

Giulio Nebomas

GIOVANNI BATTISTA TRENER

SCRITTI GEOGRAFICI E GEOLOGICI

*Memorie scientifiche raccolte e ristampate a cura dei Professori
A. Bianchi, G. B. Dal Piaz, G. Morandini dell'Università di Padova
e G. Dalla Fior, M. Ferrari, V. Marchesoni, L. Tomasi del Museo
di Storia Naturale della Venezia Tridentina.*

VOLUME II

A. XXXIV - STUDI TARENTINI DI SCIENZE NATURALI - 2.1957
MUSEO DI STORIA NATURALE DELLA VENEZIA TRIDENTINA
Via Rosmini, 31
Trento, 1957

L'Acquedotto della Città di Trento

(«L'Acquedotto della Città di Trento», Parte II: Studio geologico, pagg. 19-42, fig. 17, tav. 9. Editò dal Municipio di Trento. Trento, 1926).

STUDIO GEOLOGICO

I. - *Cenni geologici sui dintorni di Trento in rapporto alle sorgenti*

La città di Trento, pur situata nel mezzo di una magnifica chiostro di monti, coronati di vette che s'ergono oltre i duemila metri, non è tuttavia ricca di sorgenti.

Questa relativa povertà non dipende dalla costituzione litologica e stratigrafica delle montagne, ma dalla tettonica.

Stratigraficamente anzi la situazione sarebbe oltre modo favorevole giacchè, in generale, abbiamo delle pile poderose di strati permeabili e semipermeabili che posano su zoccoli di assise impermeabili. Appartengono ai primi: i calcari nummolitici dell'eocene superiore, le marne del cretaceo superiore (scaglia rossa) ed inferiore (biancone), i calcari del giurese e le dolomie del trias dei piani norico e ladinico.

Come impermeabili si devono classificare, grosso modo, le marne dell'eocene inferiore coi loro tufi a *Rynchonella polymorpha*, le marne ed i tufi del piano carnico (strati di Raibl), le marne del piano ladinico e di quello anisico (calcare conchigliaceo), le marne del Werfeniano, le arenarie ad intercalazioni marnose del permo carbonifero ed in fine le filladi quarzifere.

Molti dei piani triasici hanno limitata estensione oppure si presentano per la massima parte a facies dolomitica, così che, in pratica, noi possiamo, semplificando, ritenere che la cerchia dei monti di Trento è formata, come si disse, da una enorme pila di calcari e dolomiti permeabili che posano sulle marne impermeabili del Trias inferiore.

Si avrebbe dunque dal punto di vista idrologico una costituzione ideale, perchè calcari e dolomiti permeabili e semipermeabili dovrebbero formare una enorme spugna che assorbe le acque piovane e le trattiene temporaneamente per lasciarle poi gocciolare adagio adagio, sul piano degli strati impermeabili che le convogliano alla superficie.

Data questa composizione stratigrafica, la conca di Trento, col suo bacino di 800 km², dovrebbe pullulare di sorgenti, ove concorresse una situazione tettonica favorevole. Ma questo concorso manca quasi completamente.

Per creare le sorgenti non basta infatti che esistano le montagne di strati permeabili posati su base impermeabile, ma sarebbe altresì necessario che questa base fosse inclinata in modo da fare spiovente verso la città.

Ora, nel caso di Trento, succede per quasi tutto il bacino, proprio l'opposto. Tutti gli strati del Bondone, del Gazza Paganella sono infatti inclinati anzichè verso Trento verso N.W. Ma anche sulla sinistra dell'Adige la Vigolana (Becco di Filadonna) ha gli strati che non pendono verso Trento, mentre il piccolo gruppo Calisio-Celva, per la sua complicata struttura di sinclinale affondata fra due grandi faglie, non è pur esso tettonicamente favorevole. Soltanto la Marzola, coi suoi 20 km² di bacino imbrifero utile, riunisce i requisiti voluti tanto dal lato stratigrafico che tettonico.

Come si vede infatti dallo *stereogramma* (vedi fig. 1) l'ossatura della montagna è formata dal trias a facies completamente dolomitica (dolomia principale a Turbo solitarius) e dolomia dello Schlern (a Diplopora annulata).

Tutto questo blocco semipermeabile posa sul trias inferiore composto di marne del piano anisico (calcare conchigliaceo) e del piano scitico (marne argillose del Werfeniano) e tutto questo complesso di strati sono disposti a piano inclinato verso Val d'Adige.

Ne consegue che tutta l'acqua raccolta dalle dolomie deve colare sul piano impermeabile e sgorgare sotto forma di numerose sorgenti che si allineano lungo la zona di contatto fra dolomie e marne.

Il bacino di raccolta di queste sorgenti è però troppo esiguo (20 km²) per dare origine a sorgenti di notevole portata complessiva.

Questa la situazione generale geologica dei dintorni di Trento rispetto alla possibilità di formazione di sorgenti; situazione che

spiega con
dell'acque
del giorno

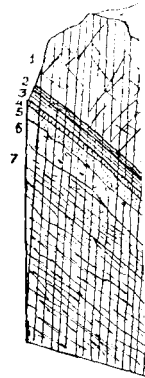


FIG. 1 - Stereogramma (s s' s''). 1) Werfeniano;

II. - Il p

Nella r
i tecnici e l
vere il pro
provocavan
tabile.

Dal pu
teguerra da

Nell'im
però ancor
di riesamin

Gli stu
(fra Mattar

Nel 19
il pungolo
relazione t

spiega come per Trento, città in continuo sviluppo, il problema dell'acquedotto comunale sia, da decenni, in permanenza all'ordine del giorno.

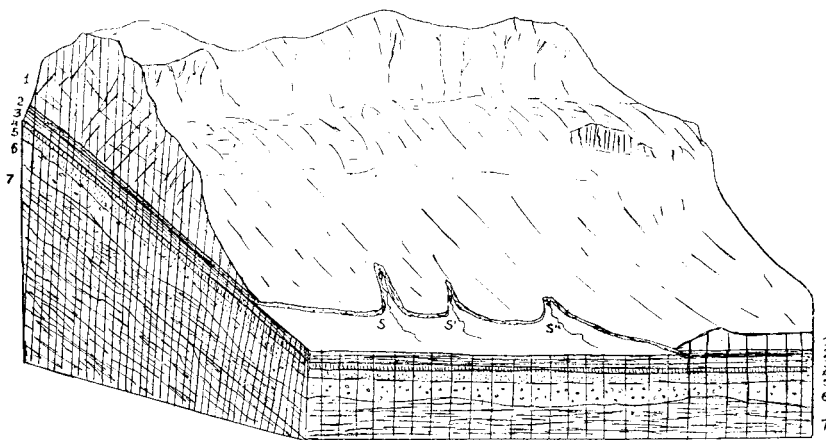


FIG. 1 - Stereogramma geologico della Marzola. La formazione delle sorgenti (s s' s''). 1) Dolomie permeabili; 2) marne anisiche; 3) marne argillose del Werfeniano; 4) calcari a Bellerophon; 5) arenarie del permiano; 6) tufi e conglomerati porfirici; 7) filladi quarzifere.

II. - Il problema dell'alimentazione dell'acquedotto di Trento

Nella relazione tecnica è detto dall'ing. Cristofolini in che modo i tecnici e le varie amministrazioni civiche abbiano cercato di risolvere il problema, mano mano che i crescenti bisogni della città provocavano qualche crisi nell'approvvigionamento dell'acqua potabile.

Dal punto di vista geologico il problema fu studiato nell'anteguerra dal prof. Blaas di Innsbruck e da M. Vacek di Vienna.

Nell'immediato anteguerra la soluzione ragionevole non s'era però ancor trovata, per cui il sottoscritto ebbe incarico dal Comune di riesaminare la questione.

Gli studi furono iniziati nel 1912 colle sorgenti dell'Acquaviva (fra Mattarello e Calliano) e troncati poi bruscamente dalla guerra.

Nel 1920 essi furono ripresi e spinti avanti alacremente sotto il pungolo delle impellenti necessità che (come è spiegato nella relazione tecnica) si sono presentate nell'immediato dopo guerra.

È necessario aggiungere qui che l'improvviso aumento della popolazione, gli sperperi ecc. non erano però le sole cause dell'aggravarsi della situazione. Un fenomeno meteorologico vi concorse infatti in egual misura. Per una di quelle oscillazioni secolari dei climi¹⁾ delle quali quasi nessun idrologo od idraulico pensa mai (ed a torto) a preoccuparsi, la piovosità della regione scese per due anni di seguito a limiti tali da ridurre di quasi la metà la quantità delle precipitazioni. D'altra parte s'ebbero contemporaneamente estati caldissime ed inverni con scarsa neve, per cui la portata delle sorgenti che allora alimentavano l'acquedotto comunale se ne risentì sensibilmente²⁾.

Questo concorso di avverse circostanze però non fu un male venuto tutto per nuocere, giacchè stimolò potentemente le ricerche geologiche, non solo, ma anche gli studi tecnici. Ne nacque così quella stretta collaborazione fra geologo, ingegnere idraulico ed amministrazione civica che non dovrebbe mai mancare nella soluzione di simili problemi.

E fu così che agli studi geologici che portarono all'elaborazione del progetto di massima poterono seguire di pari passo non solo tutti quelli di natura, più strettamente parlando, idrologica, come le serie di misurazioni di portata, di temperatura, gli esami chimici e batteriologici, ma anche l'elaborazione immediata dei progetti esecutivi e l'esecuzione dei lavori.

Nell'anteguerra, sempre in attesa d'una soluzione radicale del problema, i vari tecnici dell'amministrazione civica avevano già tentato di apportare all'acquedotto tutti quei miglioramenti che erano compatibili colle risorse del comune proporzionati ai bisogni del momento.

Si era così arrivati a sfruttare nel modo più completo (od almeno ritenuto per tale) la zona acquifera della Marzola e successivamente si era passati a raccogliere le sorgenti di Val del Fersina presso Pontalto (figura 2). Si era pure ricorso al bacino artificiale creato dalla nuova diga di trattenuta (la Madruzzo) costruita a Pontalto, ma senza tuttavia riuscire a dare all'approvvigionamento idrico della città quel largo margine di disponibilità che

1) Vedi G. B. TRENER, *Le oscillazioni periodiche secolari del clima nel Trentino*, « Annuario Soc. Alp. Tridentini », Vol. XXIII, Trento, 1904.

2) Vedi diagrammi della fig. 16.

permettesse di vedere con occhio tranquillo l'espansione sempre crescente della città ed il conseguente aumento del consumo d'acqua.

I rimedi escogitati riuscivano infatti a malapena a sopperire ai più urgenti bisogni, ma non a risolvere radicalmente il problema.

A quest'ultimo scopo tendevano taluni progetti grandiosi di allacciamento delle sorgenti di Bondai o di Stenico o di Sporminore, progetti che non poterono mai uscire dallo stadio d'incubazione pel semplice motivo che data la distanza delle sorgenti relativamente grande, per Trento, (una ventina di km.) vi si opponevano difficoltà finanziarie insormontabili.

Nell'immediato anteguerra quindi il problema si impostava così: trovare delle sorgenti abbondanti di un centinaio di litri o poco meno da poter allacciare senza spesa troppo grave all'attuale acquedotto o quanto meno da immetter nella nuova rete di distribuzione che (Vedi relazione tecnica pag. 14) era stata posata nel 1908.

Con questo quantitativo d'acqua si doveva: *a)* sopperire ai bisogni sempre crescenti della città pel periodo di parecchi decenni; *b)* riuscire ad eliminare parte delle sorgenti attuali riconosciute igienicamente non troppo sicure; *c)* sostituire l'acqua della serra Madruzzo che non aveva dato i risultati previsti dai suoi ideatori.

Nell'immediato dopo guerra invece, venuta a mancare in certi rioni l'acqua ai terzi piani, il problema s'impose con tale urgenza da aumentare sensibilmente la difficoltà della sua soluzione, giacchè questa doveva riuscire da un lato radicale, ma dall'altro lato di immediata efficacia.

La gravità del compito parve allora tale da dovere considerare anche il caso di abbandonare il pensiero della soluzione radicale, per pensare ad una parziale ed economica che soddisfacesse ai bisogni del momento.

Quando il sottoscritto riprese nel 1920 gli studi, la città si dibatteva infatti nel dilemma: o ridurre il consumo dell'acqua con opportuni provvedimenti o ricorrere all'esecuzione di uno dei grandi progetti già accennati, progetti che importavano la costruzione di un acquedotto di 20-30 km. con una spesa che si può valutare ad una quindicina di milioni.

Vedremo come lo studio geologico sia riuscito in realtà a risolvere il problema nel migliore e più efficace dei modi, permettendo alla città di sfuggire alle due preoccupanti branche del dilemma.

Basti intanto avervi accennato, per spiegare perchè sia stato necessario allargare il campo degli studi geologici estendendolo ad un esame generale della situazione ed a tutte le sorgenti che possono interessare da vicino o da lontano l'acquedotto di Trento.

III. - Studio geologico delle vecchie sorgenti

Le sorgenti prese in considerazione si possono dividere dal punto di vista genetico in parecchi gruppi.

a) sorgenti di tipo carsico o semicarsico, del Gruppo di Brenta, della Paganella, del Bondone e della Vigolana (Acqua Viva);

b) sorgenti create da strati impermeabili sopportanti rocce permeabili, come quelle già ricordate della Marzola;

c) sorgenti di falda freatica, d'alimentazione essenzialmente lacustre, di Bondai (Molveno);

d) sorgenti di falda freatica di fondo valle, del Fersina presso Ponte Alto ¹⁾.

a) Sorgenti di tipo carsico o semicarsico.

1. *Sorgenti di Stenico.* — Questo gruppo di sorgenti che sono così abbondanti da alimentare un piccolo impianto idroelettrico, sgorgano a Sud di Stenico dagli strati del retico a facies calcareo-dolomitica. Il loro bacino di raccoglimento si deve cercare nella diramazione sud orientale del Gruppo di Brenta. La loro raccolta si deve mettere in relazione col sistema di circolazione a tipo semicarsico consentito dalla natura calcareo-dolomitica del retico di questa regione.

Dico semicarsica perchè la purezza del calcare, mentre non è tale da permettere una facile erosione e un vasto allargamento delle diaclasi e faglie, è tuttavia sufficiente alla creazione di canali di circolazione, come se ne può vedere un magnifico esempio sulla strada per Tione poco a monte del ponte di Pià nel burrone della *Scalotta*.

¹⁾ Per l'ubicazione di queste sorgenti vedi la carta corografica al 200.000, fig. 2, pag. 5 della relazione tecnica.

2.
delle M
ad ovest
la gamb
sgorga l
di Mont
alta mor
sto mod
o ridotto

Di r
sime del

3.
ch'essa u
di Stenico

4. S
all'Adige
è sufficien
Essa sgorg
che fend

5. S
temporan
rete dolo
Lavis, a
gente, che
spesso si p
senza emi
presso il

6. S
sico e son
Lago di T
verso le e
via a ritr
dono la d

¹⁾ Ved
carsici, in «

2. *Sorgenti delle Moline.* — Di tipo analogo sono le sorgenti delle Moline che sgorgano dalla viva roccia dal fianco del monte ad ovest del gruppo di mulini. Qui gli strati del retico presentano la gamba d'un'anticlinale molto ripida. Fra uno strato e l'altro sgorga la grossa polla che è evidentemente alimentata dal pianoro di Monte Prade e particolarmente dallo sciogliersi delle nevi di alta montagna. D'inverno infatti, quando il gelo ne impedisce questo modo d'alimentazione, le sorgenti sono spesso affatto asciutte o ridotte ad un filo d'acqua.

Di natura tutta diversa sono, come vedremo, le sorgenti vicinissime del Bondai, che perciò non si devono confondere colle prime.

3. *Sorgenti di Sporminore.* — Sorgente della « Santa ». E' anch'essa una sorgente di grossa portata dello stesso tipo di quella di Stenico e proveniente come quest'ultima dai calcari retici.

4. *Sorgenti di Zambana (Ai Molini).* — A S.-W. di Zambana all'Adige presso q. 471 sgorga una sorgente che in tempi di morbida è sufficiente a muovere dei molini; ma in magra quasi si prosciuga. Essa sgorga in dipendenza di un gruppo di quel sistema di diaclasi che fende dall'alto al basso la massa dolomitica della Paganella.

5. *Sorgente di Lago La Mar.* — Dò questo nome alla sorgente temporanea che sgorga, essa pure, da una diaclase fendente la parete dolomitica che strapiomba in Val d'Adige di fronte (W.) a Lavis, a sud del confine comunale Zambana-Terlago. Questa sorgente, che forma in tempi di morbida un ruscello spumeggiante e spesso si prosciuga, deve evidentemente essere in relazione coi laghi senza emissario Santo e della Mar e forse colla caverna che s'apre presso il secondo di questi.

6. *Sorgenti dell'Ischia Podetti.* — Anch'esse sono di tipo carsico e sono nient'altro che lo sbocco dell'emissario sotterraneo del Lago di Terlago ¹⁾ distante ca. 4 km. L'emissario s'apre la via attraverso le erosioni carsiche dei calcari puri del lias e continua la sua via a ritroso dell'Adige, seguendo il sistema di diaclasi che fendono la dolomia principale.

¹⁾ Vedi TRENER G. B. e CESARE BATTISTI, *Il lago di Terlago ed i fenomeni carsici*, in « Tridentum », rivista di stud. scient., Trento, 1898, fasc. I.

7-8. *Sorgenti di Vezzano e Calavino.* — Sgorgano dai calcari del lias, calcari che per la loro purezza presentano frequenti erosioni e fenomeni carsici.

9. *Sorgenti di Acquaviva.* — Sgorgano in diverse polle ai margini di quel piccolo conoide di deiezione sul lembo del quale sorge la villa Fogazzaro (Acquaviva). Due sorgenti temporanee si notano più a monte, all'apice del piccolo conoide.

Le polle sono evidentemente tutte risorgenti d'una grossa vena che scaturisce sotto i detriti di falda, dal sistema di diaclasi che taglia la parete dolomitica della Vigolana (Becco della Ceriola) ed è alimentata dal pianoro a tipo carsico che si stende attorno a Malga Palazzo (1561 m.).

La sorgente dal punto d'ignota scaturigine si spande nel conoide e risorge, divisa in tante polle, al punto d'intersezione di questo colla pianura alluvionale.

(Sorgenti simili per tipo ed origine sono quelle di S. Margherita fra Mori ed Ala e l'altra a sud di Ala detta Acqua Sacra ed una terza fra Grigno e Tezze di Valsugana ed altre in Val d'Adige.

b) *Sorgenti create da strati impermeabili sottoposti ad altri permeabili*

Su questo tipo di sorgenti che è, si può dire, il tipo classico delle sorgenti primitive d'origine vadosa, s'è già detto nell'introduzione generale (Vedi pag. 345) ove se n'è illustrata la genesi col'aiuto di uno stereogramma. Appartengono a questo gruppo tutte le sorgenti che sgorgano ai piedi della Marzola da Valsorda a S. Rocco, Villazzano e Povo.

Molte di queste sono catturate da tempi antichissimi per uso dei villaggi e delle ville signorili che sorgono numerose su quelle amene pendici.

Trascurando queste ricorderò solo quelle dell'acquedotto comunale che sono le più copiose. Per la loro ubicazione vedi fig. 1 della relazione tecnica.

10. *Sorgenti delle Valdacole.* — Sgorgano in un prato che si stende ai piedi d'un affioramento di calcare conchigliaceo (piano anisico, strati a *Dadoerinus gracilis*).

Non
in semp
attuale
gano da
che stra
oppure
Neppure
quale p.
triti di :

11.

12.

apparter
citura. s
terreno t

13.

due cana
sgorgano

Lo s
quel tufo
delle are
sito fluvio
l'esistenz.

E' p
precipitaz
parte ma
Marzola.
questa ch
quest'acq

c) *Sorgen*

14-15

è stato f
d'un eno
teriale di
qua del
alla supe

Non essendo i cunicoli di presa accessibili perchè consistenti in semplici ed angusti fossati coperti, non è possibile allo stato attuale farsi un'idea esatta delle condizioni in cui le sorgenti sgorgano dal monte e cioè se l'acqua sia costretta a scaturire da qualche strato marnoso del piano anisico che affiora un po' più a valle, oppure dai primi strati delle marne del Werfeniano, sottoposto. Neppure è possibile, senza eseguire qualche scavo, rendersi conto quale parte prendano alla formazione delle sorgenti i potenti detriti di falda che si stendono a monte di esse.

11. *Sorgenti delle Nole.*

12. *Sorgenti delle Sette Fontane.* — Devono considerarsi come appartenenti allo stesso gruppo delle Valdacole. I rapporti di giacitura, sono ancor più difficili a studiarsi nei dettagli giacchè il terreno tutt'attorno è coltivato.

13. *Sorgenti del Fol.* — Le due gallerie, o per meglio dire, i due canali coperti del Fol riuniscono una quantità di polle che sgorgano ai piedi d'un deposito degli alti terrazzi dell'Adige.

Lo strato impermeabile che provoca lo sgorgo delle polle è quel tufo a conglomerati che nei dintorni di Trento forma la base delle arenarie permio-carbonifere. L'estensione e la massa del deposito fluvio glaciale non è però tale, a quanto sembra, da giustificare l'esistenza d'una sì grossa sorgente.

E' probabile perciò che solo una parte di essa sia frutto delle precipitazioni raccolte dalle sabbie e ghiaie del terrazzo e che la parte maggiore abbia la stessa provenienza delle altre sorgenti della Marzola, cioè provenga dalle rocce permeabili del monte, ipotesi questa che trova appoggio nello straordinario grado di durezza di quest'acqua (Vedi pag. 105).

c) *Sorgenti di falda freatica d'alimentazione lacustre.*

14-15. *Sorgenti di Bondai e Nembia.* — Il lago di Molveno è stato formato dallo sbarramento d'un tronco di valle da parte d'un enorme frana caduta dalle falde del Gruppo di Brenta. Il materiale di frana essendo largamente permeabile, lascia sfuggire l'acqua del lago il quale, solo in tempi di morbida riesce a traboccare alla superficie dando origine ad un corso d'acqua.

Quest'emissario superficiale ha però vita breve perchè è assorbito dopo un centinaio di metri o poco più dai materiali incoerenti delle frane.

Tutta quest'acqua che sfugge dal lago forma una falda d'acqua freatica che risorge a valle, all'orlo dell'unghia della frana.

Le copiose resorgive formano riunite un grosso torrente il quale ha eroso la frana per lungo tratto, scavandovi un solco profondo lungo il quale sgorgano allineate le diverse polle.

Appartenente allo stesso sistema di resorgive si deve ritenere sia la grossa polla che scaturisce presso il lago di Nembia ove comincia un antico solco vallivo della frana.

d) *Sorgenti di falda freatica di fondo valle*

Assai più interessante del precedente dal punto di vista della genesi delle sorgenti è il gruppo di sorgenti del Fersina presso Ponte Alto (Vedasi la carta geologica fig. 3, nonchè il piano di situazione della fig. 2).

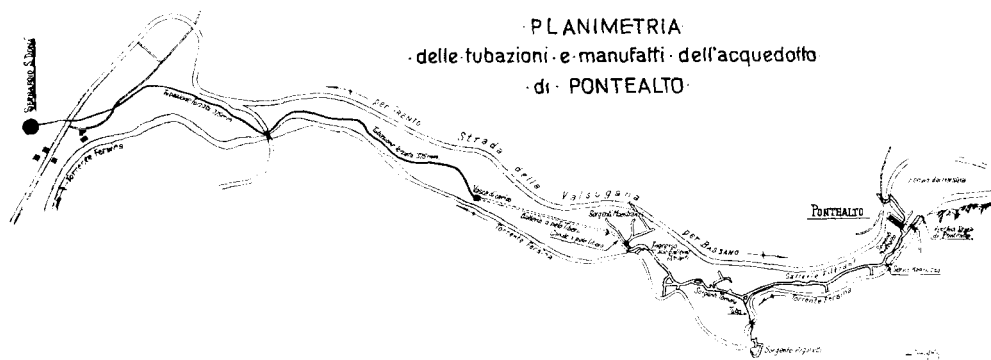
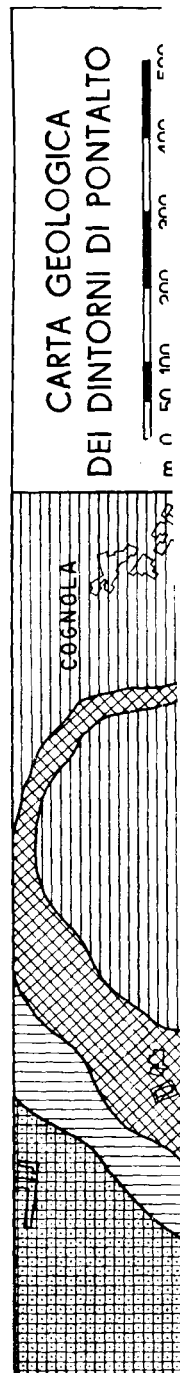


FIG. 2

Il gruppo del Fersina si può suddividere in due sottogruppi:

16-17. *Le sorgenti Maestranzi e le sorgenti Tomasi.* — Sgorgano le prime da un deposito alluvionale composto di ciottoli di media grossezza e formato da rocce quasi esclusivamente porfiriche come sono le ghiaie del Fersina.

Esse sono raccolte a mezzo di cunicoli che non sono, per la massima parte, altro che scavi in trincea ricoperti. Questi cunicoli



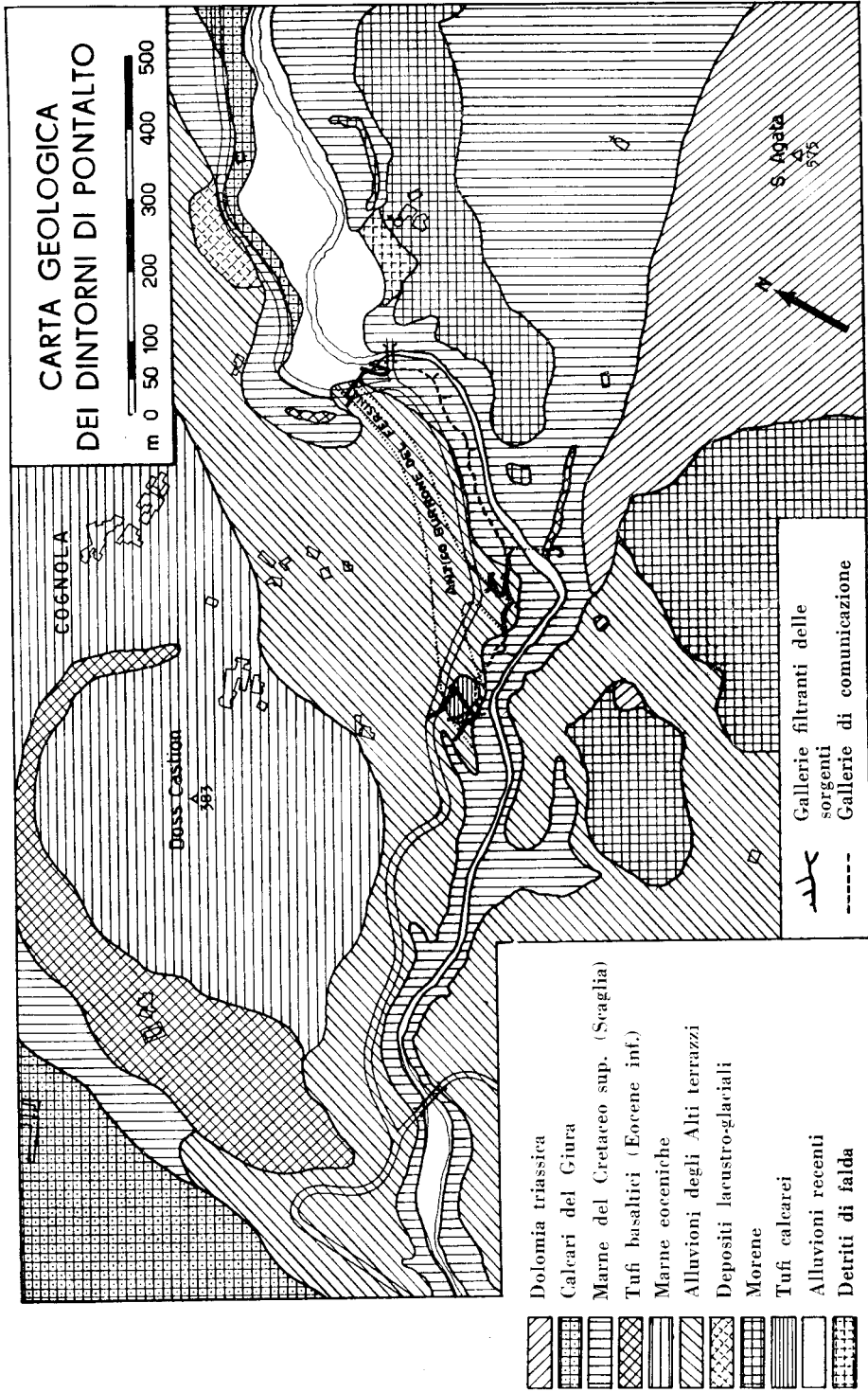


Fig. 3

sono piani pel primo tratto e salgono poi rapidamente, dovendo seguire il ripido declivio del terreno.

Il secondo gruppo invece, viene raccolto a mezzo di gallerie filtranti che sono scavate nella marna calcarea del cretaceo superiore (scaglia) e che raccolgono una quantità di stillicidi e di polle che sgorgano dalle diaclasi della roccia.

I due gruppi hanno dunque in apparenza un'origine tutta diversa. Vedremo invece che dallo studio geologico risulterà un'origine comune nel senso d'una dipendenza d'ambidue da una falda freatica unica.

Il torrente Fersina da Ponte Alto a Trento ha scavato il suo profondo e pittoresco burrone negli strati relativamente teneri della scaglia; soltanto al principio della gola e precisamente alla serra di Ponte Alto l'erosione è stata abbastanza profonda da raggiungere gli strati calcarei sottoposti del giurese superiore (titoniano e kimmeridgiano). Il profilo di questo tronco del Fersina non ha ancor raggiunto il suo equilibrio il che spiega perchè nel tratto superiore del burrone esso stia ancor erodendo la roccia in posto e solo più a valle, dopo un centinaio o due di metri sia in grado di depositare sul fondo un leggero strato di ghiaie.

Sul fianco destro del burrone, nelle vicinanze di Ponte Alto la scaglia è ricoperta da un potente deposito alluvionale, composto di ghiaie grossolane, per qualche tratto cementate a guisa di conglomerato. La loro composizione petrografica tradisce subito la loro origine: esse sono infatti composte quasi esclusivamente di ciottoli porfirici e non possono perciò provenire altro che dal bacino del Fersina e per la loro posizione devono appartenere al sistema degli alti terrazzi.

Apparentemente queste alluvioni formano un grosso strato di qualche decina di metri di spessore che si posa a guisa di coltre regolare sulla scaglia del pianoro di Cognola.

Un'attento esame rivela invece che taluni lembi di queste antiche ghiaie riempiono avvallamenti pur essi antichi e scendono talora molto in basso verso il fondo del burrone attuale.

In particolare osservando Ponte Alto da un punto a monte della serra (Vedi fot. fig. 4) si può notare come la roccia in posto finisca dopo la casa presso il ponte (birreria di Ponte Alto) e non ricominci altro che al di là della villa Mazzurana (Vedi carta fig. 3) che si profila sul cielo nella fotografia.

Ora,
fare a v
tura fra
non è d



FIG. 4 - La
rone di Pon
Alto ed in
presa della
la strada l'
e le due ca
di riserva
alluvioni e
druzza ed
Ma

Ora, combinando quest'osservazione con altre che si possono fare a valle di Ponte Alto sull'andamento ed i rapporti di giacitura fra alluvioni e roccia in posto (Vedi carta geologica fig. 3), non è difficile per l'occhio esercitato del geologo concludere che



FIG. 4 - La valle del Fersina immediatamente a monte dell'imbocco del burrone di Ponte Alto. — A sinistra: in alto il terrazzo glaciale; a metà il Ponte Alto ed in basso la corona della diga (Serra di Ponte Alto) colle opere di presa della centrale. — Verso il centro: la birreria alla Grande Cascata; sotto la strada l'affioramento della roccia in posto (scaglia) con una diaclasi aperta e le due casette della presa. — Proprio nel centro: in primo piano il bacino di riserva (vuoto) dell'impianto idroelettrico. L'antico burrone riempito di alluvioni corrisponde alla striscia sotto il boschetto di abeti della villa Madruzzo ed il fondo del bacino. — A destra: in alto la villa Madruzzo (Oss. Mazzurana della carta geologica) ed il terrazzo alluvionale.

un secondo burrone s'apre a destra del Ponte Alto (cioè a W.), corre per un duecento metri quasi parallelo alla forra percorsa attualmente dal torrente Fersina e che questa biforcazione finisce col riunirsi col burrone attuale, sboccando in questo press'a poco nei pressi delle sorgenti Maestranzi (fig. 5).

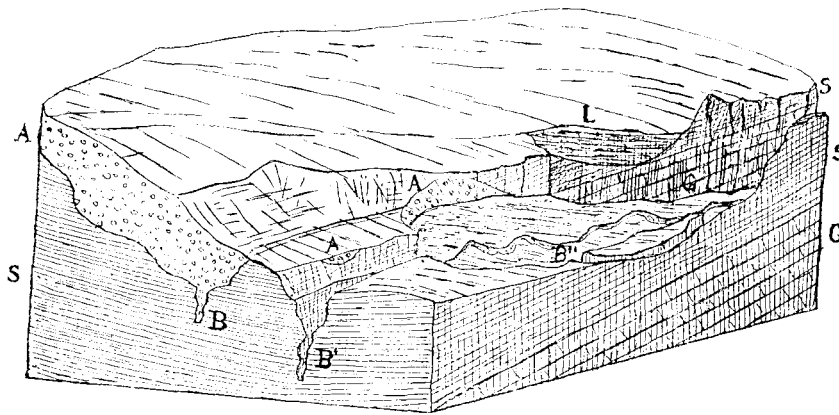


FIG. 5 - Stereogramma dei burroni del Fersina. A) alluvioni degli alti terrazzi; L) deposito lacustro-glaciale; S) marne della scaglia (cretaceo); G) calcari del giura superiore.

L'esistenza di questo burrone antico è stata anche confermata nei lavori di costruzione della galleria dell'impianto elettrico che deriva l'acqua del Fersina da Ponte Alto al serbatoio di S. Donà. Come si vede dall'annessa fig. 6, la galleria, che di fianco alla

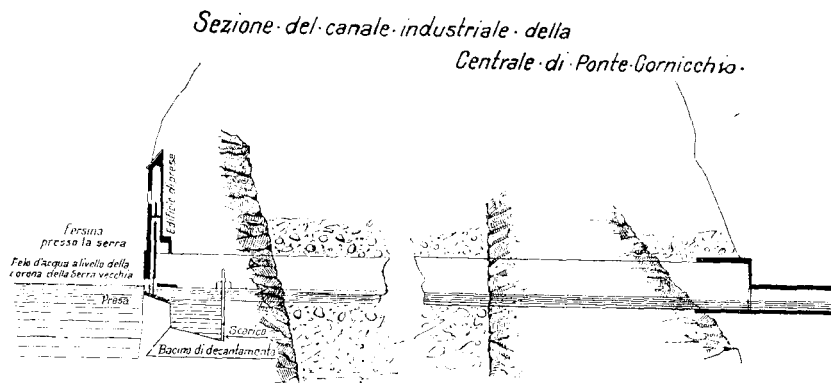


FIG. 6

serra c
improv
cement
445 m.
No
altro c
l'antic
del Fe
trazion
alluvio
Ma
corrent
Se
genti in

FIG. 7 - a

Per
scaglia
rone ric
sina da
glia) de
lerie fil
l'antico
Pri
le sorge
sotto da
Colle g
raccolte

serra entra subito in roccia (scaglia), dopo soli 40 metri ne esce improvvisamente e sbocca nell'antico burrone riempito di ghiaie cementate a conglomerato. Essa attraversa le antiche alluvioni per 445 m. e rientra cioè in roccia solo a valle delle sorgenti Maestranzi.

Non v'ha dubbio pertanto che le sorgenti Maestranzi non sono altro che le risorgenti della falda d'acqua freatica che percorre l'antico corso del Fersina e che questa falda è alimentata da quella del Fersina stesso oltre che (in parte minore) dalle acque d'infiltrazione che vengono trattenute dalla massa non indifferente delle alluvioni.

Ma anche le sorgenti Tomasi sono alimentate da questa stessa corrente d'acqua freatica.

Se si traccia infatti un profilo trasversale nei pressi delle sorgenti in parola esso riesce quale lo mostra la fig. seguente (fig. 7).

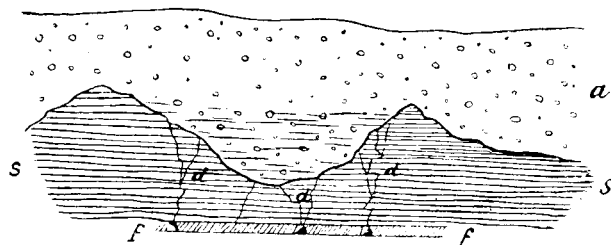


FIG. 7 - a) alluvioni; s) scaglia; f) gallerie filtranti; d)d)d) sistema di diaclasi.

Per cui è chiaro che le varie polle sgorganti dalle faglie della scaglia sono nutrite dalla falda acquifera del contiguo antico burrone riempito dalle alluvioni e separato dal letto attuale del Fersina da un diaframma relativamente esile di roccia in posto (scaglia) della quale riesce evidente il rapporto fra le sorgenti, le gallerie filtranti e la falda acquifera di uno dei rami di sbocco dell'antico burrone.

Prima che venissero scavate le gallerie filtranti nella scaglia le sorgenti sgorgavano parte al contatto fra alluvioni e parte poco sotto dalle diaclasi numerose che in quel punto presenta la scaglia. Colle gallerie filtranti tutte le diaclasi furono tagliate e le polle raccolte. (Vedi fot. fig. 8 e 9).

TAV. III

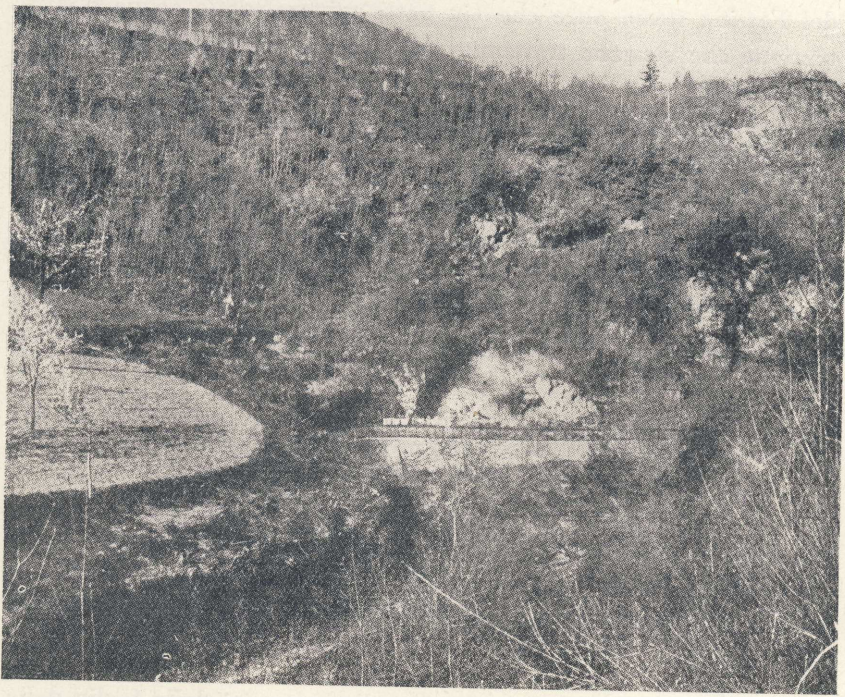


FIG. 8 - Zona di raccolta delle sorgenti Maestranzi. Le trincee di raccolta sono scavate nel ripiano a sinistra. L'affioramento di roccia chiara nel centro sopra il canale è formato dai tufi calcarei (vedi carta geologica, fig. 3). Sopra lo stradone a destra si vedono le alluvioni degli alti terrazzi.



FIG. 9 -
In alto a
porta all
spondenz
mento, li



FIG. 9 - Punto di raccolta delle sorgenti Tomasi visto dalla sinistra del Fersina. In alto a sinistra il terrazzo alluvionale; più sotto lo stradone di Pergine che porta alla Birreria della Grande Cascata di Ponte Alto. Nel centro in corrispondenza della striscia di bosco ceduo, le alluvioni riempiono un avvallamento, limitato a sinistra ed a destra dalla roccia in posto della scaglia del cretaceo.

IV. - Ricerche per la soluzione del problema

Create cogli studi geologici (che furono nel precedente capitolo riassunti sommariamente) le basi necessarie, si passò a ricercare la soluzione dell'arduo problema quale fu enunciato a pag. 345.

Divenne anzitutto evidente che un certo gruppo di sorgenti erano senz'altro da eliminare per le ragioni essenzialmente idrologiche che ora verrò enumerando singolarmente.

Sorgenti d'Acquaviva. — Su questo gruppo di sorgenti che si presentano copiose e non troppo lontane, l'ufficio tecnico del Comune aveva nell'anteguerra riposto le più belle speranze. Per utilizzarle convenientemente esso riteneva però necessario che lo scrivente desse assicurazioni sulla possibilità di catturarle ad una quota più alta dell'attuale punto di scaturigine, di almeno una cinquantina di metri.

Data la natura delle sorgenti (Vedi pag. 350) questa possibilità esiste infatti certamente (almeno in teoria); ma in pratica la ricerca del punto di scaturigine dalla roccia viva presenta difficoltà notevoli e un'alea non indifferente, giacchè questo punto è completamente nascosto dal conoide di deiezione (fig. 10).

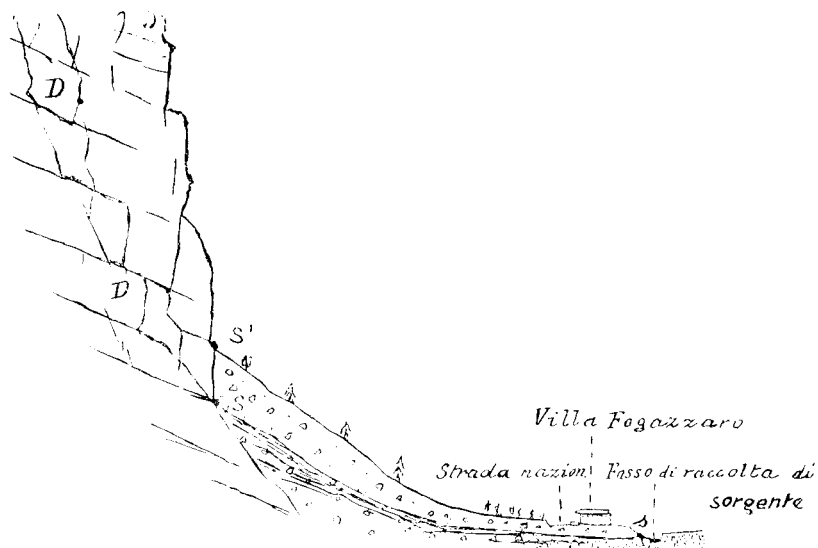


FIG. 10 - Profilo schematico delle sorgenti di Acquaviva. DD) sistema di diaclasi nella dolomia a grossi banchi; S') sorgente temporanea all'apice del conoide; s) polla delle resorgive.

No
prelim
minare

La
analog
che in
l'acqua
ghe con

Tu
riuscita
esistere
care la
decina

Si
a parte
porta c
eseguire
purezza

Qu
è costru

calazion
una ma

pericol
vana, i
inferior
da esel
anche v
necessa
di catt
sufficent

Da
passava

Ne
comples
di ques
gette ac
sario ri
di contr

I r
e misur

Non si potrebbe perciò far a meno di costosi e difficili lavori preliminari, come gallerie, pozzi e sondaggi d'assaggio per determinare l'andamento della falda freatica nel conoide.

La difficoltà di questi lavori, come mi risulta dalle ricerche analoghe fatte a S. Margherita presso Ala, è determinata dal fatto che in conoidi simili non si forma una falda d'acqua continua, ma l'acqua si suddivide e si fraziona in varie correnti più o meno larghe con andamenti capricciosi ed incerti e perciò difficili da seguire.

Tutto questo si potrebbe tuttavia fare e con sicurezza di finale riuscita, qualora ci fosse la convenienza economica, convenienza che esisterebbe solo se la portata delle sorgenti fosse tale da giustificare la forte spesa di cattura e quella d'una condotta di una decina di chilometri.

Si avrebbe ben potuto ricorrere al sollevamento meccanico, ma a parte le incertezze e la spesa che l'esercizio d'un simile impianto porta con sé, è da rilevare che sarebbe stato tuttavia necessario eseguire importanti lavori di cattura allo scopo di garantire la purezza dell'acqua.

Questa necessità deriva dal fatto che il conoide di deiezione è costruito con ghiaie dolomitiche grossolane prive o quasi di intercalazioni di sabbia e d'argilla, di guisa che esso non costituisce una massa filtrante tale da preservare la falda d'acqua freatica dal pericolo di inquinamento prodotto dalle infiltrazioni d'acqua piovana, inquinamento che è particolarmente da temersi nella parte inferiore del conoide, coltivata a vigneti, ma che non è neppure da escludere nella parte alta a coltura boschiva. Di conseguenza anche volendo ricorrere ad un impianto di sollevamento, sarebbe necessario tuttavia raccogliere l'acqua mediante gallerie, allo scopo di catturare le sorgenti ad una profondità tale da garantire una sufficiente protezione da parte del terreno sovrastante.

Date queste premesse è evidente che il problema della portata passava in prima linea.

Nel 1913, quando s'iniziarono gli studi, le sorgenti misuravano complessivamente 200 l⁷. E' noto però come le sorgenti del tipo di queste, cioè le sorgenti di diaclasi e semicarsiche vadano soggette ad oscillazioni di portata fortissime. Credetti pertanto necessario richiedere un periodo d'osservazione piuttosto lungo a scopo di controllo della portata.

I risultati sono stati tali da giustificare queste prudenti riserve e misure, perchè, come si desume dalla tabella a pag. 7 della rela-

zione tecnica, la portata scese il 29 genn. 1914 a 35 l" vale a dire ad una quantità assolutamente insufficiente per giustificare le forti spese di assaggio, cattura e conduttura. Il progetto fu quindi abbandonato come quello che non portava ad una soluzione radicale del problema.

Sorgenti dell'Ischia Podetti. — Come s'è visto a pag. 349 il problema per la cattura di queste sorgenti si presenta analogo a quelle dell'Acquaviva perchè anche qui si tratterebbe se mai non di catturare le singole polle che attualmente sgorgano ai piedi dei detriti di falda a livello dell'Adige, ma la grossa o le grosse sorgenti al loro punto di scaturigine dalla parete rocciosa.

Le difficoltà di questa delicata operazione di cattura si presenterebbero certamente minori qui che non all'Acquaviva perchè la distanza fra l'unghia della falda di detriti ove sgorgano le polle ed il piede della roccia è assai minore.

Tuttavia non credo di poter consigliare l'utilizzazione di questa sorgente a cagione della loro temperatura elevata e della poca garanzia di purezza che presentano.

Come fu provato nello studio sopra citato ¹⁾ le sorgenti d'Ischia non sono altro che l'emissario sotterraneo del lago di Terlago, piccolo bacino lacustre di scarsa capacità, il quale ha nei mesi estivi una temperatura di una ventina di gradi alla superficie e di una decina sul fondo, ed è carico di microrganismi.

Ora benchè il percorso sotterraneo sia di 4-5 km. e la durata del tragitto di circa 50-60 ore, l'acqua non riesce a raffreddarsi che a 12-13°, quando sgorga all'Ischia Podetti.

A quest'inconveniente della temperatura si avrebbe forse potuto ovviare regolando il deflusso del lago coll'apporre agli «inghiottitoi» naturali delle paratoie manovrabili e tenere con tal mezzo il lago a un livello di 10 metri superiore all'attuale. In questo caso l'emissario sotterraneo non sarebbe più alimentato dall'acqua della superficie che ha 20°, ma da quella profonda di 9-10° e di conseguenza la temperatura delle sorgenti d'Ischia avrebbe dovuto discendere a 8-9°.

Ma data la velocità della corrente sotterranea, non vi sono sufficienti garanzie per credere che l'acqua nel breve tempo in cui

¹⁾ Il lago di Terlago ecc.

resta sot
che essa

Sorg
tipicame
bassa ris
a Trento
ne ecc.,
forte per
zano l'in
d'un cen
mente a
depositi

Sorg
zazione
rapprese
lometri.

La t
di 8.5";
6.7" (11/
metri di
riore ad
potuto d
e Stenico

Sorg
visto che
prosciuga

Attu
dai, poic
del lago
sarebbe
mento de
lago d'un
guenza s
fortissima

Ma a
si deve co

¹⁾ Ve

resta sotterranea riesca a sterilizzarsi sufficientemente, tant'è vero che essa alle sorgenti ha spesso sapore sgradevole.

Sorgenti di Vezzano e Calavino. — Queste sorgenti d'origine tipicamente carsica hanno il difetto di scaturire ad una quota troppo bassa rispetto ai valichi che dovrebbero superare per esser portate a Trento. Su di esse gravano inoltre molteplici diritti d'irrigazione ecc., così che bisognerebbe che avessero una portata assai più forte perchè valesse la pena di utilizzarle. Per le sorgenti di Vezzano l'ing. Apollonio (Vedi rel. tec. a pag. 5) dà la portata di più d'un centinaio di litri che nelle massime magre si riducono certamente a meno della metà. Inoltre esse hanno dato origine a grandi depositi di tufi calcarei, indice di grande durezza.

Sorgenti di Stenico e di Sporminore (La Santa). — Per l'utilizzazione di queste sorgenti non vi sarebbe altro ostacolo che quello rappresentato dalla spesa d'un acquedotto di una trentina di chilometri.

La temperatura della sorgente della Santa era ai 22 luglio 1921 di 8.5°; quella delle sorgenti di Stenico, secondo l'Apollonio è di 6.7° (11/5'93) e poichè si conoscono acquedotti di decine di chilometri di lunghezza nei quali l'aumento di temperatura non è superiore ad 1-2°¹⁾, è certo che la scelta di questa sorgente avrebbe potuto dare a Trento un'acqua leggera (16°) e (per « la Santa » e Stenico) di grande freschezza.

Sorgenti Moline e Bondai. — Sulla sorgente delle Moline s'è visto che non si potrebbe far calcolo affatto, perchè d'inverno si prosciugano.

Attualmente non si potrebbe neppur ricorrere a quelle di Bondai, poichè essendo come s'è detto, scaturigini della falda freatica del lago di Molveno, è evidente che una derivazione di tali sorgenti sarebbe incompatibile coi progetti ormai in istruttoria, di sfruttamento del lago di Molveno, progetti che si basano su uno svaso del lago d'una cinquantina di metri, svaso che potrà aver per conseguenza se non il prosciugamento totale delle sorgenti una riduzione fortissima della loro portata.

Ma a parte questa situazione che fu creata solo lo scorso anno, si deve considerare che la temperatura delle sorgenti di Bondai non

1) Vedi LUEGER, *Die Wasserversorgung der Städte*, II ed. 1914.

è quale dovrebbe essere quella di una buona sorgente. Nel 1921, 22 luglio, era di 9.4°, di 8.6°-9.1° ai 10 gennaio del 1923 e di 7.6° ai 10 febbraio 1925.

Temperature ancor più sfavorevoli ha la sorgente del lago di Nembia (9.6° ai 10 gennaio del '23 e 7.8° ai 10 febbraio del '25).

Anche da queste poche misurazioni è evidente che le variazioni di temperatura sono assai forti e possono variare fra i 7° ed i 10°, e che queste variazioni tradiscono l'origine lacustre della falda acquifera.

Non sarebbe dunque in ogni caso conveniente trasportare a Trento da tanta distanza un'acqua che di estate raggiunge già alla presa una temperatura di 10°.

Il gruppo di sorgenti Villazzano-Povo. — Come fu detto nell'introduzione, le sorgenti di questa zona sono particolarmente numerose ed abbondanti in grazia delle condizioni veramente ideali (dal punto di vista idrologico) in cui si trova la geologia e la tettonica della Marzola.

Non era dunque possibile esaurire il compito di questo studio preliminare senza prendere in esame anche la possibilità che offre questo gruppo di sorgenti.

Già un esame teorico ci permette di farcene un'idea.

Data la costituzione geologica (Vedi stereogramma fig. 1) già descritta, tutta l'acqua di precipitazione che le rocce sottraggono all'evaporazione ed al fenomeno, del resto assai limitato nel nostro caso, del ruscellamento, tutta insomma l'acqua d'infiltrazione della Marzola non ha altra via d'uscita che quella delle sorgenti allineate sulla zona Valsorda-Villazzano-Povo.

Calcolando a 20 km² la superficie del bacino o diremo meglio (in questo caso) del piano inclinato di raccolta, a 3-5 litri, in base alle esperienze di Heim¹⁾, la portata minima normale per ettaro al minuto primo, a 1.000-1.200 mm. la caduta annua media di pioggia, avremo una portata teorica complessiva di 100-150 l" per tutte le sorgenti prese assieme.

I calcoli di portata per l'alimentazione d'un acquedotto importante devono però tener conto oltre che della portata minima normale anche delle magre straordinarie, per cui sarà prudente

1) Vedi KEILHACK, *Lehrbuch der Grundwasserkunde*, pag. 479-480.

calcolare
la zona in

Se si
quedotto
di portat
possono a
fattorie e
sorgenti r
teoricame
tender di
tativo d'a
e che rag

Con
lavori raz
prietà con

Ma p
cale del p
e poichè
ed esigon
sorgente
di ritorna
di parlam

Grup
pi di sorg
pag. 357),
portata.

Si co
Tomasi, s
in un ant
del Fersin

In qu
falda acqu
parziali d
sbocco de
intatte alt

Quest
aumentare
ampliando

calcolare a non più di 100 l^m la portata d'acqua disponibile per la zona in discorso.

Se si considera ora che le quattro sorgenti utilizzate dall'acquedotto civico danno assieme una quarantina di litri al secondo di portata minima normale, se si calcola che una portata eguale possono avere le copiose e numerose sorgenti accaparrate dalle ville, fattorie e villaggi della zona e se non si dimenticano le piccole sorgenti non catturabili o disperse, si arriva alla conclusione che teoricamente e più ancora praticamente sarebbe opera vana pretendere di ricavare dal bacino imbrifero della Marzola un quantitativo d'acqua che superi notevolmente quella attualmente ricavata e che raggiunga il quantitativo necessario di cui si parlò a pag. 347.

Con questo non è detto già, come vedremo più sotto, che con lavori razionali di presa le portate delle quattro sorgenti di proprietà comunale non si possano aumentare.

Ma poichè questo non ha nulla a che fare colla soluzione radicale del problema quale è posta dai bisogni della città di Trento e poichè tali lavori non sono nè del tutto semplici, nè poco costosi ed esigono fra l'altro la messa fuor d'esercizio temporanea della sorgente attorno alla quale i lavori si svolgono, pur proponendomi di ritornare sull'argomento più sotto, non ritengo sia ora il caso di parlarne più a lungo.

Gruppo di sorgenti del Fersina. — Anche per questi due gruppi di sorgenti non v'è, dopo quanto s'è detto sulla loro genesi (Vedi pag. 357), speranza alcuna di aumentarne in misura notevole la portata.

Si consideri infatti che tanto il gruppo Maestranzi, che quello Tomasi, sono alimentati da una stessa falda acquifera che scorre in un antico burrone, burrone che sfocia di fianco alla nuova forra del Fersina.

In questa situazione è evidente che la portata integrale della falda acquifera è sostanzialmente identica alla somma delle portate parziali delle sorgenti già catturate, giacchè ove così non fosse, allo sbocco del burrone antico si formerebbero o sarebbero rimaste intatte altre sorgenti d'un terzo gruppo.

Questa considerazione fa pertanto abbandonare l'idea di poter aumentare notevolmente la portata di questi due gruppi di sorgenti ampliando l'attuale sistema di gallerie filtranti.



FIG. 11 - Il burrone del Fersina dalla ferrovia Povo - Ponte Alto.

Quanto alla sorgente Pegoretti che sgorga dalla scaglia sulla sinistra del Fersina (Vedi fig. 12) data la piccolezza del suo bacino imbrifero, e la sua natura di sorgente di diaclasi, non è certo da pensare alla possibilità di aumentarne in modo sensibile la portata oltre i limiti raggiunti coi lavori di presa attuali, lavori studiati ed eseguiti dopo un accurato studio genetico delle polle di quella sorgente che è in relazione con un affioramento di tufi basaltici (Vedi carta geologica fig. 3).

* * *

Conclusioni. — Ove gli studi geologici si fossero fermati a questo punto è evidente dai risultati sopra esposti che la conclusione avrebbe dovuto essere la proposta di costruire uno o l'altro dei due grandi acquedotti di 20-30 km., di Stenico o di Spormaggiore.



FIG. 12
gli strati
in corria
a sinistra



FIG. 12 - Sorgenti Pegoretti. Nell'angolo inferiore a sinistra ed in alto a destra gli strati orizzontali della «scaglia». I tufi basaltici attraversano la scaglia in corrispondenza della zona che taglia diagonalmente la fotografia da destra a sinistra. La sorgente sgorgava un po' a sinistra del centro della fotografia.

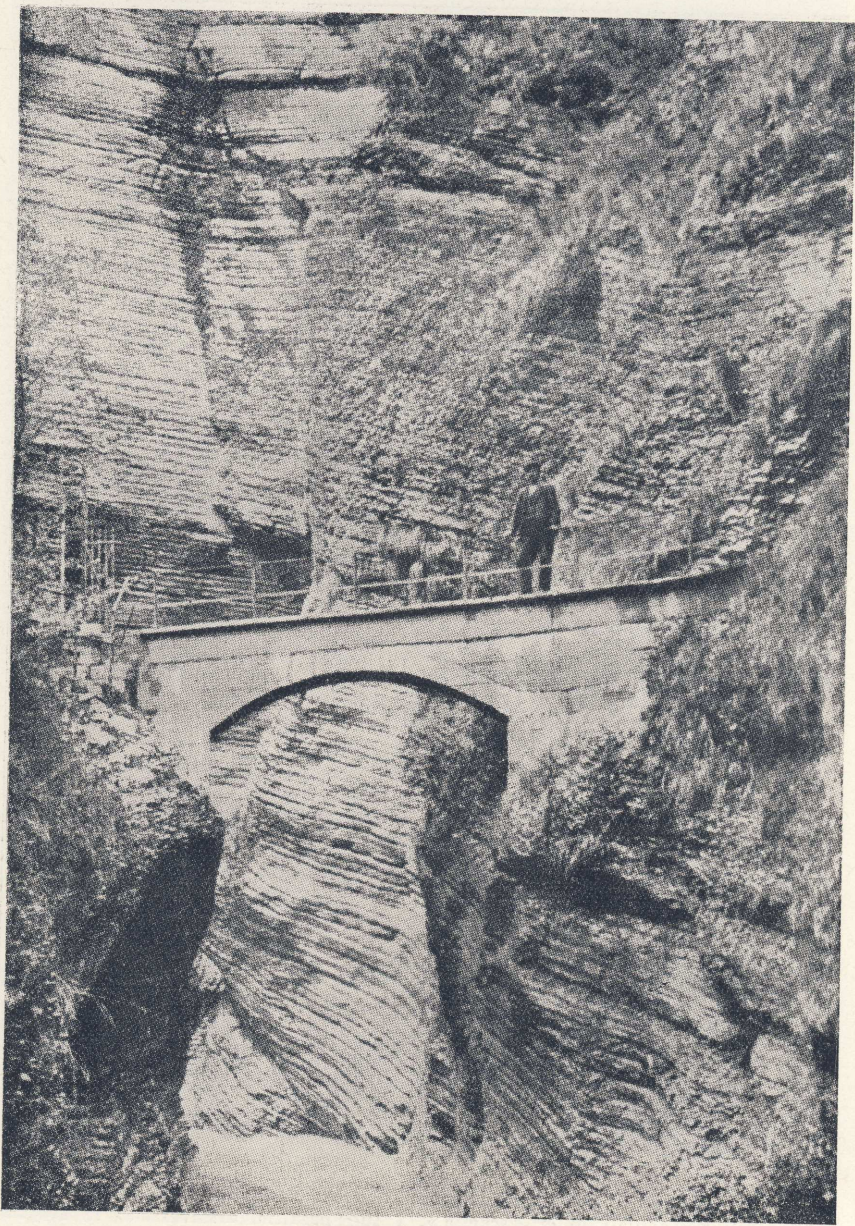


FIG. 13 - Sorgenti Pegoretti. Attraversamento del burrone del Fersina.

Fa
città, u
costruz
quindi
dere s
alla cit
il lung
acquad
So
diare u
corrent

L'i

a) Pres

Già
di situa
sato da
ter util
prevede
qua suff
il fabbi

Su
si pensa
occupaz
della ter

Que
lentame
la temp
alle esig
(contros
di temp
guenza r

E p
normale
missione
condizio

Fare una simile proposta voleva però dire: addossare alla città, uscita dalla guerra più stremata che mai ed impegnata nella costruzione del nuovo impianto elettrico, un nuovo onere di una quindicina di milioni; abbandonare il sano orgoglio di non chiedere sussidi allo Stato senza assoluta necessità ed in fine lasciar alla città scarseggiare, e mancare a taluni quartieri, l'acqua per tutto il lungo periodo di tempo necessario alla costruzione del grande acquedotto.

Sotto lo stimolo di queste gravi considerazioni si pensò di studiare un progetto nuovo ed ardito, basato sull'utilizzazione della corrente d'acqua freatica del Fersina.

V. - *L'utilizzazione dell'acqua freatica del Fersina*

L'idea di questa utilizzazione nacque dallo studio della

a) *Presa d'acqua dalla serra Madruzzo.*

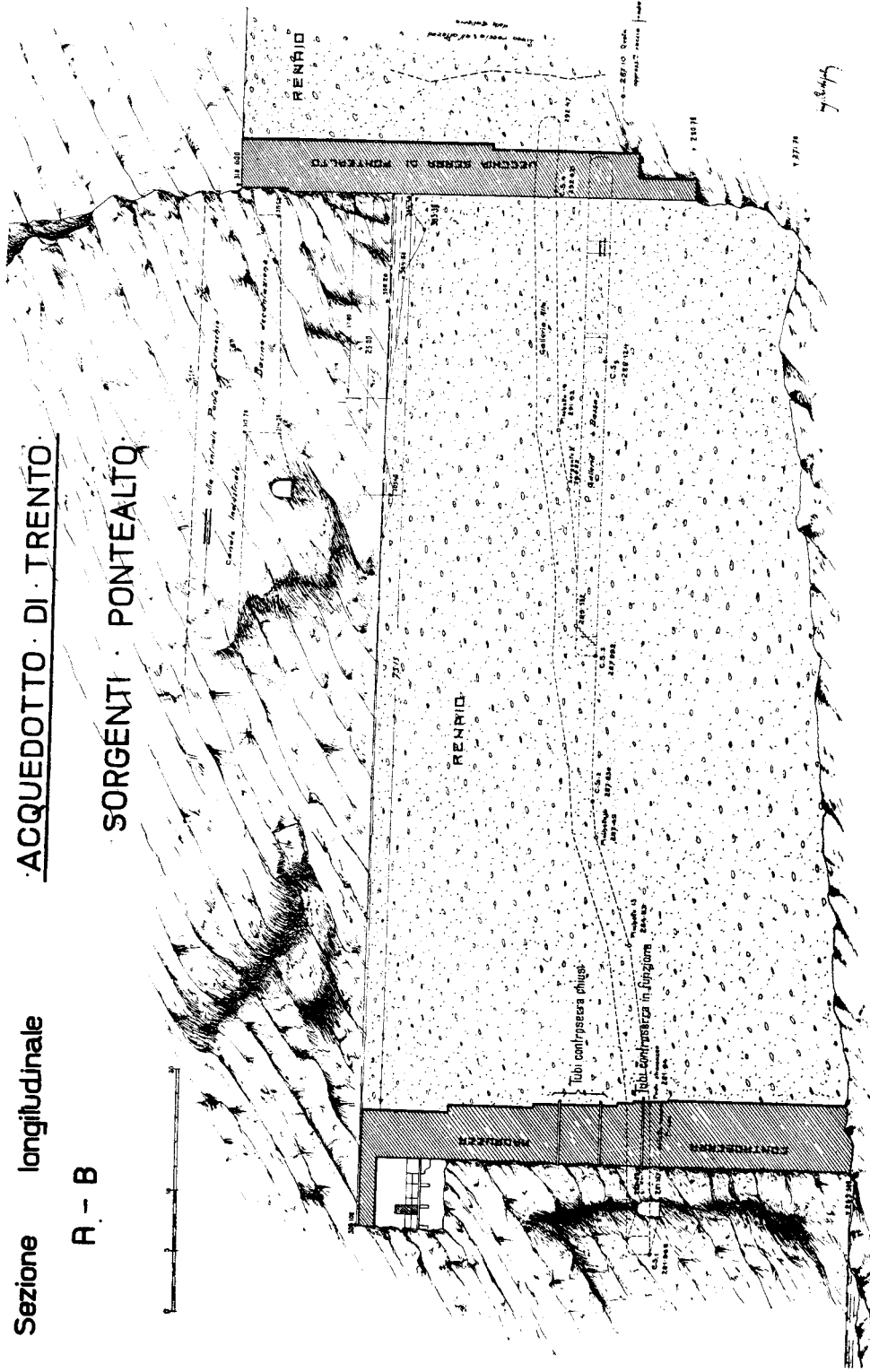
Già dal tempo della costruzione di questa serra (Vedi il piano di situazione sulla fig. 14 ed il profilo della fig. 15) s'era pensato dall'ufficio tecnico municipale d'allora (ing. Apollonio) di poter utilizzare il serbatoio che così si sarebbe creato e del quale si prevedeva la rapida colmazione, per erogarne un quantitativo d'acqua sufficiente a coprire largamente e per un lungo periodo di tempo il fabbisogno d'acqua della città.

Su questa nuova risorsa s'erano anzi fondate grandi speranze; si pensava di poter erogare fino a 1" 55 e non si nutrivano preoccupazioni di sorta sul grado di potabilità nè dal punto di vista della temperatura nè da quello della purezza batteriologica.

Queste speranze però non si avverarono giacchè la portata scese lentamente, ma inesorabilmente fino a ridursi come è ora a 7-8 l" e la temperatura (Vedi figure 16 e 17) non corrisponde affatto alle esigenze del nostro acquedotto. L'acqua della serra Madruzzo (controserra) risente infatti in modo sensibilissimo le variazioni di temperatura del corso d'acqua (Fersina) e raggiunge di conseguenza un'ampiezza di oscillazione enorme di 10°.

E poichè il massimo di temperatura (16°) corrisponde, come è normale in queste condizioni, ai mesi estivi, ne consegue che l'immissione di quest'acqua nell'acquedotto andava a peggiorare le sue condizioni, già non brillanti, di freschezza.

Sezione longitudinale
A - B
ACQUEDOTTO DI TRENTO
SORGENTI · PONTEALTO



TAV. IX

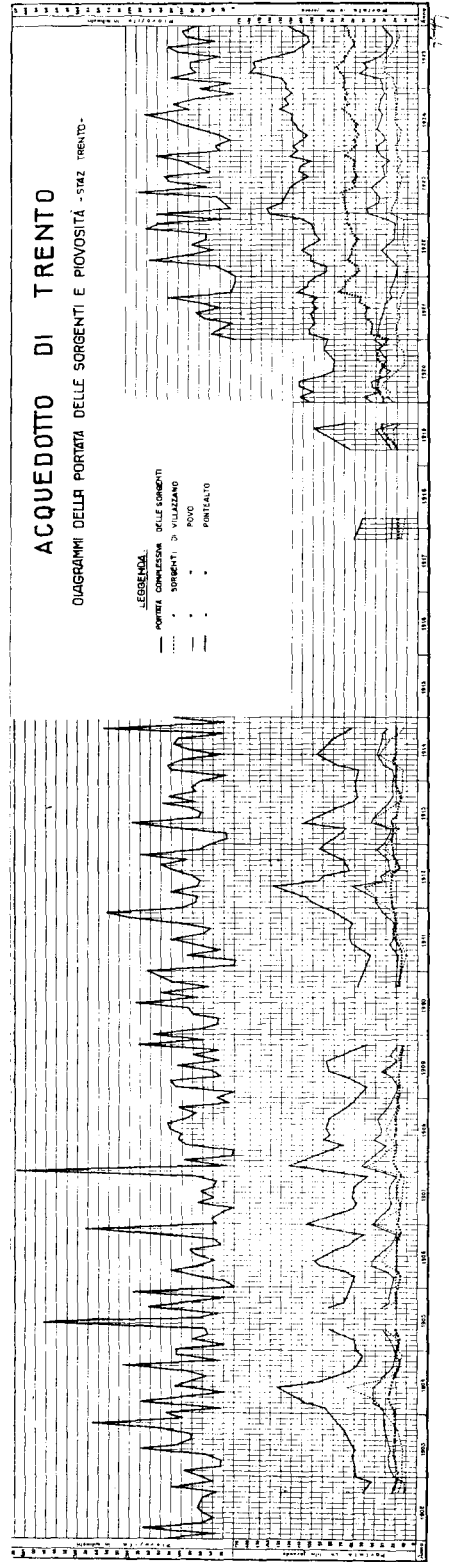
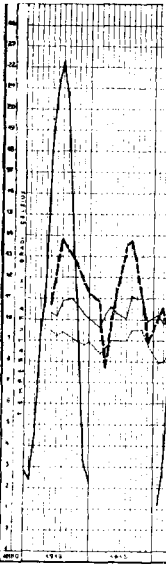


FIG. 16



1) Ve
 dotto e Ga

Qu
 l'acqua
 acqua f
 deve rit
 uno str
 essendo
 q. 282.8
 Solt
 a valle
 lo spesse
 Res
 cui si tr
 due digh
 della va
 un'acqua
 di fresch
 Io c

Queste oscillazioni termiche stanno inoltre a dimostrare che l'acqua dei tubi della Serra Madruzzo non si può considerare come acqua freatica, poichè non ne ha affatto le caratteristiche, ma si deve ritenere come semplice acqua del Fersina filtrata attraverso uno strato di ghiaie grossolane di 24 metri di spessore massimo, essendo la corona della serra a q. 306.10 e trovandosi i tubi a q. 282.80 (Vedi fig. 15).

Soltanto per la porzione d'acqua che comincia a filtrare subito a valle della serra di Ponte Alto (Vedi profilo delle serre fig. 15) lo spessore della massa filtrante raggiunge l'ottantina di metri.

Resta però dimostrato che una tale massa nelle condizioni in cui si trova la nostra, racchiusa cioè sul fondo d'un burrone, fra due dighe, di cui quella a monte taglia la corrente d'acqua freatica della vallata, se è sufficiente, almeno nei periodi di magra, a dare un'acqua batteriologicamente pura¹⁾, non basta a darle le qualità di freschezza richieste per una buona acqua potabile.

Io credo del resto che si possa dubitare, in certi periodi del-

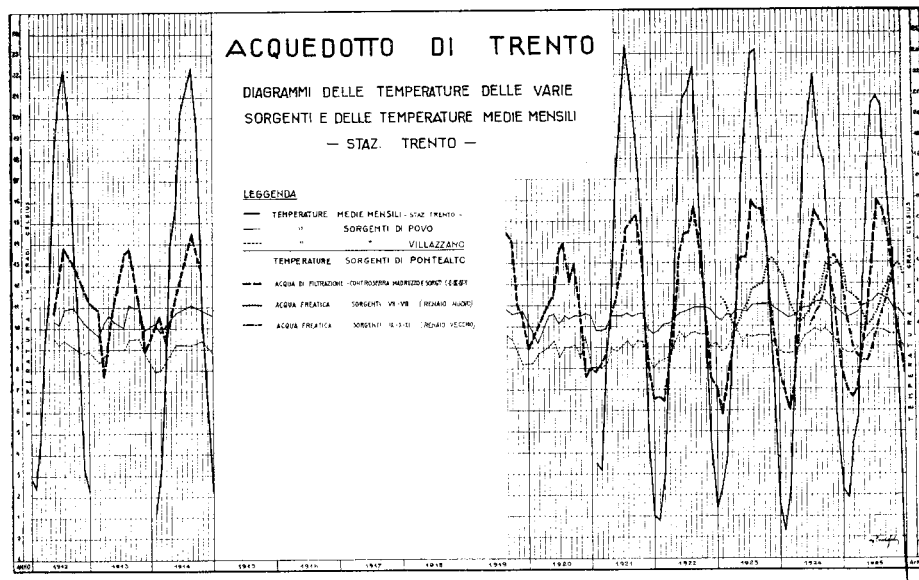


Fig. 17

1) Vedi analisi batteriologica dei 3 luglio 1921 in Atti dell'Ufficio (Acquedotto e Gas) delle Aziende Municipalizzate.

l'anno anche della sua purezza batteriologica perchè l'esame citato più sopra fu fatto in condizioni troppo favorevoli per essere probativo, essendo che il campione fu preso in un periodo in cui al bacino della serra Madruzzo non affluivano altro che gli stillicidi della serra di Ponte Alto, giacchè tutto il corso superficiale del Fersina era derivato al bacino di S. Donà della centrale elettrica.

E' evidente però che le condizioni di purezza potrebbero esser ben diverse nei periodi di morbida quando il fondo del burrone è spazzato da una furiosa corrente d'acqua torbida che può, secondo un'esame del Lode ¹⁾, contenere fino a 1.200 germi al cm³ e quando dai tubi della serra si ricavasse un quantitativo d'acqua rilevante coll'effetto di aumentare la velocità di filtrazione.

Unico compenso a questi difetti dell'acqua della serra Madruzzo si deve considerare il suo basso grado di durezza; essa non ha infatti che 47 mg. di CaO e 12 mg. di MgO corrispondenti a soli 6.9°. Si tratta dunque d'un'acqua che si deve considerare come dolce e che sarebbe stato utile immettere nel nostro acquedotto per abbassare il grado di durezza medio che è di 10.6 (Vedi analisi dei 16 febbraio 1922 in Atti Uff. Acquedotto ecc. cit.).

Questa diversità di durezza si spiega col fatto che il bacino imbrifero del Fersina è quasi completamente costituito da rocce eruttive e scisti cristallini così che le ghiaie che hanno interrato il bacino fra le due serre sono quasi esclusivamente di rocce porfiriche.

Poichè però la durezza media dell'acqua di tutte le sorgenti riunite di Villazzano e Povo è, come si vide, sufficientemente bassa, questo vantaggio non è tale da controbilanciare il difetto dell'alta temperatura.

Insisto un po' a lungo sull'esame delle qualità di quest'acqua della Madruzzo, perchè altrimenti io ritengo che, se fosse buona, sarebbe relativamente facile rimediare alla progressiva diminuzione di portata.

La diminuzione di portata d'una presa di questo genere è un fatto molto semplice che si verifica normalmente dopo un certo numero d'anni di funzionamento. Esso dipende da nient'altro che da un progressivo insabbiamento della massa ghiaiosa filtrante, insab-

¹⁾ Relazione ms. Atti Uff. Acquedotto e Gas delle Aziende Municipalizzate.

biamiento
nellini di
zione sab

Quest
gata di P
tata della

Esso
cassone d
quantità
che la po
secondo.

del Fersin
forte defl
coefficiente
qua uscer
della sabb
l'attrito d

Poichè
che ad un
tivamente
certa dist
di ferro lo
cautele il

Io no
questo rin
necessario
stro acqua

b) Studio

Arriv
città con
Madruzzo
gico ripet
monte, qu

Ed in
vediamo c
Alto non
all'altezza
Ponte Al

biamiento che si verifica per la « chiamata allo sbocco » dei granellini di sabbia delle ghiaie, chiamata che provoca una concentrazione sabbiosa nelle vicinanze della bocca d'efflusso.

Questo fenomeno s'è verificato anche nell'acquedotto della borgata di Pergine colla conseguenza di ridurre notevolmente la portata della presa d'acqua freatica.

Esso si può osservare anche sperimentalmente riempiendo un cassone di ghiaia mista a sabbia e filtrandovi attraverso una certa quantità d'acqua. Se in un primo tempo si regola il deflusso in modo che la portata sia minima, per es. di qualche frazione di litro al secondo, si trova per il coefficiente k un valore che per le ghiaie del Fersina oscilla attorno a 0.1. Ma se in seguito si provoca un forte deflusso, per es. di un paio di litri al secondo, si trova che il coefficiente si riduce rapidamente alla metà (0.06-0.07), mentre l'acqua uscendo torbida è testimone dei trasporti e rimaneggiamenti della sabbia che s'è evidentemente concentrata in basso aumentando l'attrito della massa filtrante.

Poichè dunque la diminuzione della portata non è dovuta altro che ad un fenomeno d'insabbiamento, è evidente che sarebbe relativamente facile porvi rimedio, sia aprendo nuove bocche ad una certa distanza da quelle insabbiate, sia provocando con una stanga di ferro lo spurgo dell'ingorgo, sia in fine torpedinando colle dovute cautele il foro.

Io non ho creduto però che valesse la pena di fare applicare questo rimedio perchè in vista delle condizioni sopra esposte ritengo necessario eliminare completamente l'acqua della Madruzzo dal nostro acquedotto.

b) *Studio d'una nuova presa d'acqua (freatica) oltre Ponte Alto*

Arrivati alla conclusione che il tentativo di approvvigionare la città con acqua del bacino creato dalla diga di trattenuta della Madruzzo si debba considerare come non riuscito, parrebbe illogico ripetere l'esperimento col secondo bacino immediatamente a monte, quello della Serra di Ponte Alto.

Ed in vero esaminando il profilo delle due dighe (Vedi fig. 15) vediamo come lo spessore delle ghiaie del bacino colmato di Ponte Alto non sia superiore a quello della Serra Madruzzo calcolata all'altezza dei tubi di presa. La quota della corona della diga di Ponte Alto è a 318.6, quella della soglia rocciosa di 287; abbiamo

dunque uno spessore di ghiaie poco superiore a quello che sovrasta i tubi di presa della Madruzzo. Quest'ultima ha una quota di fondazione pari a quella massa ghiaiosa che ha perciò 41 metri di spessore.

Si sarebbe potuto quindi ventilare il progetto di attingere l'acqua del bacino di trattenuta della Madruzzo dal suo strato più profondo per es. da una quota di 268 m. ancor sufficientemente alta per portarla al canevino Maestranzi, con apposita conduttura.

Ma questo tentativo non avrebbe avuto, a mio parere un risultato di tanto migliore del primo da giustificarne l'esecuzione, giacchè l'acqua raccolta sarebbe stata pur sempre nient'altro che acqua del Fersina filtrata.

Perciò fu abbandonata l'idea anche di questo progetto e si studiò invece *una presa a monte della serra di Ponte Alto allo scopo di attingere alla corrente d'ACQUA FREATICA PROFONDA del torrente Fersina.*

In questo concetto fondamentale, dall'apparenza tanto semplice, ma in realtà assai complicato, sta tutto il segreto della riuscita del progetto ora eseguito, progetto che valse a risolvere il tormentato problema e permise alla città di liberarsi dalle branche di quel tal dilemma dal quale pareva non potesse uscire senza il sacrificio di una quindicina di milioni.

Esiste infatti, come vedremo subito, una *enorme differenza di qualità fra l'acqua freatica superficiale e quella profonda*, per cui il progetto qui sotto studiato si differenzia completamente oltre che da quello già eseguito dall'Apollonio sulla Serra Madruzzo, da quello dell'acquedotto di Pergine progettato dalla Ditta Masera e Bückart e dall'idea simile suggerita dal Blaas.

1. *Studio teorico del progetto.* — E' noto che ogni valle che abbia il fondo coperto da uno strato di alluvioni permeabili d'un certo spessore e sia percorsa da un corso d'acqua superficiale ha pure una seconda corrente d'acqua sotterranea formata dall'acqua d'infiltrazione, che, sia pure con maggiore lentezza, corre da monte a valle nella stessa direzione del torrente o del fiume.

Questa corrente sotterranea, eccettuato il caso ben raro che le alluvioni sieno impermeabili affatto, non manca mai, nemmeno quando il corso d'acqua superficiale è asciutto o non esiste. Essa

si chiam
ticolare
tata 1).

L'an
plicato n
valli più
correnti
quello pe

Ma
ristiche.

Sulla
da rocce
rezza 3) v

Nelle
pure in c
frequenti
ferrosi ta
invece, se

Un a

regime di

Nelle

mente le

qua super

Così a

di Pergine

molto cal

In mo

l'acqua fr

profondità

tanto gran

che si tro

1) Vedi
II ed., Berli
logie, II ed.,
der Schweiz,
STRANGELO C.

2) TREN
della città d
falda d'acqua

3) Vedi

4) Op. c

si chiama *corrente d'acqua freatica* ed ha un regime tutto suo particolare di andamento, composizione chimica, temperatura e portata ¹⁾.

L'andamento delle correnti freatiche è particolarmente complicato nelle ampie vallate o nelle grandi pianure alluvionali. Nelle valli più strette, come quelle delle nostre Alpi, il regime di queste correnti è molto più semplice, tranne in casi d'eccezione come quello per es. studiato dal sottoscritto sul Sarca ²⁾.

Ma veniamo a vedere quali sieno queste particolari caratteristiche.

Sulla *composizione chimica* si sa che nelle alluvioni formate da rocce cristalline l'acqua ha di solito un giusto grado di durezza ³⁾ variando, di regola, fra i 13 ed i 16°.

Nelle acque freatiche della bassa pianura germanica, come pure in quelle della bassa pianura padana (per es. Rimini) sono frequenti i casi in cui l'acqua freatica ha un contenuto di sali ferrosi tale da nuocere alla sua potabilità, ma essi sono rarissimi invece, secondo le ricerche del Hug ⁴⁾ nelle vallate della Svizzera.

Un andamento tutto affatto particolare e caratteristico ha il *regime di temperatura* delle falde d'acqua freatica.

Nelle falde superficiali le correnti freatiche risentono sensibilmente le variazioni di temperatura sia dell'aria che dei corsi d'acqua superficiali.

Così ad esempio la corrente freatica catturata per l'acquedotto di Pergine a 7-8 metri di profondità è freddissima d'inverno (5°) e molto calda d'estate (fino a 15°).

In modo tutto diverso invece si comporta la temperatura dell'acqua freatica profonda e precisamente quella che corre ad una profondità sufficiente per non risentire le variazioni esterne e non tanto grande da essere influenzata dal calore interno della terra, che si trova insomma nella così detta *zona neutrale o strato di*

1) Vedi: KEILHACK K., *Lehrbuch der Grundwasser- und Quellen Kunde*, II ed., Berlin, Gebrüder Bornträger, 1917. — PRINZ E., *Handbuch der Hydrologie*, II ed., Berlin, I. Springer, 1923. — HUG. I., *Die Grundwasservorkommnisse der Schweiz*, « Annalen der Schweizer. Landeshydrographie », Bern, 1918. — MISTRANGELO C., *Provvista e distribuzione di acqua potabile*, Milano, Hoepli, 1922.

2) TRENER G. B., *Geologia delle Marocche*, in « Gli impianti idroelettrici della città di Trento », Trento, maggio 1924. (Vedi Carta delle isobate della falda d'acqua freatica).

3) Vedi: HUG, *op. cit.*, pag. 21.

4) *Op. cit.*, pag. 25-26.

temperatura costante che, come è noto, si calcola trovarsi, secondo una media assai grossolana, perchè variabilissima da luogo a luogo, a ca. 30 metri di profondità.

Secondo il Keilhack ¹⁾ lo spessore di terreno che è influenzato dalla temperatura esterna sarebbe di regola di 5-10 m., mentre ad una profondità maggiore si entrerebbe nella zona indifferente ove le acque assumerebbero una temperatura di poco superiore alla media annuale del luogo.

Questo spessore vale naturalmente solo per la Germania e per paesi di eguale clima e può inoltre variare assai da luogo a luogo per particolari circostanze dipendenti dalla topografia della superficie, dalla costituzione geologica del suolo, dalla vicinanza di corsi d'acqua ecc.

Comunque sta il fatto che raggiunta una determinata profondità, le acque freatiche assumono una temperatura costante con una ampiezza di oscillazione di 1-3°. *Ma quello che è ancor più caratteristico è il modo con cui quest'oscillazione di temperatura si manifesta, giacchè per un fenomeno curioso d'inversione* ²⁾ *il massimo si presenta d'inverno ed il minimo d'estate con un ritardo sul massimo della temperatura esterna tanto maggiore quanto è più grande la profondità della falda acquifera.*

Quanto alla *velocità delle correnti d'acqua freatica* essa è assai variabile e dipende dalla natura delle alluvioni più o meno grossolane e dal grado di pendenza della valle o del piano su cui esse scorrono.

Nelle sabbie fini di Stalsunda si misurarono 3.50-4 m. nelle ventiquattr'ore col 2 % di pendenza, nel Kansas si trovarono velocità di 1-5 m., ma nelle vallate svizzere la velocità sale da 1-10 m. ³⁾

Dal punto di vista della *purezza batteriologica* comunica dei dati interessanti l'Hug ⁴⁾ secondo il quale le acque freatiche della Svizzera fra i 20 ed i 30 metri di profondità, sono batteriologicamente pure (media dei germi per cm³ 5-11, minimi 0, massimi 24).

Anche i dati sulla portata delle correnti freatiche riportati dagli autori sopra citati erano tali da incoraggiare il nostro studio del progetto sul Fersina.

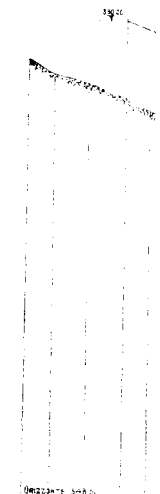
1) *Op. cit.*, pag. 130 e 131.

2) Vedi: KEILHACK, *Op. cit.*, pag. 129 e PRINZ, *Op. cit.*, pag. 227 e 228.

3) KEILHACK, *Op. cit.*, pag. 481-482.

4) *Op. cit.*, pag. 37.

2. I
rente Fe
strato di
falda d'a
Lo sp
di trenta



ritenere an
di Cantang
classica op
(figure 18
quella di
q. 345.7 co
però non s
sopra le all
sibile sape
se si tien c
mineraria

1) WEBER
Spielhagen u.

2. *La corrente d'acqua freatica del Fersina.* — Poichè il torrente Fersina scorre in uno stretto burrone coperto da un notevole strato di alluvioni non vi poteva esser dubbio sull'esistenza d'una falda d'acqua freatica profonda.

Lo spessore delle alluvioni è infatti a monte della serra almeno di trenta metri (Vedi profilo della fig. 18) e non minore si deve

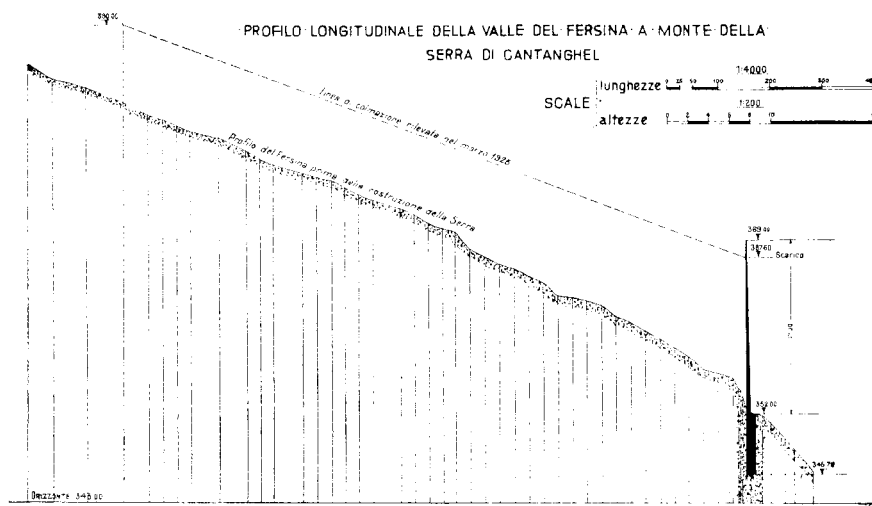


FIG. 18

ritenere anche più a monte, giacchè risulta dal profilo della serra di Cantanghel quale è riportato dal Weber von Ebenhof nella sua classica opera sulla regolazione dell'Adige ¹⁾ e qui riprodotto (figure 18 e 19), che questa diga, situata a 2300 m. a monte di quella di Ponte Alto ha la corona a q. 369.0 e le fondazioni a q. 345.7 corrispondenti ad un dislivello di 24 m. Queste fondazioni però non sono impostate su viva roccia, ma su d'un arco gettato sopra le alluvioni del burrone. In mancanza di sondaggi non è possibile sapere di quanto ancora si sprofondi il burrone, tuttavia se si tien conto che un sondaggio, eseguito nel 1912 da una società mineraria poco a monte della serra, dopo 40 m. non raggiunse

¹⁾ WEBER V. EBENHOF A., *Der Gebirgswasserbau im Etschbecken*, Wien, Spielhagen u. Schurich, 1892.

TAV. X

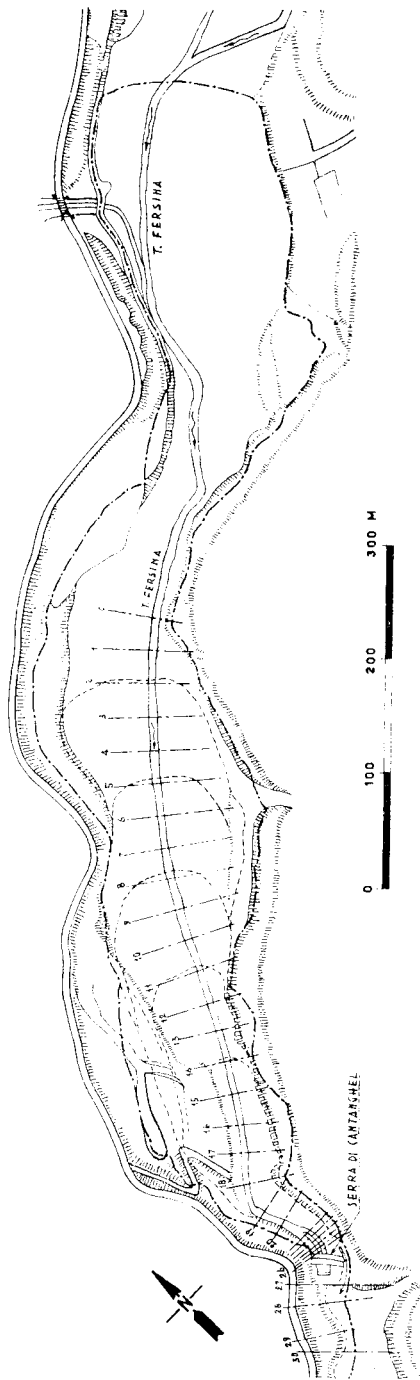


Fig. 19 - Planimetria della Valle del Fersina con la Serra di Cantanghel (dal Weber von Ebenhof - Die Eischregulierung).

ancora il
alluvional

Vedre
vecchio le
chino la p
Fersina fr

Dato
sull'esisten
fonda per
cioè di p
parte delle
alla media

3. Co
nuale di T
di Caldona
Considerat
Alto, il Fe
d'acqua fr
nazzo, si p
del luogo
tica profon

Tenen
di tempera
sopra, ci d
prevedersi
fronto osser
oscilla (Ve
gruppo di
Fersina (M

A diffe
tano il loro
Si avre

S

1) Soc. M
Tip. U. Grand

ancora il fondo ¹⁾, si può ritenere che la potenza media dei depositi alluvionali del Fersina sia superiore alla trentina di metri.

Vedremo più sotto come gli assaggi eseguiti a Ponte Alto nel vecchio letto del Fersina confermino questa valutazione e giustifichino la profondità di 35 m. attribuita in media alle alluvioni del Fersina fra Ponte Alto e Cantanghel.

Dato questo ragguardevole spessore era ragionevole far calcolo sull'esistenza d'una corrente d'acqua freatica sufficientemente profonda per essere dotata di tutte le qualità peculiari di tali acque; cioè di purezza batteriologica superiore a quella della massima parte delle solite acque di sorgente, temperatura di poco superiore alla media annuale del luogo, durezza aggirantesi fra i 10° ed i 15°.

3. *Calcolo della temperatura.* — La temperatura media annuale di Trento (m. 192 s. l. m.) s'aggira attorno ai 12.5°, ma quella di Caldonazzo (m. 490 s. l. m.) è già molto più bassa e scende a 9°. Considerato che nell'ultimo tratto, cioè da Cantanghel a Ponte Alto, il Fersina scorre in un profondo burrone e che la corrente d'acqua freatica deve partire appunto dal pianoro Pergine-Caldonazzo, si può prendere per base una temperatura media annuale del luogo di 9°-10° ed attribuire quindi alla corrente d'acqua freatica profonda una temperatura di 9° a 12°.

Tenendo conto poi del singolare andamento delle oscillazioni di temperatura delle acque freatiche profonde, che come fu detto sopra, ci dà il minimo d'estate ed il massimo d'inverno, era da prevedersi una temperatura estiva di 9°-10° circa. A titolo di confronto osservo che la temperatura delle sorgenti del gruppo di Povo oscilla (Vedi diagramma della figura 17) fra i 9.2-11.5°, quella del gruppo di Villazzano fra gli 8-9.7° ed infine quella del gruppo Fersina (Maestranzi-Ponte Alto) fra i 9.5° ed i 12°.

A differenza però dell'acqua freatica, queste sorgenti presentano il loro minimo nei mesi invernali ed il massimo negli estivi.

Si avrebbe dunque il seguente specchietto:

	inverno	estate
Sorg. Gruppo Villazzano	8	9.7
» » Povo	9.2	11.5
» » Fersina	9.5	12
» falda freatica profonda	12	9

¹⁾ SOC. MONS ARGENTARIUS. *Le miniere argentifere di Trento*, Rovereto, Tip. U. Grandi, 1914.

Risulta così che dall'immissione dell'acqua freatica avrebbe dovuto risultare un miglioramento del regime generale di temperatura dell'acquedotto che avrebbe fornito acqua più fresca d'estate e meno gelida d'inverno.

4. *Durezza.* — Tenendo conto della natura calcarea del burrone Cantanghel-Ponte Alto, ma considerando che le alluvioni sono porfiriche ed il bacino imbrifero del Fersina (che a monte di Cantanghel è di 177 km²) è costituito per più del 95 % da terreni cristallini e considerando infine che la velocità della corrente data la grossezza delle alluvioni deve essere notevole, si poteva pensare che i limiti di durezza non avrebbero varcato quelli indicati come normali dal Hug per le vallate svizzere (Vedi sopra a pag. 378).

5. *Calcolo della portata.* — Calcolare la portata di una corrente d'acqua freatica è un'operazione molto delicata che lascia un margine assai largo alla possibilità d'errori. Tuttavia ove si sia nel caso, come il nostro, di accontentarsi di risultati molto approssimativi, essi possono servire a dare un'idea utile per stabilire se la probabile portata stia entro i limiti imposti dalle necessità del problema da risolvere.

La formula usata comunemente per questi calcoli è quella nota:

$$Q = F u \quad \text{dove} \quad u = k a \quad \text{dove}$$

Q è la portata,

F la superficie equivalente alla somma delle sezioni dei pori delle alluvioni, cioè la sezione libera,

u la velocità della corrente d'acqua freatica,

a il rapporto della pendenza, e

k il coefficiente d'attrito che le ghiaie oppongono al deflusso.

F ed a si possono facilmente calcolare quando si conosca il profilo del corso d'acqua e si conosca con sufficiente esattezza la larghezza e lo spessore delle alluvioni.

Più difficile è il calcolo di k che è necessario trovare sperimentalmente quando non si possa misurare coi noti metodi di Thiem o Slichter¹⁾.

1) Vedi KEILHACK, *Op. cit.* a pag. 480 e seg. e LUEGER, *Op. cit.*

Ess
dove l
una cer
necessar
saggio c
recchio
da un d
la ghia

Un
qua att
permett
Bas
deflusso

1) V

Esso si trova colla formola

$$k = \frac{lQ}{Fh}$$

dove l è lo spessore delle ghiaie attraverso il quale si lascia filtrare una certa quantità d'acqua ed h la pressione d'acqua in m che è necessaria per superare la resistenza opposta dalle ghiaie al passaggio dell'acqua. Per misurare questa pressione si usa un apparecchio che consiste (Vedi fig. 20) in una cassa rettangolare ¹⁾ divisa da un diaframma in due scompartimenti; in uno di essi si dispone la ghiaia sostenuta da una griglia.

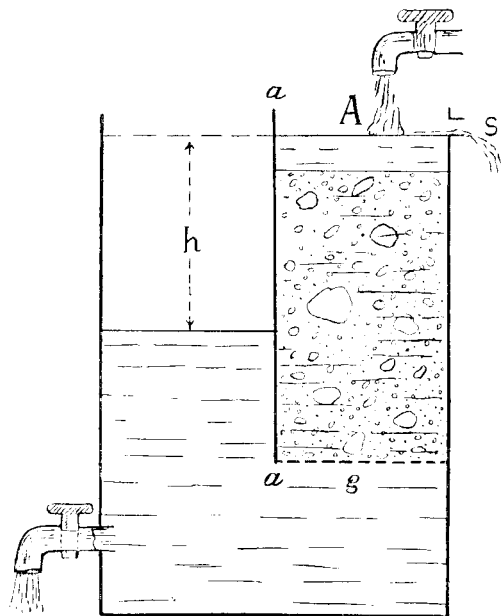


FIG. 20 - a) diaframma; g) griglia; s) sfioratore.

Un rubinetto permette di far passare una certa quantità d'acqua attraverso il diaframma di ghiaia mentre un altro rubinetto permette di tener costante il livello dell'acqua in A .

Basta leggere l'altezza di h corrispondente ad una portata di deflusso Q per avere tutti gli elementi di calcolo.

¹⁾ Vedi opere citate di KEILHACK, LUEGER e PRINZ.

Il calcolo di k riesce con sufficiente esattezza per sabbie e ghiaie minute, ma l'esperimento è difficile con ghiaie grossolane specialmente se miste a sabbia o peggio ancora a limo. Bisogna in questi casi adottare recipienti di grandi dimensioni e moderare il deflusso in modo che la corrente d'acqua filtrante non provochi un dilavamento delle ghiaie dal limo o dalle sabbie od anche solo una concentrazione o stratificazione delle sabbie, diversa da quella naturale.

Non conviene poi dimenticare che i campioni di ghiaie prelevate alla superficie hanno un volume maggiore di quelle del fondo d'un deposito alluvionale e che le ghiaie rimaneggiate col piccone e la pala aumentano di volume.

E' necessario perciò nel versare la ghiaia nell'apparecchio con opportune e moderate annaffiature, scosse ecc. cercare di diminuire queste cause d'errore oppure praticare una conveniente riduzione che può essere fin del 25 % della cifra indicante l'altezza l del diaframma. Con queste precauzioni e correzioni i risultati sono abbastanza attendibili anche per le grosse ghiaie dei torrenti alpini.

La misura del volume dei pori si fa riempiendo un recipiente di ghiaie e misurando poi il quantitativo d'acqua che è necessario per colmare il vuoto lasciato dai pori. Anche qui è necessario disporre le ghiaie con gran cura e ripetere più volte l'esperimento.

Dalle misurazioni fatte colle alluvioni del Fersina ho ottenuto un volume dei pori che varia dal 20 al 30 %.

Quanto al coefficiente k ho ottenuto valori di 0.1-0.2 e di 0.06-0.07.

La prima serie si ottenne con ghiaie posate cautamente nel recipiente del filtro, la seconda dopo aver provocato col passaggio di una rapida corrente d'acqua l'assestamento dei materiali fini attorno ai ciottoli grossi.

I valori di questa seconda serie corrispondono abbastanza bene a quelli dati dal Keilhack di 0.05 per ghiaie di 5 cm. di diametro (0.002 per sabbie di 2 mm. e 0.00025 per sabbie di un quarto di mm.).

Usando un coefficiente k di 0.5 calcolando a 50 m. la larghezza media delle alluvioni, a 30 il loro spessore medio ed essendo di 34 m. il dislivello fra la corona della diga di Ponte Alto e le ghiaie ai piedi di quella di Cantanghel e di 2300 m. la distanza fra le due dighe; si ricavano i seguenti valori:

$$a = 0.015, F = 320 \text{ m}^2 u = ka = 0.015 \times 0.05$$

per cui

Ad

Qu
e da un
meabili
fondi, t
cino av
per un
tempo,

Si

come è

Fig. 21 .

presenta
ai piedi
di tipo
che attr
renziale
velocità
deltizio
distribu

Con

che la p
diga di
150 l".
(come r
prietà f
altro ch
dente a

per cui

$$Q = Fu = 320 \times 0.00075 = 240 \text{ l}''.$$

Adottando invece un coefficiente $k = 0.03$ si avrebbe

$$Q = Fu 320 \times 0.00045 = 144 \text{ l}''.$$

Questa riduzione di k è giustificata da un criterio prudenziale e da una valutazione della differenza che deve esistere fra la permeabilità delle alluvioni superficiali e quelle degli strati più profondi, tenendo specialmente presente che la colmatazione di un bacino avviene in un primo tempo per effetto della deltazione, cioè per un processo di sedimentazione sublacustre, e solo in un secondo tempo, si depositano alluvioni di tipo torrentizio.

Si hanno così accumulazione di alluvioni di tre diversi tipi come è raffigurato nel profilo dimostrativo della fig. 21 ove a rap-

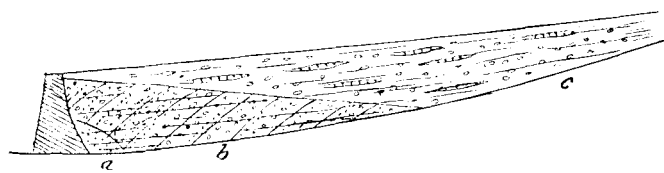


FIG. 21 - c) accumulazione di sabbia; b) alluvioni di tipo deltizio; c) alluvioni di tipo torrentizio.

presenta la nota accumulazione di sabbia e melma che si forma ai piedi delle dighe, b i sedimenti d'origine deltizia e c le alluvioni di tipo torrentizio accumulate fuori del bacino. Per cui è evidente che attraverso le ghiaie superficiali depositate secondo il tipo torrentiziale la corrente d'acqua freatica deve di regola assumere una velocità maggiore che non nell'attraversamento degli strati di tipo deltizio e ciò precisamente pel diverso orientamento e la diversa distribuzione degli strati di sabbia fra quelli di ghiaia.

Concludendo in base a queste considerazioni e calcoli credo che la portata della falda freatica del Fersina, subito a monte della diga di Ponte Alto, si possa calcolare grosso modo fra i 100 ed i 150 l''. Ad uso d'acqua potabile però noi non possiamo utilizzare (come risulta evidente da quanto s'è detto sulla differenza di proprietà fra le falde d'acqua freatica profonde e quelle superficiali) altro che una parte di questa portata, vale a dire quella corrispondente agli strati alluvionali inferiori così che non andremo troppo

lontani dalla realtà calcolando per ora ad un'ottantina di l^r la quantità di buona acqua potabile disponibile.

* * *

In complesso dunque *i risultati dello studio teorico mi permisero di concludere che una presa d'acqua fatta a monte della serra di Ponte Alto avrebbe attinto ad una falda d'acqua freatica PROFONDA e che questa falda doveva avere tutti i requisiti di purezza, composizione chimica, temperatura e portata richiesti per risolvere radicalmente il problema dell'approvvigionamento idrico della città di Trento per una lunga serie di anni, con una spesa, come vedremo subito, che si può facilmente valutare alla trecentesima parte di quella che sarebbe necessaria per eseguire uno o l'altro dei grandi progetti d'acquedotto sopra ricordati e con risultati identici anzi col grande vantaggio di poter esser eseguiti subito e risolvere il problema in pochi mesi anzichè in alcuni anni.*

c) *Il progetto di massima*

Il progetto di presa risulta infatti semplicissimo. (Vedi piano di situazione fig. 14).

Essendo la quota dell'ultimo tronco di galleria alla serra Madruzzo di m. 280, la quota della soglia rocciosa su cui è impostata la serra di Ponte Alto metri 287 e la distanza fra le due serre di 80 metri, ne risulta che con un cunicolo a sezione minima di lunghezza di poco maggiore si doveva sbucare nel bacino colmato di Ponte Alto a fianco alla diga e catturare la falda freatica profonda che la diga di trattenuta fa ristagnare.

Il progetto era dunque tanto semplice che poteva esser eseguito senza indugio in vista della spesa veramente esigua che la sua esecuzione richiedeva.

Il cunicolo si sarebbe infatti scavato nella scaglia da prima e poi nei calcari del titoniano (giura superiore) calcari che, come è noto dalla storia di costruzione delle serre¹⁾, affiorano alla soglia della diga di Ponte Alto.

1) APOLLONIO A. ed OBRELLI A., *La serra di Pontalto*, Trento, 1882. — B., *Il Fersina*, «Relazione della Delegazione Fersinale», Trento, 1850. — C. G., *Riflessioni riguardanti li ripari da farsi al Fersina*, Trento, 1779. — DAL BOSCO G. B., *Memorie sulla sistemazione del Fersina*, Innsbruck, 1848. — CRESSERI G., *Dissertazione sulla presente costituzione del fiume Adige e del torrente Fersina*, Trento s. a.

In s
preventi
circa 300

La l
di un'ot
dire del

Si p
a pochi
di sonda
dotto a :
col cunic
male alle
rone del
da raggiu

Si ca
verificass
raggiunge
roni attua
della nos
gli antichi
S. Giustir
Ischiazza
presso Pe
alti terraz
dei burror

Incon
galleria fi
ricavato i
del cunicol
colmato d
perforare

In so
secondo l

Le ga
di evitare

Evita
al minim
di cui si s
secondo p

In simili rocce e per sì breve percorso il cunicolo si poteva preventivare secondo le esperienze già fatte in rocce analoghe, a circa 300 lire il metro corrente.

La lunghezza complessiva del cunicolo d'assaggio sarebbe stata di un'ottantina di metri, quella dell'intera opera di presa vale a dire del cunicolo e delle gallerie filtranti, di 150 m. circa.

Si prevedeva infatti che appena il cunicolo si fosse avvicinato a pochi metri dalla parete del bacino si dovesse con alcuni colpi di sonda di 3 m. di lunghezza spillare l'acqua del serbatoio. Condotta a fine felicemente questo primo assaggio, si doveva piegare col cunicolo bruscamente a sinistra ed avanzare in direzione normale allo stradone di Pergine, allo scopo di tagliare l'antico burrone del Fersina nel caso in cui la sua profondità fosse stata tale da raggiungere la quota di 287 m.

Si calcolava infatti con una certa probabilità che il caso si verificasse giacchè d'ordinario questi vecchi burroni interglaciali raggiungono profondità eguali se non maggiori a quelle dei burroni attuali, come io stesso ho potuto verificare in parecchi luoghi della nostra provincia, in Val di Non ed in Val di Cembra, ove gli antichi burroni di Cagnò, di Ponte Alto (poco a monte di S. Giustina) sul Noce, di Castelfondo sulla Novella, di Gresta, Ischiazza e Stramentizzo sull'Avisio e di Doss del Cius sul Fersina presso Pergine, attualmente riempiti di alluvioni dell'epoca degli alti terrazzi, sono profondi quanto ed in qualche caso forse più dei burroni recenti che il corso d'acqua attualmente sta scavando.

Incontrato col cunicolo il burrone si doveva tagliarlo con una galleria filtrante. Nel caso poi che da questa galleria non si fosse ricavato il quantitativo di acqua richiesto, dal ramo trasversale del cunicolo si dovevano spingere brevi gallerie verso il serbatoio colmato di Ponte Alto e renderle filtranti sempre col sistema di perforare il diaframma con colpi di sonda.

In sostanza dunque il progetto di massima si doveva svolgere secondo lo schema che risulta dalla fig. 22.

Le gallerie filtranti a colpi di sonda avevano ed hanno lo scopo di evitare il formarsi di una forte corrente di chiamata allo sbocco.

Evitando il formarsi di questa corrente si riduce evidentemente al minimo l'insidia dell'insabbiamento delle prese, insabbiamento di cui si spiegò più sopra il meccanismo. Inoltre si evita ancora un secondo pericolo, quello di provocare lungo la parete di roccia una

ina di l' la
rico mi per-
monte della
acqua freatica
quisiti di pu-
richiesti per
mento idrico
n una spesa,
alla trecente-
e uno o l'al-
con risultati
uiti subito e
nni.

(Vedi piano

la serra Ma-
è impostata
due serre di
nima di lun-
colmato di
ca profonda

a esser ese-
igua che la

da prima e
che, come
o alla soglia

nto, 1882. —
850. — C. G.,
— DAL BOSCO
GRESSERI G.,
rente Fersina,

corrente discendente che verrebbe ad alterare l'equilibrio delle diverse falde freatiche, equilibrio che conviene a tutti i costi mantenere per impedire che le falde superficiali a temperatura variabile e non sufficientemente sterilizzate, si mescolino con quelle profonde a temperatura costante e batteriologicamente pure.

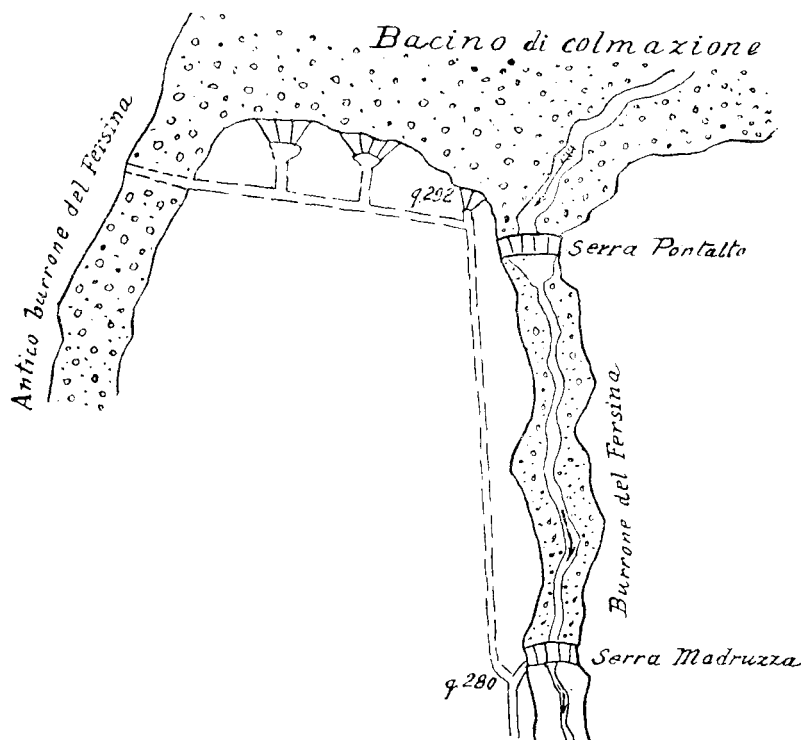


FIG. 22

Noi dobbiamo infatti immaginare la corrente d'acqua freatica che si forma nelle alluvioni d'una valle, come una serie di correnti di diversa temperatura, velocità e composizione chimica, le une sovrapposte alle altre a guisa di strati.

Le correnti o strati più superficiali sono più calde d'estate e più fredde d'inverno di quelle profonde, inoltre sono di regola più veloci per il maggior grado di permeabilità o piuttosto per la minor compattezza delle alluvioni. Esse sono inoltre meno dure ma batteriologicamente meno pure delle profonde.

Qu
da que
negli s
qua di
Ne
grado
strato
forma
laghi a
diversi
riescono
le une
minor
rezza
quelle
d'un'ac
lo stess
solide a
An
senso s
diafram
è maggi
Ora
basso si
mescolan
qualità
d) L'ese
Sull
relazion
di detta
Dur
guire a
destra c
batoio c
come pu
di qual
caratteri
Le temp
fig. 17 s

Questa disposizione degli strati termici differisce evidentemente da quella dei bacini lacustri. Nei laghi infatti noi troviamo che negli strati sufficientemente profondi s'accumula, diremo così, l'acqua di $+4^{\circ}$ che pel maggior peso specifico cade sul fondo.

Nelle acque freatiche troviamo invece che l'acqua assume il grado di temperatura media annuale del luogo cioè il grado dello strato geotermico neutro, il che prova che l'acqua di $+4^{\circ}$ che si forma in certe stagioni presso la superficie, non riesce come nei laghi a cadere sul fondo e ciò evidentemente pel motivo che i diversi strati sono altrettante correnti in movimento e perciò non riescono a mescolarsi che in modo assai limitato, poichè scivolano le une sulle altre. Ad impedire la mescolanza concorre anche la minor differenza di peso specifico dovuta al maggior grado di durezza che hanno le acque delle falde profonde in confronto di quelle superficiali, per cui risulta che ad esempio il peso specifico d'un'acqua dura contenente 300 mg. di sostanze solide ha a 10° quasi lo stesso peso specifico d'un'acqua dolce con 100 mg. di sostanze solide a $+4^{\circ}$.

Anche l'attrito opposto dalla massa delle ghiaie influisce nel senso sopra esposto; prima perchè esso agisce come una sorta di diaframma e poi perchè l'attrito, in causa del tipo di stratificazione, è maggiore in senso verticale che non nel senso orizzontale.

Ora è evidente che a provocare delle correnti con risucchio dal basso si attiva una corrente dall'alto verso il fondo con conseguente mescolamento delle diverse falde acquifere e peggioramento delle qualità di potabilità della falda profonda.

d) *L'esecuzione del progetto*

Sull'esecuzione di questo progetto è riferito ampiamente nella relazione tecnica, per cui io posso limitarmi a poche osservazioni di dettaglio.

Durante l'avanzamento del cunicolo l'ing. Cristofolini fece eseguire a titolo d'esperimento alcuni piccoli sondaggi sulla parete di destra cioè sul diaframma roccioso che separa il cunicolo dal serbatoio colmato della serra Madruzzo. Queste piccole prese d'acqua, come pure qualche altra spontanea che si verificò in corrispondenza di qualche diaclase, diedero, com'era da aspettarsi, un'acqua con caratteristiche in tutto eguali a quella dei tubi della serra Madruzzo. Le temperature e le analisi che vi si riferiscono sono raccolte nella fig. 17 sotto la denominazione Sorg. I, II, III, IV.

Arrivato il cunicolo poco oltre la serra (Vedi pianta della fig. 14) avvenne l'irruzione improvvisa d'acqua accompagnata da sabbia e ciottoloni, ambedue porfirici.

Quest'eruzione fu causata da una faglia che attraversa con andamento obliquo il cunicolo e che presenta delle salbande di roccia frantumata, evidentemente per opera del solito apparato di frizione e formazione di brecciole, che accompagna tali faglie. Lungo questa zona di roccia frantumata, l'acqua, sotto la pressione di tre atmosfere, ha aperta una falla fuori programma e che ha dimostrato una volta di più come sia necessario che gli operai s'attengano rigidamente alle istruzioni, una volta arrivati vicino alla parete del bacino acquifero, di avanzare cautamente facendosi precedere da colpi di sonda di 3-4 m.

Anche la sorgente N° V è in corrispondenza di una frattura della roccia (diaciasi). Così si spiegano le anomalie della composizione chimica e della temperatura di una delle due polle che evidentemente non è in comunicazione colla falda freatica, ma viene per certo dall'alto, seguendo un suo sistema di diaciasi.

Il burrone antico fu trovato, come è detto nella relazione tecnica, a m. 55 dal punto di diramazione dove cioè s'era previsto di poterlo incontrare in base ai rilievi geologici della superficie combinati coi dati forniti dalla galleria dell'impianto idroelettrico. (Vedi fig. 14).

E' opportuno qui rilevare che le due prese VI e XI risultano a quote differenti. La prima è a 292.47 m., colla seconda presa invece, in seguito all'esperienza fatta si arrivò a q. 288.80 vale a dire alla soglia di roccia in parola.

Questa differenza di quota può spiegare anche la differenza di temperatura delle due prese.

Vale però la pena di notare che al momento in cui il burrone antico fu attraversato, l'acqua della presa era di temperatura *superiore* a quella della presa della VII e che solo nei mesi seguenti essa andò rapidamente abbassandosi fino a diventare *inferiore* a quella di quest'ultima.

Io spiego questo curioso fenomeno ammettendo che nei primi tempi all'acqua freatica profonda si mescolasse acqua proveniente dalle cavità del conglomerato, cavità che progressivamente finirono col vuotarsi.

Il burrone risultò ancor più profondo del nuovo (non si sa di quanto) e con ciottoloni enormi (i più grandi 1 metro di diametro).

Le allu-
temen-

In
vori d
boati.

Q
un pe
visioni

L
mento

l'ing.
tolta c

i 10 e
perchè

il fenc
si veri
samen

delle
state c

Q
risultò
quella

M
risulta
l'acqu

Esso i
ratori
sterile

pura
A

(Vedi
presa
le ac

grado
[
ratori
tate c
dati c
sole 4

Le alluvioni sono in parte cementate ed in esse sono scavati, evidentemente per effetto della circolazione delle acque, dei vuoti.

In corrispondenza di questi vuoti sono avvenuti durante i lavori degli spostamenti di materiale che diedero origine a paurosi boati.

Quanto ai risultati finora raggiunti ben si può dire oggi, dopo un periodo di prova di 4 anni, che essi hanno confermato le previsioni in un modo che meglio non si poteva sperare.

La temperatura infatti ha precisamente la misura e l'andamento previsto. Come si vede dai diligenti diagrammi riportati dall'ing. Cristofolini (Vedi fig. 17) la temperatura dell'acqua freatica tolta dalla prima presa vicinissima alla serra oscilla attualmente fra i 10 ed i 13° e quella dell'antico burrone è ancor più favorevole perchè varia da 8.5 a 13. Ma quello che più importa è di notare il fenomeno d'inversione termica per cui i minimi di temperatura si verificano nei mesi estivi ed i massimi in quelli invernali, precisamente come s'era previsto (Vedi a pag. 382). In tal modo l'acqua delle nuove prese migliora la temperatura dell'acquedotto sia d'estate che d'inverno.

Quanto alla composizione chimica dell'acqua la sua durezza risultò di 11.4, a 12.8 e 14.1, quindi solo leggermente superiore a quella generale dell'acquedotto che è di 10.6.

Ma quello che costituisce uno dei più interessanti e notevoli risultati di quest'esperienza è il grado straordinario di purezza dell'acqua di questa falda freatica profonda di una valle torrentizia. Esso infatti risultò al primo esame batteriologico eseguito nel laboratorio di Stato dal dott. Rigoni il 3 agosto 1921 assolutamente sterile (germi dopo 14 giorni N° 0) vale a dire di gran lunga più pura delle acque da tavola in commercio.

Anche dall'esame batteriologico fatto quattro anni dopo (1926), (Vedi tab. II a pag. 12 della relazione tecnica) in condizioni di presa meno buone perchè non fatte direttamente al punto di sbocco, le acque freatiche risultano batteriologicamente pure allo stesso grado o meglio delle più reputate acque minerali da tavola.

[Giova qui far notare che i dati batteriologici forniti dal Laboratorio di Stato di Trento si riferiscono al numero di colonie contaminate dopo 5 giorni, mentre in Germania ed in Svizzera (Vedi i dati di Hug, Keilhack e Rueger in *op. cit.*) il computo si fa dopo sole 48 ore].

La costruzione di questi cunicoli è necessaria anche per misurare il massimo della capacità di erogazione dal bacino, capacità che non conosciamo ancora esattamente.

In teoria, attribuendo al bacino colmato una capacità totale di 4.000.000 di m³ ed assegnando alle ghiaie un volume dei pori del 25 %, avremo una capacità d'acqua di 1.000.000 di m³. Ma poichè la corrente d'acqua freatica è superiore ai 100 l" è evidente che noi possiamo erogare questo quantitativo senza mai intaccare la provvista d'acqua. Spingere l'erogazione oltre questo limite sarebbe ben possibile, ma non è assolutamente conveniente, giacchè in questo caso il serbatoio dovrebbe rifornirsi d'acqua a spese del corso d'acqua superficiale.

Mentre infatti attualmente in tempi di portata normale il livello dell'acqua freatica deve essere press'a poco eguale a quello del corso d'acqua, con oscillazioni insignificanti in più o in meno, un'erogazione d'acqua superiore a quella della portata della falda freatica provocherebbe un abbassamento del suo livello e quindi la formazione di una corrente che dal corso d'acqua scende entro le alluvioni coll'effetto di rendere più intensa la mescolanza d'acqua corrente colla falda superficiale del fiume. Nelle vicinanze della presa poi l'abbassamento della falda freatica sarebbe ancor più da temersi perchè esso si effettuerebbe come indica il terzo schizzo della fig. 23.



FIG. 23

Per queste considerazioni è necessario poter sapere fin d'ora quale sia praticamente la capacità d'erogazione di buona acqua potabile dal bacino. Dico buona acqua potabile perchè è evidente, dopo quanto s'è visto sulle proprietà delle acque freatiche, che essa non può far assegnamento altro che sulle falde d'acqua profonde. E' chiaro ancora che, allo scopo di non alterare il regime della temperatura e mantenere il minimo durante l'estate, è necessario non aumentare nemmeno la velocità della corrente freatica profonda oltre certi limiti.

Orbene: per conoscere quale sia il limite di capacità di erogazione di buona acqua potabile non so mezzo migliore e più sicuro che ricorrere ad un esperimento pratico che consiste nell'erogare per un periodo di tempo sufficientemente lungo (per es. un anno) un quantitativo d'acqua superiore alla capacità teorica prevista, fino ad ottenere l'annullamento del fenomeno d'inversione termica ed un abbassamento del grado di durezza.

Ottenuto quest'effetto si avrà la certezza d'aver oltrepassati i limiti consentiti ad una razionale erogazione; dopo di che si ridurrà questa alla portata riconosciuta per normale, chiudendo alcuni dei fori di sonda di ciascun cunicolo e lasciandoli come riserva contro l'insidia dell'insabbiamento.

Sarebbe del resto opportuno che i fori di sonda fossero muniti di rubinetti speciali a chiave che permettessero di chiudere i tubi, ma lasciassero, in caso d'insabbiamento, la possibilità d'introdurre una barra di ferro per provocare l'uscita della sabbia che ostruisce i pori della ghiaia.

Una necessità più urgente è quella di procedere ai lavori di restauro della diga di Ponte Alto in modo da otturare almeno le più grosse falle e soprattutto quella fessura che è andata formandosi sul fianco destro (W.) della diga e dalla quale il bacino perde una notevole quantità d'acqua. Questi lavori di restauro sono tanto più necessari in quanto a lungo andare queste fughe d'acqua non previste, mentre non servono per nulla affatto a diminuire la pressione idrostatica sulla diga, ne minano lentamente la compagine della muratura e la sicurezza dell'impostazione sul fianco.

Ritengo pure necessario scavare, poco a monte della diga, due pozzetti di controllo per tenere in osservazione le oscillazioni di livello della falda d'acqua freatica.

Sarebbe anche da prendere in considerazione lo scavo di una galleria di derivazione che partendo da quella rientranza che si trova immediatamente a monte della diga sulla sinistra del Fersina, ne derivasse le acque immettendole nuovamente nel loro alveo qualche decina di metri a valle della serra Madruzzo.

Data la pendenza fortissima basterebbe per derivare le morbide ordinarie un semplice cunicolo che, per la rapidità con cui sarebbe in seguito allargato dall'erosione delle acque, diventerebbe ben presto capace di smaltire anche le piene. Si otterrebbero con questa deviazione due scopi egualmente importanti e cioè risparmiare le due dighe, sottraendole alle forti vibrazioni che subiscono per

effetto
tanare
terrane
Ne
colo ba
uno str
del vi
idraulic
In
Camina
il versa
bilità d
temersi
pericolo
o faglie
d'acqua

f) Studi
tan,

Il r
ed in g
si verifi
600 litri
una seco

Per
della dig
Weber ¹⁾
delle Az

Risu
le fonda
tata sul

La
continua

La c
un canal

1) W
2) L
Poichè la
esser l'ero
porfirici, s
ogni 10 an

effetto delle cascate in piena (130 m³) e nello stesso tempo allontanare il corso d'acqua dalla zona corrispondente alle prese sotterranee.

Nel tempo stesso sarà utile impermeabilizzare il fondo del piccolo bacino di trattenuta dell'impianto idroelettrico collo stendervi uno strato d'argilla, il che si può fare con minima spesa servendosi del vicino deposito argilloso della Caminada e del trasporto idraulico.

In fine sarà necessario sistemare le fognature dell'osteria della Caminada e di quella di Ponte Alto in modo da evitare non solo il versamento delle acque luride nel Fersina, ma anche la possibilità d'infiltrazione nel sottosuolo; quest'ultime sono tanto più da temersi in quanto le case sorgono sulla roccia viva e quindi c'è il pericolo che le fognature si mettano in comunicazione con diaclasi o faglie che rapidamente possono metterle in contatto con gli strati d'acqua freatica profondi.

f) *Studio di una seconda presa d'acqua potabile alla serra di Cantanghel*

Il rapido sviluppo della città, la sua iniziata industrializzazione ed in generale il continuo aumento del consumo per abitante che si verifica ovunque fino ad arrivare (nelle città americane) a 500-600 litri a testa, mi hanno consigliato di studiare la possibilità di una seconda presa d'acqua alla diga di Cantanghel.

Per studiare questo nuovo progetto mi sono servito dei piani della diga e del suo bacino di trattenuta contenuti nell'opera del Weber ¹⁾ completati da ulteriori rilievi eseguiti dall'ufficio tecnico delle Aziende municipalizzate, e qui riprodotti.

Risulta da questi rilievi che la corona della serra è a q. 369.40, le fondazioni a q. 345.70. Queste fondazioni sono fatte a volta gettata sul burrone del quale non fu raggiunto il fondo.

La corrente d'acqua freatica passa quindi sotto quest'arco e continua verso Ponte Alto.

La diga è stata costruita nel 1884 ed il Fersina è stato deviato in un canale scavato sulla sua sinistra nella viva roccia ²⁾ (Vedi fig. 24).

1) WEBER v. EBENHOF, *Op. cit.*

2) L'acqua ha scavato nella roccia calcarea un canale profondo due metri. Poichè la deviazione funziona solo dal 1884 si può calcolare quanto rapida possa esser l'erosione d'un torrente armato di buoni strumenti, come sono i ciottoli porfirici, sul calcare. La media annua dell'erosione è di cm. 5, ossia di 0.5 m. ogni 10 anni.

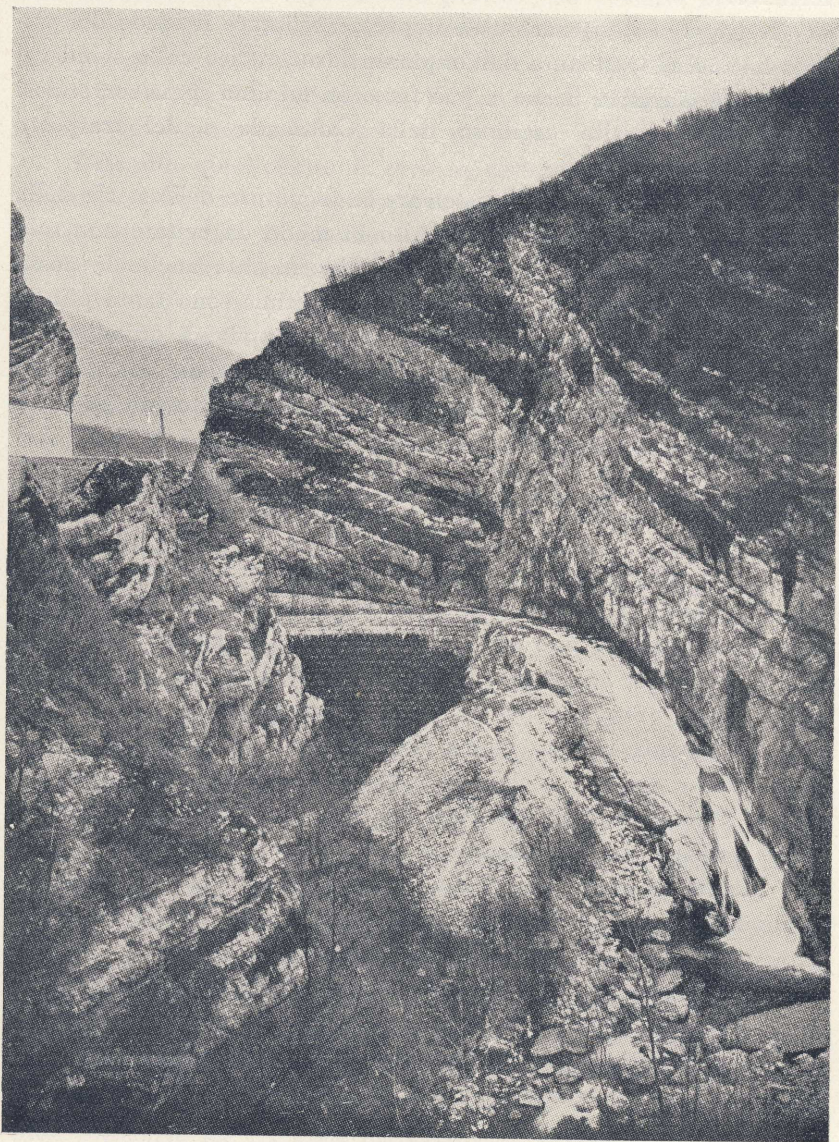


FIG. 24 - *Serra di Cantanghel*. A sinistra in alto lo stradone di Pergine. Nel centro la serra, la cui corona asciutta risulta più chiara della parte più bassa tenuta umida dall'acqua freatica, della quale la linea di demarcazione fra le due zone, segna il livello sotterraneo. A destra lo scarico in roccia col nuovo canale scavatosi dal torrente in 42 anni. La roccia è formata da strati di « calcari grigi » del Lias.

TAV. XII

SERRA DI CANTANGHEL

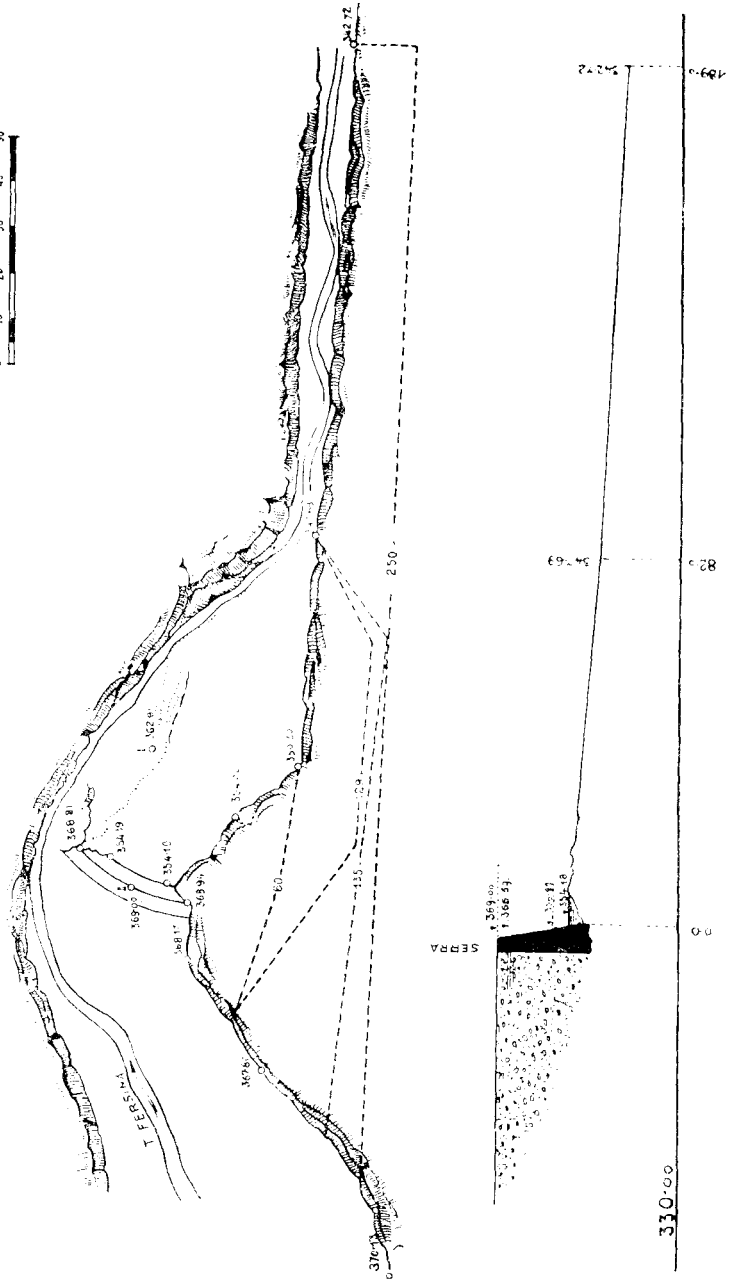


FIG. 25 - Progettata derivazione d'acqua alla serra di Cantanghel.

Tutte queste particolarità spiegano come il livello dell'acqua freatica sia, in tempi di magra, un paio di metri più basso della corona della diga (Vedi figure: 18, 19 e 25).

Sullo spessore delle alluvioni s'è già detto a pagina 380 che un sondaggio praticato a circa tre quarti di chilometro a monte della serra non ha raggiunto il fondo dopo aver attraversato 40 metri di alluvioni.

Noi possiamo quindi far calcolo su 40-45 metri di spessore e su una larghezza di 300 metri. Il dislivello, calcolato per il tronco che va dalla confluenza del Fersina col Silla alla diga di Cantanghel è di 15 metri su un percorso di 1250 metri. (Rilievo dell'ing. Cristofolini del 1926. (Vedi fig. 18).

Si hanno quindi i seguenti valori:

$$a = 0.012, F = 40 \times 300 \times 0.25 = 3.000 \text{ m}^2$$

Il valore di k è, secondo le esperienze fatte, eguale a quello adottato per Ponte Alto così che si avrà $u = 0.0006$ oppure seguendo il criterio prudenziale $u = 0.0003$.

Si avrebbe pertanto per la sezione intera una capacità di deflusso decupla di quella calcolata per Ponte Alto.

Sulla lunghezza della galleria di derivazione c'informa la fig. 25 dalla quale si vede che con una galleria di 58 m. si realizzerebbe un salto di 17 m., con una di 118 m. di 20 m. e con una di 135 m. di 22 m. ed in fine che per raggiungere la falda freatica ad una profondità di 28 m. il cunicolo dovrà avere 250 m. di lunghezza.

In queste condizioni di cose sarebbe certo consigliabile eseguire quest'ultimo progetto perchè una profondità di 28 m. darebbe garanzia di attinger un'acqua assai simile per purezza e temperatura a quella trovata a Ponte Alto.

E' vero che si potrebbe in fondo raggiungere lo stesso scopo con un cunicolo di soli 50 m. purchè, arrivati in prossimità della parete di roccia, si scavasse un pozzo di una decina di metri, ma è evidente che la maggior spesa occorrente per la presa a deflusso libero sarebbe sufficientemente compensata dalla semplicità dell'impianto sia di costruzione che d'esercizio.

Quanto alla qualità dell'acqua ritengo che essa, ad eguale profondità, dovrebbe essere almeno d'un grado più fresca di quella di Ponte Alto, e ciò in ragione della maggior altezza sul l. d. m. e della maggior vicinanza al bacino del lago di Caldonazzo.

L
non p
dolor

V

I
d'acq
bacin
idroel

L
a 500

un au
trebbe

tratten
di ess

terebb
ed in

sima r
trebbe

fig. 25
far co

T
deriva

bile ch
N

d'indo
rale e

A
gera il

proces
deposi

un bac

1)
« Annua

2)
Alleghe
tata sol

Anche la durezza dovrebbe esser minore perchè le alluvioni non posano che per un tratto assai più breve su rocce calcaree o dolomitiche.

VI. - *Utilizzazione del bacino di colmatazione di Cantanghel come bacino di riserva dell'impianto idroelettrico*

Le cifre risultanti dal calcolo della portata della corrente d'acqua freatica a Cantanghel suggeriscono l'idea di utilizzare quel bacino colmato anche come riserva d'acqua invernale dell'impianto idroelettrico del Fersina.

Il Fersina infatti subisce d'inverno magre tali che riducono fino a 500 l" la sua portata¹⁾. In questo stato di cose è evidente che un aumento di portata, anche solo di qualche centinaio di l", potrebbe dare una maggior elasticità all'impianto, tanto più che si tratterebbe di acqua di serbatoio, che pur senza aver la possibilità di esser erogata a volontà come quella di un bacino a lago, permetterebbe fino ad un certo punto d'essere regolata nel suo deflusso ed in ogni caso sarebbe sempre disponibile nei momenti di massima magra. L'esecuzione di un simile progetto di derivazione potrebbe limitarsi alla costruzione di una galleria di soli 60 m. (Vedi fig. 25), giacchè anche con 17 m. di dislivello si potrebbe sempre far conto su una discreta erogazione.

Tuttavia sarà bene considerare l'opportunità d'un cunicolo di derivazione unico che serva tanto per la futura presa d'acqua potabile che per la derivazione a favore dell'impianto idroelettrico.

Non sarà qui del tutto fuor di luogo fare una considerazione d'indole generale sull'utilizzazione delle acque freatiche in generale e dei bacini di trattenuta colmati in particolare.

A questo proposito si può dire che in generale mentre si esagera il danno dell'insidia solida nel senso che non si tien conto del processo di ritardo nella colmatazione che ha luogo per effetto del deposito di ghiaie fuori dell'alveo lacustre²⁾ non si pensa che anche *un bacino colmato rappresenta sempre un serbatoio d'acqua che in*

1) Vedi BATTISTI CESARE, *Appunti d'idrologia sul bacino della Fersina*, in « Annuario Soc. Alp. Tridentini », Trento, 1899, Vol. XX, 1896-98.

2) Vedi in proposito il mio studio sul processo di colmatazione del Lago di Alleghe nella memoria: DOTT. G. B. TRENER, *Osservazioni geologiche sulla portata solida dell'Avisio*, Trento, Tip. Mutilati, 1923.

determinate condizioni, prima fra le quali una forte pendenza dell'alveo del torrente, può raggiungere col tempo la capacità del bacino quale era prima della colmatazione.

Per spiegare e chiarire quest'asserzione che ha tutta l'aria di un paradosso, riporto qui la tabella che illustra le colmatazioni del Lago di Alleghe.

COLMAZIONE DEL LAGO DI ALLEGHE

ANNO	Periodo di anni	Lunghezza del lago in m.	Profondità massima	Diminuzione di prof. cm. per anno	Volume d'acqua	Periodo d'anni	Colmatazione del lago		Depos. alluvioni fuori bacino		
							Volume totale	m ³ per anno e Km ²	Volume totale	m ³ per anno e Km ²	
1771 (11 genn.)	—	4500	52	—	16.900.000	—	—	—	—	—	
1845	75	—	28	35	9.500.000	1771-1845	7.400.000	398	783.000	440	
1887 (sett.)	42	1840	22,5	13	6.847.028	1845-1887	2.652.982	255	2.299.000	220	475
1922	27	1600	18,5	12	5.887.168	1887-1922	959.260	143	1.085.000	125	—
1771 - 1922	152					1771-1922	11.012.242	293	4.167.000	110	403

Si apprende da questa tabella che la colmatazione d'un bacino diventa sempre più lenta in progressione di tempo pel motivo che la quantità di ghiaie depositate da un torrente fuori bacino aumenta continuamente, mentre quelle che arrivano al lago diminuiscono in proporzione. Avviene anzi che dopo un certo periodo di tempo le ghiaie depositate fuori del bacino superano quelle delle ghiaie di colmatazione. Che cosa avvenga a colmatazione finita lo possiamo desumere dal grafico della fig. 26 dal quale vediamo che il volume delle ghiaie depositate fuori bacino è diventato doppio di quelle di colmatazione.

Nei bacini di trattenuta d'un torrente montano ad alluvioni grossolane e di una forte pendenza possiamo dire che in generale a colmatazione finita ed a normalizzazione del profilo compiuta il volume complessivo delle alluvioni trattenute per effetto dello sbar-

ramen
narian
O
uguale
delle s
il bac
e v' il
che



Se
origine
volum

N
di cap
freatic
di que
T
ghiaie
d'acqu
S
piene

ramento è diventato il triplo di quello del bacino d'acqua originariamente creato.

Ora, siccome l'acqua freatica che si accumula nelle alluvioni è uguale al volume dei loro pori e questo è circa un terzo di quello delle ghiaie, così abbiamo, se v è il volume d'acqua di cui è capace il bacino, $2 v$ il volume delle alluvioni accumulate fuori bacino e v'' il volume dell'acqua freatica nelle ghiaie a colmazione finita, che

$$v' = \frac{v + 2 v}{3} = v$$

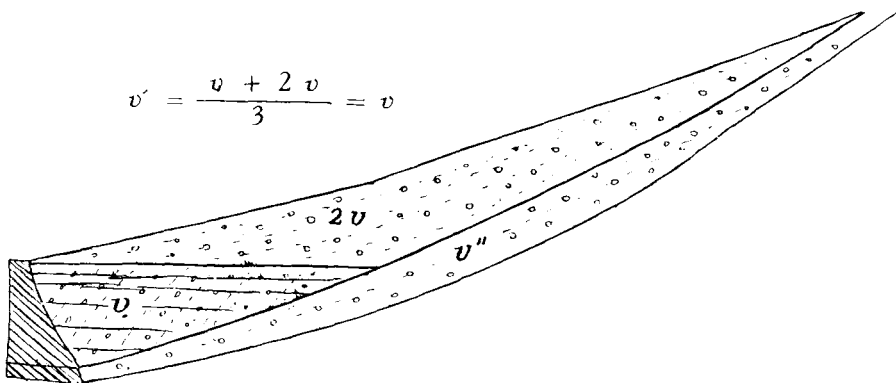


FIG. 26

Se però il corso d'acqua sbarrato dalla diga non correva in origine sulla viva roccia, ma su alluvioni, allora risulta che il volume dell'acqua freatica v' è $>$ di v perchè si avrà

$$v' = \frac{v + 2 v + v''}{3} = v + \frac{1}{3} v''$$

Non credo ci sia bisogno di far notare che questa eguaglianza di capacità è solo teorica perchè in pratica da un bacino di acqua freatica l'acqua si può erogare con una velocità minima in confronto di quella colla quale si può vuotare il bacino.

Tuttavia in bacini montani che vengono per lo più colmati da ghiaie e sabbie grossolane e poco o nulla argillose, l'erogazione d'acqua può raggiungere una portata relativamente notevole.

Si pensi infatti a corsi d'acqua alpini del tipo dell'Avisio con piene di 1200 m^3 e magre di 5 m^3 e si capirà che anche un solo

m³ d'acqua freatica disponibile sempre, anche in minima magra, rappresenta un contributo non disprezzabile.

Anche alla difficoltà d'erogazione che presentano i bacini d'acqua freatica si può del resto rimediare creando a valle dei piccoli bacini di accumulazione o servendosi di quelli esistenti nel caso che sul corso di acqua esista una serie di due o più bacini.

Di bacini d'acqua freatica utilizzabili praticamente e con notevoli effetti non esistono però solo quelli artificiali, ma ve ne sono anche di naturali, creati, invece che da dighe da sbarramenti naturali, come frane e conoidi di deiezione.

Di tali bacini ne ha ad esempio, due il Sarca, uno a valle di Tione ed a monte del burrone della Scaletta, l'altro fra Toblino e le Marocche.

Quest'ultimo che fu oggetto di particolari studi¹⁾ si sta ora appunto sfruttando per gl'impianti idroelettrici di Trento.

Com'è noto, questi impianti utilizzano in due salti una rapida del fiume creata dallo sbarramento delle enormi frane delle Marocche. Questo sbarramento ha prodotto a monte un bacino di colmatazione di rilevanti dimensioni ed ha fatto ristagnare l'acqua freatica tal quale come farebbe una diga di trattenuta.

Questa falda è stata tagliata da un canale artificiale che attraversando la vallata ed incidendo il piano alluvionale per qualche metro, dà luogo a numerose risorgenti della portata di un paio di m³ che finora andavano perduti pel I salto perchè si riversavano nel Sarca solo a valle della presa dell'impianto di Fies.

In seguito allo studio fatto sul regime delle acque freatiche di questa zona²⁾ avevo concluso suggerendo l'idea di sbarrare il canale di raccolta delle sorgenti (Rimone di Drò), provocare così un innalzamento di livello della falda freatica e servirsene come di un serbatoio da vuotare durante le magre a beneficio dell'impianto di Drò (II salto).

In pratica però, per la grande permeabilità delle frane in cui per gran parte è scavato il canale, questo sbarramento non è riuscito, ma l'ing. R. Capraro, direttore dell'impianto, modificando in

1) Vedi: TRENER G. B., *Geologia delle Marocche*, in «Gli impianti idroelettrici della Città di Trento», 1924.

2) *Op. cit.* Carta delle isobate della falda d'acqua freatica. (Vedi fig. 2).

modo ge
solleva l'
batoio di
nel I salt
ferente s
portata c
Ma :
mesi una
disponibi
paio di
grande i

Coll'
tica il cc
a prende
delle ant
dell'acqu
A q
razionali
rendimen
analisi, q
e quali

a) S
nente le
po di se
Anche U
che il lo
Qua
sono rel
dizio ch
L'es
tavia qu
pregi.
Da
presa, s

modo geniale il progetto piantò invece sul canale una pompa che solleva l'acqua freatica d'un paio di metri e la getta nel lago serbatoio di Cavedine (q. m. 235.80), con che si utilizza l'acqua anche nel I salto (54 m.), con un aumento di portata continua non indifferente se si considera che le magre eccezionali possono ridurre la portata complessiva del Sarca a 5.5 m³.

Ma anche nelle magre ordinarie il Sarca ha per quasi quattro mesi una tale riduzione di portata (9-14 m³) in confronto di quella disponibile negli 8 mesi delle morbide (più di 24 m³) che questo paio di m³ rappresentano pur sempre un elemento integrativo di grande importanza.

VII. - Sistemazione definitiva delle prese d'acqua dell'acquedotto di Trento

Coll'esecuzione e sistemazione delle nuove prese d'acqua freatica il compito di questo studio non è ancor finito. Ci resta ancora a prendere in considerazione la sistemazione delle vecchie prese delle antiche sorgenti, sempre in vista d'un generale miglioramento dell'acqua potabile della città.

A questo scopo conviene esaminare se le vecchie prese sieno razionali e suscettibili di miglioramenti, sia dal punto di vista del rendimento, sia da quello della potabilità e decidere, in ultima analisi, quali si debbano migliorare, quali possano restare come sono e quali eventualmente abbandonare.

a) *Sorgenti di Villazzano.* — Dalle tabelle della fig. 17 contenente le misurazioni di temperatura noi vediamo come questo gruppo di sorgenti sia sotto questo punto di vista uno dei migliori. Anche le analisi chimiche risultano favorevoli perchè dimostrano che il loro grado di durezza è assai basso.

Quanto alle portate (fig. 16) si può notare che le variazioni sono relativamente piccole, il che ci conferma nel favorevole giudizio che si può dare su queste sorgenti.

L'esame batteriologico invece pur essendo favorevole non è tuttavia quale si potrebbe aspettarsi da un'acqua che ha tanti notevoli pregi.

Da quanto s'è detto a pag. 350 sul tipo veramente primitivo di presa, si deve però concludere che con un'opera di presa razionale

che impedisca durante i tempi di piogge prolungate il mescolamento, ora inevitabile, di acque piovane con quelle delle sorgive, anche l'esame batteriologico dovrebbe riuscire di gran lunga più favorevole.

Da una nuova presa razionale ci sarebbe pure da aspettarsi un aumento di portata e anche una leggera diminuzione di temperatura.

b) *Sorgenti di Povo (Fol)*. — L'eliminazione di quest'acqua dal nostro acquedotto è stato il sogno di parecchie generazioni di tecnici del comune.

Infatti essa è la peggiore di tutte quelle del nostro acquedotto.

Nelle stagioni piovose il numero di germi sorpassa i limiti consentiti ad una buona acqua potabile e la sua durezza è veramente eccessiva (600 mg. di residuo secco per litro, di CaO, di MgO, pari a 29° di durezza).

La poca purezza batteriologica dipende evidentemente dalla deficienza delle attuali prese che sono quanto mai di primitivo ed irrazionale si possa immaginare.

Come s'è detto a pag. 351 le polle sgorgano da un deposito alluvionale (alti terrazzi) che posa sui tufi porfirici a conglomerati ed in parte sulle arenarie del permiano.

Questo deposito alluvionale è inciso profondamente dal torrente Salè ed è lungo le due scarpate formate da questo solco vallico che sgorgano le polle della falda acquifera.

Ora le prese attuali consistono semplicemente in due fossi (coperti) di raccolta scavati a poca profondità del suolo.

In queste condizioni è evidente che le acque del Salè e le acque piovane devono mescolarsi a quelle della falda acquifera.

Ad ovviare al primo inconveniente s'è provvisto coll'incanalare il ruscello in un letto impermeabile, ma contro il secondo, cioè contro le infiltrazioni dell'acqua piovana e dell'acqua d'irrigazione non ci sarebbe altro rimedio che di rifare la presa ex novo costruendo nei tufi porfirici una galleria in direzione (A) e due traverse (Vedi fig. 27) che devono essere spinte sotto il deposito alluvionale fino a poter catturare la falda acquifera in un punto sufficientemente protetto da un conveniente spessore di alluvioni, dalle infiltrazioni dell'acqua piovana.

Questa nuova presa sarebbe tanto più consigliabile in quanto servirebbe anche ad aumentare la portata.

Disg
condo gr
durezza
narie e n

A si
Fersina, i
gente del
quanto m

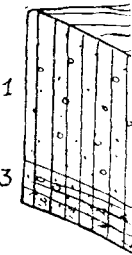


FIG. 27 - D

Sorg
gruppo di
d'aumenta
una delle
il diafran
vioni. Qu
della sorg
in sempli
garantisco

Disgraziatamente però con questo lavoro non si rimedia al secondo grave difetto della sorgente cioè alla sua veramente eccessiva durezza giacchè quest'ultima dipende dalla natura degli strati arenarie e marne gessose, evidentemente attraversate dalle acque.

A sistemazione finita delle prese d'acqua freatica in Val del Fersina, io credo pertanto che si debba eliminare affatto questa sorgente della quale intanto si dovrebbe sistemare subito la presa o quanto meno se ne dovrebbe far uso solo in tempi di massima magra.

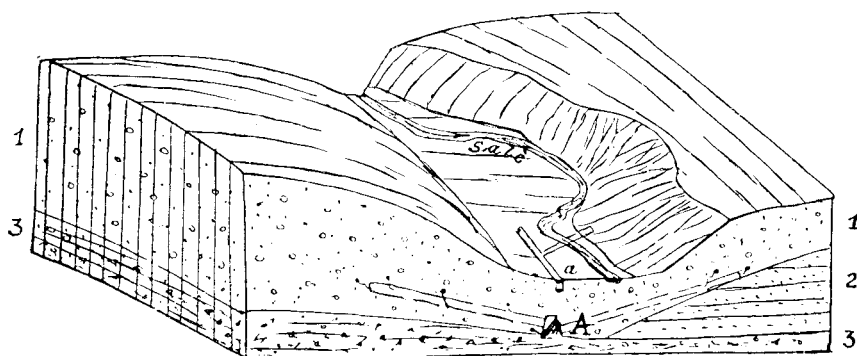


FIG. 27 - 1) Alluvioni degli alti terrazzi; 2) Arenarie permiane; 3) Tufi porfirici.

Sorgenti Maestranzi e Ponte Alto — Data l'origine di questo gruppo di sorgenti (Vedi pag. 352) non è da pensare alla possibilità d'aumentarne la portata. Si potrebbe però tentare di prolungare una delle gallerie filtranti scavate nella scaglia in modo da forare il diaframma roccioso ed attingere l'acqua direttamente dalle alluvioni. Questa operazione dovrebbe mirare a prosciugare le polle della sorgente Maestranzi le cui prese consistono, come fu detto, in semplici fosse di drenaggio anzichè in gallerie profonde e non garantiscono sufficientemente dalle infiltrazioni piovane.

CONCLUSIONE

Dal complesso degli studi fatti risulta che la Città può provvedersi di buona acqua potabile ed in misura abbondante senza ricorrere all'esecuzione di uno dei grandi acquedotti che nell'anteguerra si credeva costretta a costruire.

Colle nuove catture *d'acqua freatica profonda* e con opportuni ritocchi alle prese delle vecchie sorgenti la città può mettersi in grado di distribuire più di 300 litri d'acqua a testa di una temperatura (al serbatoio) di poco più di 9° misurati nel periodo estivo e d'una purezza eguale a quella delle acque minerali da tavola, provvedendo con larghezza ai pubblici servizi, alle nuove industrie ed anche all'abbellimento della città con fontane pubbliche e giovando nel tempo stesso alle finanze comunali.

Trento, marzo 1926.

I
dei

(« At

L'es
intensifi
nere or
del fen
di cavit

An
l'estensi
loro var
fenomen

Per
meno ca
siano in
che ogn
razione
anche i
grado d
zioni ge

La
compila
varie a
lità e l
zionali

L'ic
Venezia
lato e s

Giulio Nebomas

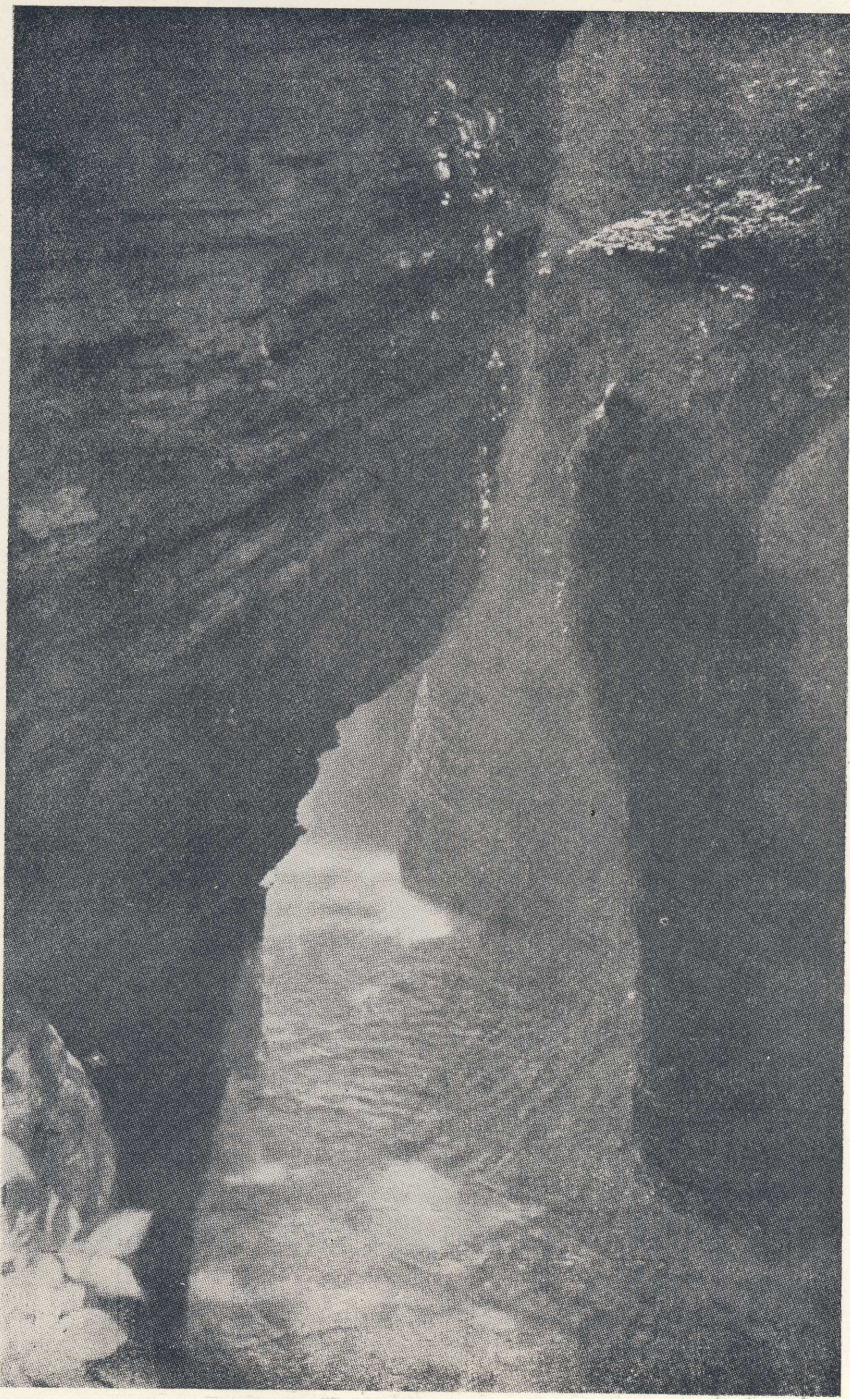
GIOVANNI BATTISTA TRENER

SCRITTI GEOGRAFICI E GEOLOGICI

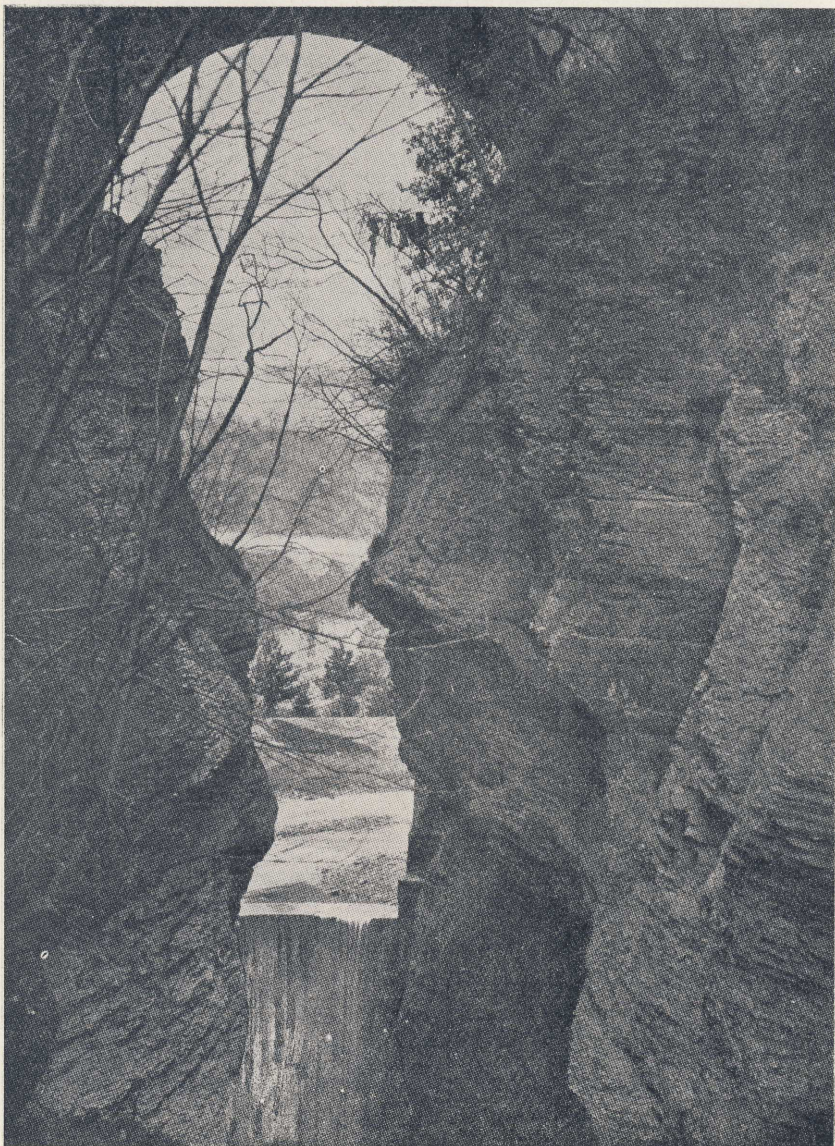
*Memorie scientifiche raccolte e ristampate a cura dei Professori
A. Bianchi, G. B. Dal Piaz, G. Morandini dell'Università di Padova
e G. Dalla Fior, M. Ferrari, V. Marchesoni, L. Tomasi del Museo
di Storia Naturale della Venezia Tridentina.*

VOLUME II

A. XXXIV - STUDI TARENTINI DI SCIENZE NATURALI - 2.1957
MUSEO DI STORIA NATURALE DELLA VENEZIA TRIDENTINA
Via Rosmini, 31
Trento, 1957



Burrone del Fersina tra le due serre.



Il burrone di Ponte Alto, immediatamente a valle della serra omonima. In alto l'arco del Ponte Alto, in basso la corona della serra. Il burrone è scavato nella scaglia della quale si rilevano bene la stratificazione e le diaclasi.

(« L'Acqu
f

La
stra di m
non è t

Que

gica e s

Str

revole g

permeal

meabili.

superior

riore (b

norico e

Com

ne dell'e

marne e

piano la

del Wer

carbonif

Mol

presenta

pratica,

monti d

calcari e

del Tri