloce sul tratto calcareo pianeggiante, invadendo parte del prato, indi



Acque lattiginose torbide escono dall'Antro in occasione di piene, come questa osservata il 18 settembre 1960.

precipitava per le rapide in corrispondenza del ponticello del lavatoio, creando alta spuma. Sul ponticello si notava lo spostamento dell'aria creato dalle rapide. Subito dopo il ponticello, la massa d'acqua si allargava fino ad una decina di metri, e sempre velocemente si immetteva nel Rosandra, pure in piena, scontrandosi con quelle acque e creando anche qui rigurgiti, onde e alta spuma.

La massa dell'acqua impediva l'accesso all'Antro, e, affacciandosi allo ingresso, si udiva un assordante rumore di acqua in movimento, come in una condotta forzata. Presso la strettoia, a undici metri verso l'interno, la massa d'acqua si alzava con un getto di oltre cinquanta centimetri, per poi, ricadere ad un livello tale che il foro di uscita, praticato sotto il muraglione di chiusura, era completamente sommerso. Un rivolo d'acqua usciva anche dal portale di accesso all'Antro.

Osservando la zona di confluenza con il Rosandra, si notavano tracce di un livello d'acqua a circa ottanta centimetri sopra il livello del momento.

Anche dalla sorgente che porta le acque al lavatoio usciva acqua torbida, ma il livello era aumentato solo di alcuni centimetri sopra la media. Nella «Galleria Romana» tutto il piano era invaso dall'acqua. Sulla parete verticale a sinistra dell'Antro usciva una certa quantità d'acqua da una litoclasti a circa quaranta centimetri sopra il pelo dell'acqua dell'Antro, altezza corrispondente all'incirca alla quota del rigurgito interno. Tutta la zona era pervasa da un forte odore di materie organiche in decomposizione.

Ritornati sul posto alcune ore più tardi, abbiamo notato che l'acqua uscente dall'Antro aveva diminuito il suo livello di circa trenta centimetri. Si

notavano qua e là depositi sabbiosi di indubbia origine marnoso-arenacea.

Nella piena sopra descritta, possiamo stimare che il livello abbia raggiunto valori superiori al metro e mezzo sopra la soglia.

Interessante il fatto che, fra le minime riscontrate, solamente tre volte la quota dell'acqua dell'Antro sia risultata inferiore alla quota della sorgente del lavatoio, rispettivamente con 2, 3, 18 cm. sotto detta quota, nei giorni 22.7, 13.8 e 24.9.1961.

I dati della tabella a pag. 32 dimostrano come il livello nell'Antro sia soggetto a sbalzi molto rapidi nel tempo. Ad esempio, dal 18 giugno al 22 luglio 1961 si è avuta una diminuzione di 90 cm., e dal 22 luglio al 30 luglio, in otto giorni, l'aumento è stato di 120 cm. E ancora, dal 30 luglio al 9 agosto 1961, in soli dieci giorni, il livello è ridisceso di ben 117 cm.

Gli aumenti di livello sono facilmente spiegabili. Una forte precipitazione sul bacino di impluvio dell'Altipiano di San Servolo provoca, con un ritardo che può variare di molto a seconda delle stagioni, un innalzamento del bacino idrico sotterraneo, e di conseguenza una repentina fuoriuscita di acqua da questo sfogo naturale che è l'Antro di Bagnoli. In casi eccezionali, come nella piena sopra descritta, la massa d'acqua, non trovando un sufficiente sfogo attraverso le aperture naturali, fa elevare il livello della falda interna del massiccio calcareo, in modo da creare una notevole pressione, tale da smuovere massi di notevole peso, come abbiamo più volte avuto occasione di riscontrare nell'Antro stesso.

I bacini interni in comunicazione con l'Antro, una volta che sia venuta a cessare l'alimentazione dell'acqua di provenienza esterna, si vuotano sino a che l'acqua ridiscende al livello di soglia.

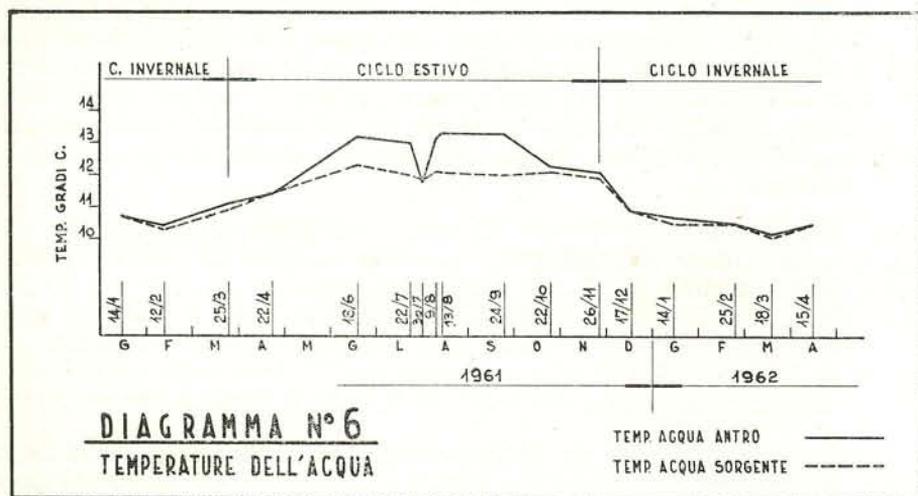
Abbiamo detto che, al di sotto del livello di soglia, non si ha scorrimento di acqua nell'Antro. Infatti, in queste condizioni, l'acqua si presenta assolutamente immobile. Ripetiamo qui i dati già sopra esposti: dal 30 luglio al 9 agosto 1961 il livello è passato da quota +28 sopra la soglia a quota -89, con una diminuzione di 117 cm. in dieci giorni. Considerando che da quota +28 a quota 0 l'acqua è defluita per la sua via naturale esterna, abbiamo tuttavia ancora un calo di livello di 89 cm. sotto la soglia. Per evidenti motivi di tempo e di economia, non ci è stato possibile ottenere dati sullo smorzamento nel tempo delle piene nell'Antro. Possiamo però ragionevolmente presumere, in base ad alcune osservazioni fatte, che per passare da quota +28 a quota 0 ci siano volute almeno all'incirca quarantotto ore. Risulta quindi che, al massimo in otto giorni, il bacino interno dell'Antro ha perduto 117 cm. di livello. Ammesso per ipotesi che, in tempo di magra, l'Antro non abbia alcun apporto di acqua, e che rimanga separato dai bacini più interni del massiccio calcareo, la perdita stimabile di acqua corrisponde ad almeno dieci metri cubi. Ben maggiore risulta poi la perdita se si ammette una diretta comunicazione subacquea con bacini più interni. E' impossibile che una tale perdita avvenga in soli otto giorni solamente per evaporazione. Si deve quindi supporre che l'acqua dell'Antro trovi una via naturale di efflusso al di sotto del livello di soglia. Detto efflusso potrebbe anche essere un «riflusso», cioè una ricattura dell'acqua da parte dei bacini più interni. Sembra però più proba-

bile che l'acqua trovi il suo sfogo all'aperto attraverso qualche fessura della roccia difficilmente individuabile. L'unica altra risorgiva conosciuta nelle immediate vicinanze è la sorgente principale utilizzata dal lavatoio. Non è stato però ancora possibile determinare se l'acqua dell'Antro abbia una comunicazione diretta con detta sorgente.

*Misure di temperatura dell'acqua nell'Antro e alla Sorgente.*

Nella tabella a pag. 32 risultano le temperature dell'acqua misurate nella parte interna dell'Antro e quelle della sorgente al suo sbocco all'aperto. Nel diagramma n. 6 a pag. 43 appaiono comparate dette misure. Si nota evidente una quasi continua eguaglianza delle due temperature, con alcune forti differenziazioni nel periodo estivo, allorchè l'acqua dell'Antro risulta più calda di quella della sorgente.

Da un esame dei dati in oggetto, risulta che la convergenza tra le due temperature si ha ogniqualvolta l'Antro è in regime di piena, cioè quando



l'acqua vi defluisce. L'acqua, in tali condizioni, esce da ambedue le risorgive con la temperatura media degli strati calcarei a livello di base. Viceversa, quando l'acqua non scorre dall'Antro, la temperatura di questa risente della temperatura dell'ambiente. Poichè i periodi di maggior siccità si riscontrano nell'estate, avviene che la temperatura media dell'acqua nell'Antro sia superiore a quella della sorgente: 11°<sup>0</sup>,68 contro 11°<sup>0</sup>,31.

Nel nostro ciclo di osservazioni non abbiamo mai riscontrato una temperatura dell'acqua dell'Antro sensibilmente più bassa che alla sorgente. Tale

caso sarebbe tuttavia possibile se si dovesse verificare una forte magra in periodo invernale.

Tipico è l'esempio osservabile dal diagramma n. 6, alle date 22 luglio, 30 luglio e 9 agosto 1961. Dagli appunti presi durante tali ricognizioni rileviamo:

22 luglio: nell'Antro acque stagnanti in gran magra. Temperatura acqua 13°0. Temperatura sorgente 12°0.

30 luglio: ricognizione per osservare il fenomeno della piena dopo il temporale di sabato 29 luglio. Acque torbide escono dall'Antro. Temperatura acqua 11°8. Temperatura sorgente 11°9.

9 agosto: ricognizione dopo dieci giorni di siccità. Acque in livello di magra, torbide. Temperatura acqua 13°1. Temperatura sorgente 12°1.

Nel lasso di tempo di un giorno, a causa di un temporale estivo, l'acqua è passata da 92 cm. sotto a 29 cm. sopra la soglia, mentre la sua temperatura si è abbassata da 13°0 a 11°8, sino a toccare la medesima temperatura della sorgente. (Il decimo di grado di differenza rientra nei limiti di un possibile errore di lettura, sempre verificabile in condizioni così disagiate.) Il 9 agosto poi, essendo l'Antro di nuovo in magra, la temperatura dell'acqua è risalita.

Dalla identità di temperatura delle due acque scorrenti, si ricava l'indiretta dimostrazione sulla identità della loro provenienza. Il fatto che l'acqua dell'Antro si riscalda così facilmente, dimostra che il bacino dell'Antro non ha, in tempo di magra, comunicazioni dirette con le acque interne del massiccio calcareo, e che quindi non ci sono sensibili scambi d'acqua al di sotto della superficie.

Se ammettiamo che il bacino dell'Antro non abbia, in periodi di magra, comunicazioni dirette con l'interno, è possibile eseguire un calcolo approssimativo della sua cubatura. Per le profondità, abbiamo eseguito una serie di scandagliature dalla soglia interna sino alla strettoia finale, misurando quindi il profilo del fondo. Mediante immersioni con autorespiratori abbiamo pure rilevato le larghezze dell'Antro e varie profondità. In base a questi dati la capacità massima del bacino dell'Antro di Bagnoli è di circa 140 metri cubi.

Abbiamo già affermato che la temperatura della sorgente perenne rispecchia la temperatura del massiccio calcareo. L'acqua cioè, nel suo percorso sotterraneo, ha tutto il tempo, in periodi normali, di assumere la medesima temperatura della roccia, temperatura quest'ultima che si può presumere risenta solamente, e in maniera ridottissima, delle variazioni fra estate ed inverno. Nel nostro ciclo di misurazioni abbiamo riscontrato una temperatura minima di 10°1 il 18 marzo 1962, ed una massima di 12°3 il 18 giugno 1961, con uno scarto massimo di 2°2. La media è stata di 11°31. La saltuarietà delle nostre misurazioni non ci permette di trarre delle conclusioni certe. Possiamo tuttavia affermare che, in periodi particolari, l'acqua, nonostante i suoi tre chilometri abbondanti di percorso sotterraneo, riesce ancora a mantenere una sua temperatura condizionata dalla situazione meteorologica esterna. Valgano ad esempio i dati dei giorni 18 giugno, 22 luglio e 30

luglio 1961. Un luglio piovoso e perturbato ha portato ad un abbassamento della temperatura media esterna, come è riscontrabile in tutte le nostre misure. Un ulteriore temporale al 29 luglio ha causato una piena eccezionale nell'Antro. L'acqua, penetrata negli strati calcarei ad una temperatura molto più bassa della media stagionale, ha portato ad un abbassamento della temperatura della sorgente da 12°3 a 11°9, con un scarto negativo di quattro decimi di grado.

## CONCLUSIONI:

### *Regime termico della cavità*

Da tutto quanto sopra esposto, si rileva come il regime termico dell'Antro di Bagnoli sia condizionato dalle stagioni estiva ed invernale. Confrontando i dati della tabella a pag. 32 si nota come in tutte le rilevazioni termometriche si è avuta una brusca variazione alle due date del 25 marzo e del 26 novembre 1961, date che coincidono con il passaggio dal ciclo invernale a quello estivo e viceversa.

Abbiamo parlato di ciclo estivo ed invernale, intendendo sempre riferirci all'estate e all'inverno nella cavità. Considerando la temperatura dello Antro relativamente costante rispetto alle forti escursioni esterne, il ciclo invernale nella grotta inizia quando la temperatura esterna risulta in media inferiore a quella interna. Viceversa, il ciclo estivo ha inizio quando la temperatura media esterna è superiore a quella interna. E' evidente come queste situazioni siano determinanti in un ambiente ristretto e soggetto ad una continua circolazione d'aria.

L'inizio di ogni ciclo può differire alquanto di anno in anno, essendo condizionato dall'anticipo o dal ritardo delle stagioni.

### *Ipotesi sul percorso delle acque sotterranee.*

L'Antro di Bagnoli è indubbiamente in comunicazione con gli inghiottitoi dell'Altopiano di San Servolo. Non si tratta però di una comunicazione diretta, poichè, se una tale comunicazione esistesse, certamente darebbe origine a forti correnti d'aria, e nell'Antro si rileverebbero condizioni climatiche molto più simili a quelle di una grotta profonda. Non si può nemmeno affermare che l'Antro abbia delle comunicazioni aperte con altri vani più interni. Infatti in tal caso le rilevazioni anemometriche, da noi effettuate in tutte le condizioni di tempo, avrebbero dato risultati positivi in uscita in regime di pressione atmosferica in diminuzione, e viceversa risultati positivi in entrata, in regime di pressione in aumento. L'acqua però, in periodo di piena, esce dall'Antro con notevole violenza, il che fa presumere l'esistenza di una galleria discretamente ampia. Se questa galleria sbocca nella parte inaccessibile dell'Antro al di sopra del pelo dell'acqua, essa è certamente ostruita più oltre da un sifone. Se invece la galleria sbocca al di sotto del pelo d'acqua, essa

però non è in comunicazione diretta con vasti bacini più interni. In tutte e due le ipotesi è logico presumere trattarsi di gallerie del tipo a pressione, e non gravitazionali.

La sorgente del lavatoio, invece, non ha comunicazioni ampie e dirette con i bacini più interni, ma trova la sua strada in una serie di fessurazioni piuttosto strette. Il suo livello non subisce infatti che lievi variazioni in periodi di piena, e solo in casi eccezionali l'acqua esce torbida. Una ulteriore conferma a quanto sopra è data dalla galleria romana sovrastante la sorgente. Il cunicolo, scavato nella viva roccia per la lunghezza di una ventina di metri, favoriva un tempo l'uscita delle acque della sorgente, quando il livello di questa era di oltre un metro più alto dell'attuale. Detta galleria, scavata in corrispondenza di uno strato calcareo più compatto di quelli circostanti, non presenta in tutta la sua lunghezza tracce di cunicoli naturali o di ampie spaccature.

Per concludere, possiamo così descrivere il percorso delle acque: i torrenti, catturati dagli inghiottitoi di Beca Occisla, percorrono il tratto esplorabile di questi, per poi proseguire la loro strada per gallerie di tipo gravitazionale e fessurazioni impraticabili all'uomo. Tali acque vanno ad alimentare i bacini interni del massiccio calcareo, posti a livello delle tamponature di base, per lo più costituite da terreni marnoso-arenacei e alluvionali. Contemporaneamente, l'acqua meteorica caduta sul massiccio calcareo viene assorbita dalle fessurazioni naturali esistenti, e scende per gravità, unendosi alle acque di origine torrentizia. Il reticolo idrografico sotterraneo si sviluppa, a livello delle acque di base, in una serie di canalizzazioni e fessurazioni ad andamento prevalentemente orizzontale, le prime più evidenti sopra il livello medio, dove le fluttuazioni delle masse d'acqua sono più accentuate e localizzate, le seconde più estese al di sotto di detto livello, dove si ha una fluttuazione più vasta e più lenta di tutta la massa d'acqua.

L'Antro di Bagnoli viene perciò ad essere uno sbocco di troppo pieno dei bacini interni, mentre la sorgente perenne è in diretta comunicazione con le parti più basse dei bacini. La stessa funzione è svolta, ed in forma ancor più ampia, nel settore di Ospio del medesimo massiccio calcareo, dalla «Grotta di Ospio» (n. 68 V. G.), che, in periodi di piena, viene, nella sua parte più interna, completamente invasa dalle acque, le quali, superando un dislivello di quaranta metri, traboccano all'esterno dal grande cavernone, mentre la sorgente, posta alla base della conoide sotto l'ingresso della grotta stessa, ha carattere perenne.

B I B L I O G R A F I A

- ALPI GIULIE, V. N.ri 3, 4, 5, 6, 1900.  
 ALPI GIULIE, VI, N.ri 1, 2, 1901.  
 BATTAGLIA R. — *L'età dei più antichi depositi di riempimento delle caverne*. Atti del I. Congresso Speleologico Nazionale, Trieste, 1933.  
 BERTARELLI L. V., BOEGAN E. — *Duemila Grotte*, T.C.I., Milano, 1926.  
 BLASIG F. — *Appunti di geologia locale, Alpi Giulie*, XXIII, 1921.  
 BOEGAN E. — *Le Grotte dell'Altipiano di San Servolo*, Alpi Giulie, V, 1901.  
 BOEGAN E. — *Il Timavo - Studio dell'idrografia carsica subaerea e sotterranea*, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, Trieste, 1938.  
 CHERSI C. — *Itinerari del Carso Triestino*. Trieste, 1956.  
 CUMIN G. — *La Valle della Rosandra presso Trieste*. Bollettino della Reale Società Geografica, Serie V, Vol. 12<sup>o</sup>, Fasc. 9-12. Roma, 1923.  
 D'AMBROSI C. — *Carta Geologica delle Tre Venezie*. Trieste, F<sup>o</sup> 53 A. Firenze, 1953.  
 D'AMBROSI C. — *Note illustrative della Carta Geologica delle Tre Venezie*, Foglio «Trieste». Padova, 1955.  
 D'AMBROSI C. — *Cenni sulle falde acquifere di Zaule in rapporto con lo sviluppo della Zona Industriale di Trieste*, Atti del Museo Civico di Storia Naturale, Vol. XXI, Fasc. 5, Trieste, 1958-1959.  
 D'AMBROSI C. — *Le acque del Carso ed il problema del rifornimento idrico della Città di Trieste e della sua Zona Industriale*, Tecnica Italiana, Anno XXVII, n. 2, marzo 1962, Trieste.  
 FORTI F., TOMMASINI T. — *Strumentazione della Grotta Sperimentale «Costantino Doria»*. Alpi Giulie, 54<sup>o</sup>, 1957.  
 GORTANI M. — *Compendio di Geologia*, Vol. II, Geodinamica Esterna (Geologia Esogena), Udine, 1948.  
 KREBS N. — *Morfogenetische Skizzen aus Istrien*. Nota 1 e 3 (34<sup>o</sup> Jahresbericht der Deutschen Staatsallerrealschule in Triest), Trieste, 1904.  
 MARUSSI A. — *Ipotesi sullo sviluppo del Carsismo* (Osservazioni sul Carso Triestino e sull'Istria), Giornale di Geologia, Serie II, Vol. XV, Bologna, 1941.  
 MARUSSI A. — *Il Paleotimavo e l'antica idrografia subaerea del Carso Triestino*, Boll. Soc. Adriatica di Scienze Naturali di Trieste, Vol. XXXVIII, Udine, 1941.  
 MAUCCI W. — *L'ipotesi dell'«Erosione Inversa» come contributo allo studio della Speleologia*, Boll. Soc. Adriatica di Scienze Naturali di Trieste, Vol. XLVI, Trieste, 1951-1952.  
 MAUCCI W. — *Inghiottitoi fossili e paleoidrografia epigea del Solco di Aurisina* (Carso Triestino), Premier Congrès International de Spéléologie, Paris, 1953.  
 MAUCCI W. — *Il fenomeno della retroversione e della morfogenesi degli inghiottitoi*, Atti del VII Congresso Nazionale di Speleologia — Memoria III, Como, 1956.  
 MOSER K. — *Der Karst und seine Höhlen*, Trieste, 1896.  
 MOSETTI F. — *Risorse idriche della Zona del Porto Industriale di Trieste*, Tecnica Italiana, Anno XXVII, n. 1, Gennaio-Febbraio 1962. Trieste.  
 NOBILI P. — *L'acquedotto Romano della Val Rosandra*, (Archeografo Triestino), vol. 1, f. 3<sup>o</sup>.  
 PAOLINA G. — *Alcune notizie sulla Val Rosandra*, (Alpi Giulie), VI, n. 2, Trieste, 1901.  
 POLLI S. — *Meteorologia ipogea nella Grotta Gigante presso Trieste*. Atti del I Congr. Intern. di Speleologia. Parigi, 1953. Vol. II, Sez. 2. Pure in: Alpi Giulie, Trieste, Vol. 52 (1953).  
 POLLI S. — *Sulle misure di meteorologia ipogea*. Atti del VI Congr. Naz. di Speleologia. Trieste, 30 ago. - 2 sett. 1954.  
 POLLI S. — *Cinque anni di meteorologia ipogea nella Grotta Gigante presso Trieste*. Atti dell'VIII Congr. Naz. di Speleologia, Como, sett. 1956. Mem. IV, Tomo II, Como, 1958.  
 POLLI S. — *Stazione di meteorologia ipogea nella Grotta «C. Doria»*, (N. 3875 V.G.). Atti dell'VIII Congr. Naz. di Speleologia, Como, sett. 1956. Mem IV, Tomo II, Como, 1958.  
 POLLI S. — *Meteorologia ipogea nella Grotta Sperimentale «C. Doria» del Carso di Trieste*. Atti del II Congr. Intern. di Speleologia, Bari, 1-8 ott. 1958.  
 POLLI S. — *Tre anni di meteorologia ipogea nella Grotta Sperimentale «C. Doria» del Carso di Trieste*. Atti e Memorie della Commissione Grotte «Eugenio Boegan» — Supplemento di «Alpi Giulie», anno 1961, Trieste, 1962.  
 RIECKOFF H. — *La Grotta di Ospò e quelle dell'Altipiano di San Servolo*, Le Grotte d'Italia, VII, n. 2, Trieste, 1933.  
 SACCO F. — *Schema di Carta Geologica della Venezia Giulia - Zona Meridionale* (Istria), I.G.M., 1923.  
 SACCO F. — *Schema Geologico dell'Istria*, L'Universo, 1924.  
 SOCIETA' ALPINA DELLE GIULIE — *Guida dei dintorni di Trieste*, 1909.  
 TIMEUS G. — *Nei misteri del mondo sotterraneo*. Risultati delle ricerche idrologiche sul Timavo, 1895-1914, 1918-1927, Alpi Giulie, XXIX, n. 1, 1928.

