

ORIGINI, CARATTERI E MODALITA' DI DEFLUSSO DELLE ACQUE SOTTERRANEE DELLA TESSAGLIA - GRECIA

L. ZORZI - C. REINA (*)

SOMMARIO - Attraverso un esame strutturale della regione, integrato dagli elementi raccolti su 500 pozzi, vengono individuate le caratteristiche idrologiche dei bacini di Karditza e Larisa in Tessaglia.

Sono messi in evidenza i diversi tipi di circolazione idrica in correlazione ai complessi montagnosi, l'indipendenza idrogeologica dei due bacini e le modalità con cui si compiono i cicli di alimentazione e scarico dell'idrografia sotterranea, fornendo dati orientativi sulla sua entità.

1 - Ambiente geologico e strutturale

Le pianure della Tessaglia formano due bacini di forma ellissoidale contornati da alti sistemi montagnosi, accostati in modo da assumere una conformazione ad occhiale.

Il bacino orientale di Larisa si congiunge a quello occidentale di Trikala-Karditza per mezzo della stretta di Tziotis e comunica con il mare attraverso la suggestiva valle di Tembi, che è una gola sviluppatasi su una grossa frattura elaborata dall'erosione.

Collega le due pianure il fiume Pinios il quale, assieme al Thitarisios, è il rappresentante attuale della cospicua rete idrica che, proveniente da N-O, alimentava un tempo i due antichi bacini lacustri di Karditza e Larisa, i quali ebbero a svuotarsi dopo che le grandi fratture di Tziotis e di Tembi aprirono la comunicazione tra i due bacini e tra questi ultimi ed il mar Egeo.

Il lago di Karla, posto ai piedi del monte Pilion è l'ultima testimonianza dell'antico mare interno che sommergeva la pianura; oggi esso va continuamente regredendo verso S-E e ne è prevista la regimazione mediante una galleria, già in avanzata costruzione, che lo collega al bacino di Volos.

Tra la catena del Pindos ed il baluardo cristallino che tuttora separa la Tessaglia dall'Egeo, si sono avuti gli sprofondamenti che hanno dato origine ai due bacini che oggi caratterizzano il territorio: il bacino occidentale (di Trikala-Karditza) fu abbozzato su di un substrato di terreni sedimentari mesozoici, mentre il bacino orientale (di Larisa) si è formato, nell'ambito stesso dei terreni cristallini, per un repen-

tino « graben » segnato da fratture disposte da N-O a S-E.

Lo sprofondamento dei due bacini continuò ininterrottamente durante tutto il Terziario ed in essi, che erano stati ormai invasi dal mare, si vennero via via a depositare spesse formazioni del Miocene e Pliocene, costituite in prevalenza da alternanze di limi, argille, marne, sabbie, conglomerati.

Gli immissari fluviali trasportavano, verso l'imboccatura di N-O dei due bacini, grandi masse di alluvioni che venivano depositate le più grossolane all'ingresso dei bacini, mentre gli elementi a pezzatura più piccola, le sabbie e le argille venivano lasciate via via verso S-E. Nel frattempo, attraverso le grosse discontinuità del sottosuolo, lungo le quali si era avuto lo sprofondamento dei bacini, si è svolta, in più riprese, una intensa attività eruttiva e grosse spremute di rocce intrusive di natura basica si sono manifestate in più punti delle due pianure in corrispondenza delle grosse fratture; per lo più costituite da peridotiti e da gabbri, tali rocce hanno interrotto la continuità del substrato e vengono a giorno sotto forma di grossi laccoliti che oggi invadono ampi territori.

La separazione del bacino occidentale da quello orientale rimase appena delineata dagli affioramenti di scisti cristallini e marmi, disposti da N-O a S-E, che si trovano nella zona che collega Tziotis a Farsala. Dopo il Neogene, si è avuto un notevole sollevamento che ha portato alla emersione del gruppo che oggi forma i monti Titano e Fillion per cui la separazione dei due bacini è divenuta più netta; a questo sollevamento hanno partecipato anche i depositi neogenici del bacino orientale, sicché oggi essi presentano un orlo rialzato che costituisce, a S-E, il limite orientale del bacino di Trikala-Karditza.

Nel Quaternario, l'apertura dei varchi di Tziotis e Tembi determinò lo svuotamento dell'acqua dei bacini,

(*) Dott. Ing. Leopoldo ZORZI, Membro della *Commissione Italiana per l'Idrologia Scientifica* del C.N.R.; Dott. Camillo REINA, Idrogeologo presso l'*Ente Irrigazione di Puglia e Lucania* (Bari).

nei quali si erano frattanto depositati altri terreni più recenti, ed ebbe così inizio l'assetto attuale delle pianure. In conseguenza, si modificò sostanzialmente la rete idrografica superficiale ed il Pinios, da immissario del bacino occidentale, divenne un fiume che, attraverso una fitta rete di corsi d'acqua provenienti dal settore sud-occidentale dell'antico bacino marino, raccoglie gran parte delle acque delle due pianure assorbendo anche completamente le acque del Thitarisios il quale, una volta, dilagava indipendente nel bacino orientale.

La struttura geologica e stratigrafica dei due bacini della Tessaglia è schematizzata nella Fig. 1. In particolare si osserva una diversa successione stratigrafica nei due bacini considerati il che ha una influenza determinante sulla circolazione idrica sotterranea che in essi si esplica.

Sinteticamente, la successione dei livelli principali

La serie è interrotta da intrusioni di materiale magmatico costituito da rocce intrusive basiche in prevalenza rappresentate da peridotiti e gabbri.

nel bacino orientale di Larisa

- depositi alluvionali Quaternario
- alternanze di sabbie, argille, limi, conglomerati Pliocene } Neogene
- flysch (?) Miocene }
- marmi } Materiale metamorfico
- scisti cristallini }

La serie è interrotta da intrusioni di materiale magmatico anche qui in prevalenza peridotitico.

Nei riguardi della circolazione idrica sotterranea,

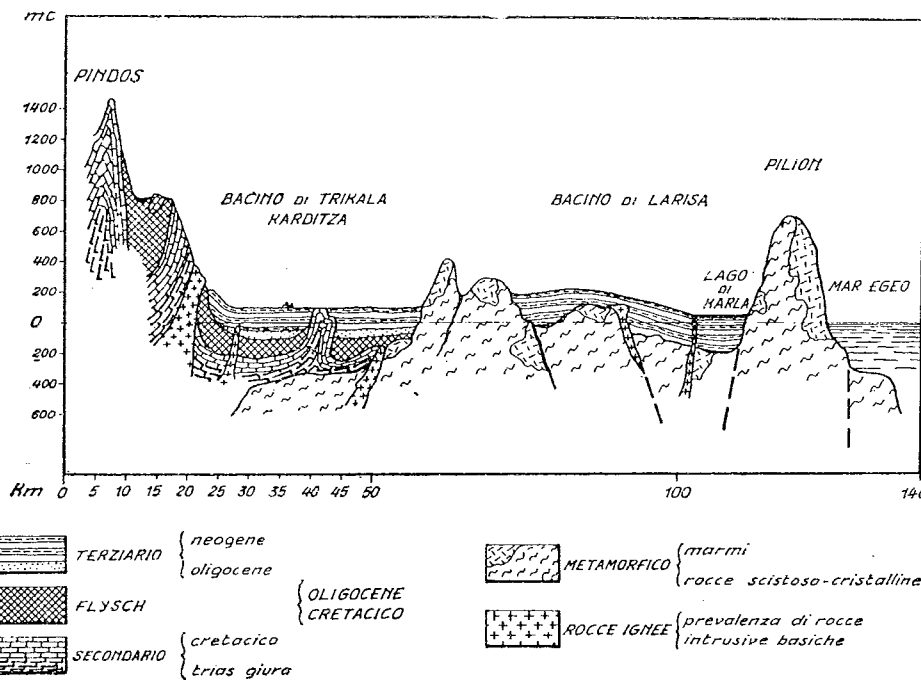


Fig. 1

può ritenersi, dall'alto verso il basso, la seguente:

nel bacino occidentale di Trikala - Karditza

- depositi alluvionali e diluviali (ghiaie, sabbie, argille, limi) Quaternario
- alternanze di sabbie, argille, limi conglomerati Pliocene } Neogene
- conglomerati Oligocene
- flysch Oligocene
- calcari Cretacico Superiore
- marmi Cretacico
- scisti cristallini } Materiale metamorfico
- scisti cristallini } Giura - Trias

i vari complessi rocciosi possono essere distinti così come è indicato nella Tabella 1.

2 - Acque del sottosuolo

La maggior parte delle montagne che circoscrivono i due bacini considerati è costituita da masse rocciose impermeabili alle precipitazioni atmosferiche in quanto formate da rocce compatte, mancanti di una continuità di fessurazione in senso verticale o da rocce, che pur essendo permeabili non apportano però, per la loro particolare dislocazione, alcun contributo idrico sostanziale alla pianura.

Si tratta, in genere, di alternanze di arenarie ed argille del flysch, di formazioni metamorfiche costituite da rocce scistose cristalline (gneiss, micascisti, quarziti, filladi) da formazioni intrusive basiche (peri-

TABELLA 1

Classificazione idrologica dei complessi stratigrafici	Tipo di permeabilità	Terreni corrispondenti
<u>NEI MASSICCI MONTAGNOSI E COLLINARI</u> MASSE ROCCIOSE PERMEABILI	— per fessurazione e carsismo — per porosità e rare grandi fessurazioni	— Calcari metamorfici (marmi), calcari dolomitici e dolomie del Cretacico e del Trias — conglomerati sabbio-ghiaiosi del Quaternario e dell'Oligocene
MASSE ROCCIOSE PERMEABILI SOLO LOCALMENTE	— per fessurazione e cataclasi- zazione — per disfacimento	— Calcari secondari del Cretacico, Giura, Trias nelle zone poco estese ma intensamente tettonizzate — masse cristalline rotte da peridotiti — masse cristalline disfatte e deteriorate nelle zone superficiali per azione atmosferica
MASSE ROCCIOSE IMPERMEABILI (nel loro complesso)	— per natura compatta della roccia, per mancanza di continuità in senso verticale o che pur comprendendo orizzonti permeabili non apportano alcun tributo idrico sostanziale alla pianura	— alternanze di arenarie e argille del flysch — formazioni metamorfiche costituite da rocce scistose-cristalline (gneiss micascisti, quarziti, filladi) — formazioni intrusive basiche (peridotiti, gabbri) — calcari del Cretacico, Giura e Trias in piccoli affioramenti e alternanze
<u>NELLE ZONE DI PIANURA E DI TERRAZZO</u>	— per permeazione di complessi a pezzatura grossolana — per porosità di strati sottili	— alluvioni fluviali costituite da grosse ghiaie e sabbie con alternanze limose e argillose — alternanze piuttosto sottili di sabbie, conglomerati, argille, marne, ligniti, gessi del Neogene

dotiti, gabbri), da calcari del Cretacico, del Giura e del Trias in piccoli affioramenti o alternanze.

I complessi fortemente permeabili sono rappresentati dai calcari metamorfici (marmi), calcari dolomitici e dolomie del Cretacico e del Trias. Essi, oltre ad essere interessati da stratificazioni normali e da una fitta rete di fratture, sono sedi di intensi fenomeni carsici. Questi calcari, assieme ad alcune placche di conglomerato del Quaternario e dell'Oligocene, rappresentano le sole zone di assorbimento delle acque; essi però sono quasi sempre isolati e circoscritti da terreni impermeabili, per cui il passaggio di acque sotterranee da tali compagini rocciose alle alternanze neogene ed alle alluvioni delle pianure è piuttosto modesto.

Difatti, lungo il piede delle montagne, e cioè lungo il perimetro delle pianure, abbondano le sorgenti di « troppo pieno », il che sta ad indicare o l'esistenza di una coltre impermeabile che sbarrava il deflusso delle acque contenute nelle masse rocciose permeabili provocandone il trabocco in superficie, oppure la scarsa ricettività delle alternanze di pianura che non riescono ad assorbire oltre un certo quantitativo d'acqua.

Si è ravvisata questa seconda evenienza presso gli affioramenti calcarei del Tirnavos, vicino a Larisa, e in quelli compresi fra Kalambaka e Tziotis, nonché

negli affioramenti cretacici del Nardakion e di Velestotes.

Fra le sorgenti periferiche principali di cui si conosce qualche dato di portata, vanno annoverate quelle del Mati (700-800 l/s), di Aghia Annis (200-400 l/s) di Velestino (300-414 l/s), di Mikrovuni (250 l/s), di Tambakos (120-320 l/s) di Vulas (350-1300 l/s). Ad eccezione di quella di Velestino, tutte queste sorgenti presentano un regime idrologico collegato, con un sfasamento più o meno lungo, a quello delle precipitazioni atmosferiche; esse, infatti, fuoriescono per trabocco da massicci rocciosi saturati da una falda direttamente ed esclusivamente alimentata dalle piogge. La sorgente di Velestino, invece, tributa una portata quasi costante nell'anno e scaturisce lungo la direttrice di una grossa faglia aperta negli scisti cristallini e allargata da una lingua ascendente di peridotiti, per cui si può presumere che il complesso delle fenditure drena l'acqua secondo un sistema che sfocia alla sorgente, con un condotto terminale in pressione. In tali condizioni le variazioni di livello nelle masse rocciose « magazzino » non influenzano in misura sensibile la portata di uscita.

Una particolare struttura presenta anche la sorgente S. Nicola (20-30 l/s) che pur essendo periferica

come le altre, non fuoriesce per trabocco della falda ma per effetto di una intrusione peridotitica che, avendo prodotto nella sua ascesa una serie di fenditure nelle masse di gneiss esistenti sulla strada di Larisa-Aghia, interseca la circolazione idrica che si svolge nel sistema di fratturazione determinatosi.

In generale, si può affermare che l'acqua delle sorgenti si tramuta, per la massima parte, in deflussi superficiali che solo raramente vengono riassorbiti nel sottosuolo della pianura.

Il ravvenamento idrico principale delle acque sotterranee della pianura sembra aver luogo, in ambedue i bacini, da N-W.

Nel bacino occidentale si osserva che a Nord di Trikala, dal varco che esisteva già ai tempi in cui il bacino era tutto invaso da acque lacustri, penetrano le alluvioni del fiume Pinios, il quale costituisce oggi la principale fonte di alimentazione idrica delle pianure. Queste alluvioni sono sature d'acqua fino ad un centinaio di metri di profondità e costituiscono la prima

tando quasi completamente sature di acqua, sono frequenti le sorgenti di emergenza come quelle di Aghia Moni, di Kumerki, di Bumbulina e di Kotta nelle quali l'acqua fuoriesce laddove il terreno, quasi sempre conglomeratico, si deprime intersecando la superficie della riserva idrica sotterranea.

I dati stratigrafici di cui si è in possesso fanno ritenere certo, e ciò assume una notevole importanza idrologica, che le alternanze neogeniche ricevono acque anche dal basso e precisamente dalle masse conglomeratiche, probabilmente oligoceniche, provenienti da N-W, nonché da formazioni calcaree di tipo sedimentario (calcarei mesozoici) e di tipo cristallino (marmi) collegate ai bacini di alimentazione esistenti ai bordi delle pianure.

Le alluvioni del fiume Pinios costituiscono l'unico collegamento idrologico tra il bacino Occidentale (di Karditza-Trikala) e quello Orientale (di Larisa). Gli accertamenti stratigrafici effettuati attestano, infatti, che sotto il profilo strutturale i due bacini sono assolu-

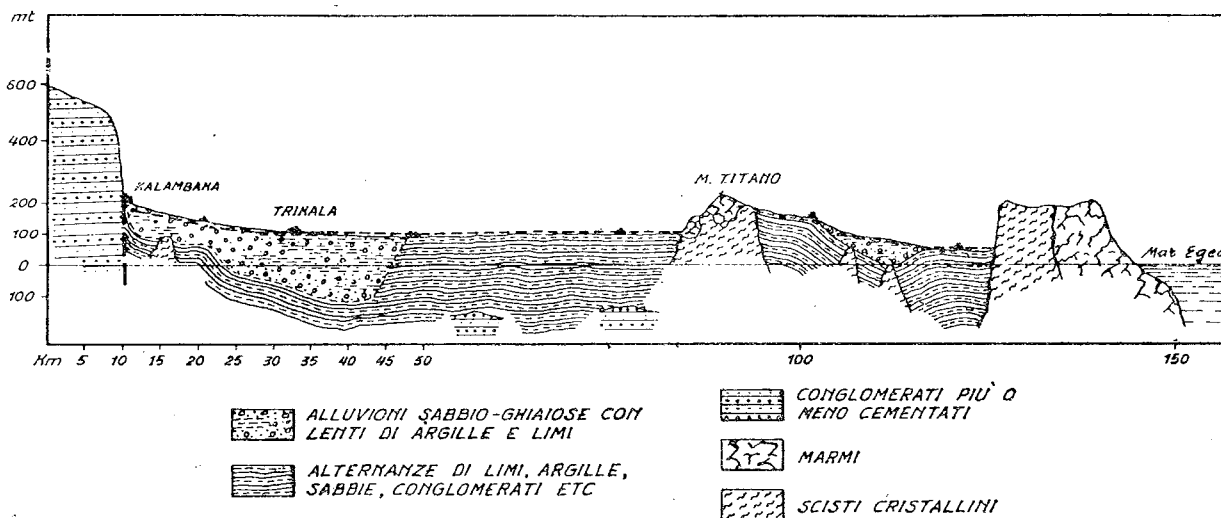


Fig. 2

riserva idrica del sottosuolo. In esse si esplica un deflusso sotterraneo di notevole entità che segue, verso S-E, le antiche deposizioni del fiume per poi piegare ad oriente, verso la stretta di Tziotis, interessando sempre il materasso alluvionale che ha, per l'appunto quell'andamento.

Essendo però in contatto con le formazioni neogeniche, come risulta dallo schema della Fig. 2, le alluvioni cedono acqua al complesso di alternanze da cui il Neogene è rappresentato, sicché una parte delle acque provenienti dal Nord si propaga nella pianura, suddividendosi in sottili strati permeabili; la ricettività delle alternanze neogeniche è piccola, rispetto a quella delle alluvioni ed a ciò si deve il fatto che anche interessandone con trivellazioni il complesso per spessori di oltre 200 metri si ottengono scarse portate, mentre nelle zone delle alluvioni le portate sono notevoli anche in pozzi di modesta profondità.

Nella zona in cui le alluvioni grossolane ricevono gli apporti idrici di disperdimento del fiume Pinios, risul-

tamente indipendenti e non comunicanti: la catena che li divide e che fa capo al monte Titano si articola su complessi metamorfici generalmente impermeabili ed incapaci a consentire il passaggio di acque da una parte all'altra: lo dimostra, inequivocabilmente, il fatto che le masse calcaree (marmi) inglobate nel sistema montagnoso suddetto danno origine, lungo i bordi occidentali e cioè verso il bacino di Karditza, a cospicue sorgenti provenienti da falde autoctone (sorgenti Matia, Mikrovuni, Chturi), il che sta ad indicare la mancanza di ricettività dei calcarei da W ad E, poiché essi stessi tributano acqua al versante W.

Attraverso la stretta di Tziotis, che costituisce l'unica finestra nel sistema montagnoso di divisione, le alluvioni del Pinios si estendono da un bacino all'altro e permettono così alle acque di subalvea di propagarsi verso Larisa.

Non egualmente accade per le acque sotterranee contenute nelle alternanze neogeniche occupanti, fin dalla superficie, la parte sud e sud-est del bacino di

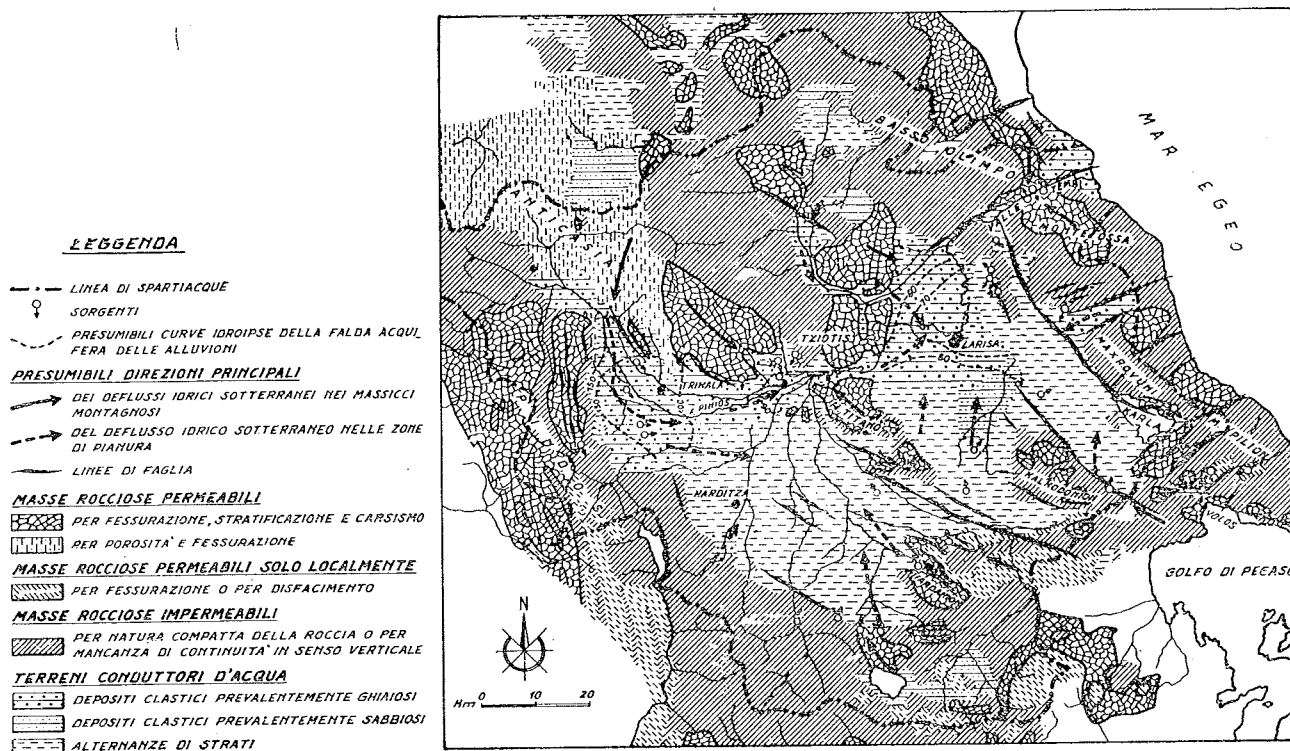


Fig. 3 Carta idrogeologica delle acque sotterranee.

Karditsa-Trikala: il loro deflusso verso il bacino orientale è sbarrato dalla catena mediana e, ciò malgrado, la superficie dei carichi piezometrici dell'intero complesso idrologico neogenico presenta una pendenza generale verso tale catena. Si è potuto accertare che esiste, infatti, una lenta e diffusa fuoriuscita di acque nell'area di pianura che borda il sistema montagnoso, il quale divide i due bacini e si estende a cavallo del fiume Epineus.

Il meccanismo della perdita di acque trova origine nella differenza di pressione esistente tra gli strati più profondi e quelli superficiali delle alternanze neogeniche (1).

In detta zona si rileva che le acque hanno una risalienza crescente in rapporto all'aumento della profondità a cui si trovano gli strati acquiferi, sicché dagli strati più profondi l'acqua, dotata di maggiore pressione sale, filtrando lentamente attraverso le alternanze argillose, verso gli strati superiori perdendo progressivamente pressione, finché, raggiunta la superficie, evapora nell'atmosfera. La superficie disperdente determina, invisibilmente, sulla falda lo stesso effetto di una ipotetica sorgente di affioramento estesa all'ampia fascia pedemontana.

Nel bacino orientale (di Larisa) si osserva come l'alimentazione sotterranea da parte della subalvea del fiume Pinios, proveniente dalla stretta di Tziotis, sia piuttosto modesta, mentre la maggior parte del ravvenamento idrico sotterraneo, dato che le sorgenti ali-

mentano solo i deflussi superficiali, proviene da N-W, da parte del fiume Thitarisios, il quale trae origine dalle montagne di Elassona e dispone di un materasso subalveo molto permeabile che giunge alla pianura del bacino orientale. Le alluvioni del fiume si propagano verso Larisa e si spingono a S-E per molti chilometri oltre la città.

Anche in questo territorio le zone ricche di acqua sono quelle occupate dalle alluvioni mentre sull'altopiano di S.W e verso il lago di Karla, dove prevalgono le alternanze neogeniche, cioè su gran parte della zona, l'acqua è poca.

Non risulta chiara la provenienza dell'acqua che, in quantità sia pur modesta, imbeve le alternanze neogeniche. Non si posseggono elementi per dare una ragionata interpretazione del fenomeno: molto probabilmente l'alimentazione del Neogene avviene da Sud, attraverso il contatto con masse calcaree metamorfiche non individuabili in superficie, e dall'alto attraverso i ricoprimenti di Quaternario che, come accade nella zona di Kalitsi, possono pure dar luogo a piccole sorgenti.

Anche in questo bacino orientale si osservano fenomeni di flusso ascendente ai quali deve attribuirsi la inclinazione della superficie piezometrica del complesso idrico neogenico verso il lago di Karla, nonostante che il bacino sia da quel lato sbarrato verso il mare dalla catena del Makrovuni e del Pilion. L'area disperdente occupa una vasta zona che costeggia ad occidente il lago di Karla e comprende la stessa superficie del fondo lacustre.

La situazione idrogeologica prospettata è schematicamente illustrata nella cartina della Fig. 3.

(1) Il fenomeno è stato studiato nell'Italia meridionale ed è illustrato nello studio « Nuove vedute sul movimento delle acque sotterranee nel bacino artesiano del Tavoliere di Puglia » di L. ZORZI e C. REINA, pubblicato sulla Rivista « L'Acqua » - n. 1, 1960.

3 - Geochimica delle acque

L'esame geochimico delle acque dei fiumi, delle sorgenti e di quelle sotterranee conferma lo schema idrologico tracciato.

Le sorgenti, delle quali la maggior parte è collegata alle masse calcaree e dolomitiche o metamorfiche, presentano in genere acque cariche di Ca e di CO₃ (v. analisi 1 della Tabella 2). In particolare quelle provenienti da marmi presentano un basso tenore di Mg (v. analisi 2).

Per le acque sotterranee si rileva che partendo dall'origine, e cioè dalle zone alluvionali alimentate dai disperdimenti del fiume Pinios, la composizione chimica delle acque rispecchia quella del fiume a meno del contenuto di Mg che è maggiore nelle acque del sottosuolo (v. analisi 3 e 4) il che può dipendere dall'arricchimento in magnesio provocato dalle frequenti formazioni intrusive basiche (peridotiti) che interessano i depositi alluvionali. Nell'ambito delle alluvioni la composizione si trasforma via via verso la stretta di Tziotis con un graduale arricchimento in Ca, SO₄ ed Na, dovuto al contatto con le formazioni neogeniche.

In queste ultime si nota nell'acqua dei diversi strati un aumento tipico di Na (v. analisi 5). Negli strati superficiali delle formazioni neogeniche che si tro-

vano nella zona orientale del bacino di Kardiza-Trikala, si nota una accentuata presenza di Na, Cl e di SO₄ (v. analisi 6) dovuta ai fenomeni di flusso ascendente di cui si è detto e cioè alla intensa evaporazione che determina la concentrazione dei sali nei terreni di superficie e nelle falde freatiche.

Nel bacino orientale la composizione chimica delle acque presenta aspetti più complessi, per il fatto che, in generale, la circolazione idrica sotterranea è meno attiva e la natura del substrato su cui poggiano le formazioni acquifere è molto eterogenea e ricca di minerali.

Si può osservare che le acque del Thitarisios, al quale si attribuisce il rifornimento delle alluvioni di Larisa, hanno un elevato contenuto in Ca, in SO₄ ed in Mg (v. analisi 8); le acque delle alluvioni nella parte iniziale presentano lo stesso elevato contenuto di Ca ed Mg (v. analisi 9), mentre, talvolta, mancano i solfati. Più a valle le acque delle alluvioni vengono influenzate da quelle contenute nelle alternanze neogeniche, le quali, come nel bacino occidentale, sono cariche di Na e Cl (v. analisi 10).

Per effetto dei fenomeni di flusso ascensionale si rileva una concentrazione di Cl, SO₄ ed Na (v. analisi 11) nelle formazioni superficiali neogeniche e nella falda freatica.

TABELLA 2 - *Caratteristiche chimiche rappresentative delle varie acque dei bacini.*

(Le analisi sono state eseguite dagli Istituti Pedologici di Atene e Salonico su campioni di acque prelevati nel 1961)

N.	Tipo di acqua	Provenienza	Residuo salino totale	Na	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃
			in mg / lt						
BACINO OCCIDENTALE (Karditza-Trikala)									
1	a) Sorgenti Tambakos	— proveniente da calcari e dolomie del Cretacico	490	13,8	64	32,7	17,7	19,2	341,6
2	Vulas	— proveniente da calcari metamorfici (marmi)	430	11,5	96	2,4	14,2	19,2	286,7
3	b) Fiumi Pinios	— all'ingresso del bacino zona di alimentazione delle alluvioni	310	6,9	52	14,5	10,6	9,6	219,6
4	c) Acque sotterranee Zona alluvionale	— presso zona di disperdimento del Pinios	218	5	44	24	7	8,6	220
5	Zona alternanze neogeniche profonde	— a S-E di Karditza	360	90	18	19	3	2,9	354
6	Zone neogeniche superficiali	— a S-E di Karditza	3279	1035	68	35	365	1154,3	1244
BACINO ORIENTALE (Larisa)									
7	a) Sorgenti Mati Tirnavos	— proveniente da calcari metamorfici	330	11,5	54	13,3	17,7	—	231,8
8	b) Fiumi Thitarisios	— medio corso	360	13,8	48	21,8	14,2	24	237,9
9	c) Acque Sotterranee Zona alluvionale	— presso lo sfocio del Thitarisios	450	29	62	29	17,7	48	280
10	Zona alternanze neogeniche profonde	— a S-E di Larisa	1070	163	18	105,3	124,8	100,8	588,8
11	Zone neogeniche superficiali	— a S-E di Larisa	8140	1000	264	1043	3177	2227	427

Le acque del lago di Karla hanno una composizione chimica che rispecchia quelle delle falde contenute nella parte superficiale del Neogene, il che dimostra come il lago è alimentato in parte dai flussi ascendenti provenienti dagli strati profondi.

4 - Considerazioni idrologiche

La complessità dei fenomeni che concorrono alla formazione dei deflussi idrici sotterranei nelle pianure della Tessaglia è tale che anche ricorrendo a delle

Bacino occidentale

Un notevole deflusso idrico si esplica nelle alluvioni nord-occidentali, tra Kalambaka, Trikala e la stretta di Tziotis. Esso è originato dalle precipitazioni atmosferiche assorbite dalla zona *a* della cartina e dai disperdimenti del fiume Pinios nel tratto AB.

Le osservazioni stratigrafiche di superficie fanno, per il momento, escludere che le masse permeabili *b* e *c* possano venire in contatto con le alluvioni e quindi ravvenare le stesse dal Nord; in quanto esiste uno schermo di terreno impermeabile che le fascia al piede.

Il deflusso delle alluvioni, oltre a dirigersi verso

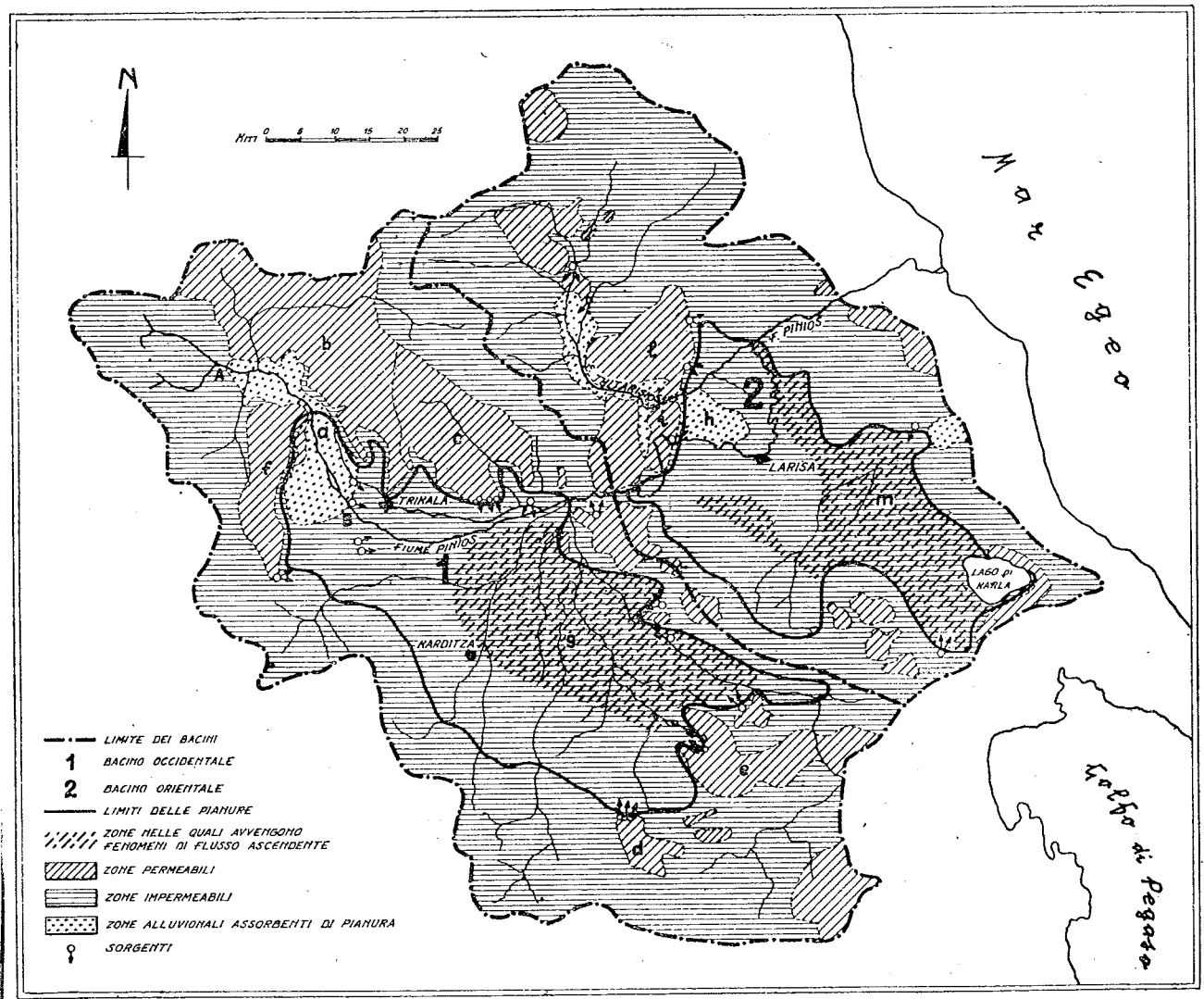


Fig. 4

semplificazioni non risulta possibile fare una attendibile valutazione dell'entità del ravvenamento annuo ed un calcolo delle quantità di acqua disponibili.

Per quanto esposto, la situazione idrogeologica della Tessaglia è, nelle grandi linee, quella indicata nella cartina di Fig. 4, esaminando la quale si possono fare le seguenti considerazioni ed assunzioni.

la stretta di Tziotis, si disperde anche verso S-E nelle alternanze neogeniche dalle quali le alluvioni sono sostenute e con le quali sono in contatto pure lateralmente.

Una valutazione dell'entità dell'acqua che annualmente viene assorbita in questa zona non è possibile in quanto, mentre si potrebbe valutare la parte di

pioggia che penetra nella zona *a* (zona con alluvioni scoperte), non si può valutare quella che penetra nelle alluvioni attraverso i disperdimenti del fiume e che, si deve presumere, costituisce il ravvenamento più importante.

Anche il calcolo del passaggio di acque attraverso una ipotetica sezione trasversale nella zona alluvionale non è possibile al lume delle attuali conoscenze in quanto la portata delle alluvioni va man mano diminuendo verso valle, sia per via di affioramenti sorgentizi (sorgenti Kefralovison, Kumerki, Kotta ed altre), sia perché le alluvioni cedono acqua alle alternanze neogeniche lateralmente ed in profondità.

Le alternanze neogeniche sono imbevute di acqua, sia pure in quantità modesta, fino a grandi profondità e l'alimentazione di esse avviene, probabilmente:

— da N-W, attraverso le alluvioni di cui si è detto

— dagli affioramenti calcarei *c*, *d*, *e* che danno luogo a sorgenti superficiali, ma che potrebbero, se opportunamente incuneati nel sottosuolo, tributare anche un certo apporto idrico alle alternanze.

L'affioramento calcareo *f*, per la sua fratturazione e per la sua particolare posizione, probabilmente non contribuisce affatto a ravvenare i terreni di pianura e dà solo luogo a sorgenti di frattura.

— dagli affioramenti di conglomerati oligocenici di Kalambaka.

L'indagine in sopraluogo ed alcuni ritrovamenti di conglomerati alla base delle alternanze neogeniche di Karditza, fanno ritenere possibile che vi sia un collegamento tra i conglomerati oligocenici che formano gli affioramenti a Nord di Kalambaka (zona *b*) e quelli ritrovati alla base del Neogene della pianura. Qualora fosse reale una tale situazione (e ciò potrebbe essere confermato da indagini paleontologiche intese a stabilire l'età oligocenica dei conglomerati della pianura di Karditza) si avrebbe un forte ravvenamento profondo da parte degli affioramenti di Kalambaka.

— da gruppi rocciosi sottostanti il Neogene.

Nonostante che l'indagine geologica eseguita non abbia dimostrato che ci sia alcun altro ravvenamento nella pianura specie da parte del Pindos, dall'esame delle caratteristiche idrologiche dei vari pozzi risulta una graduale diminuzione di pressione delle acque, e quindi un movimento di esse, dai bordi sud-occidentali della pianura verso Nord; ciò dimostra che nel sottosuolo della pianura vi sono, alla base del Neogene, dei gruppi rocciosi, in particolare i marmi, che cedono notevoli quantità d'acqua che essi assorbono dagli affioramenti superficiali.

Da quanto esposto emerge come l'idrologia della pianura, per la sua complessità, sfugge ad un inquadramento sia pur schematico.

Qualsiasi bilancio porterebbe a conclusioni arbitrarie, mancando una sufficiente conoscenza delle origini delle acque e del comportamento idrologico dei singoli massicci che si presume tributino al sottosuolo della parte pianeggiante.

Un solo metodo di valutazione è, teoricamente, possibile al fine di avere un'idea dell'ordine di grandezza della quantità d'acqua che perviene al bacino occidentale: il metodo dei flussi ascendenti.

Nel presupposto idrologico che la quantità d'acqua che esce dal bacino è uguale che vi entra, si può ritenere che l'acqua della pianura, non avendo altra via di uscita oltre alla stretta di Tziotis, si scarichi in superficie, come già detto, con un flusso ascendente.

La zona in cui si verificano questi flussi ascendenti non è ben nota, ma dall'esame dei pozzi si è indotti a pensare che essa sia estesa a tutta l'area *g* (v. cartina della Fig. 4) della pianura avente una superficie di circa 700 km².

Prendendo in esame il pozzo eseguito presso Palamà, il cui schema è riportato nella Fig. 5, si può calcolare sommariamente che in quella zona si svolge un flusso ascendente pari a 1/s 4,7 km².

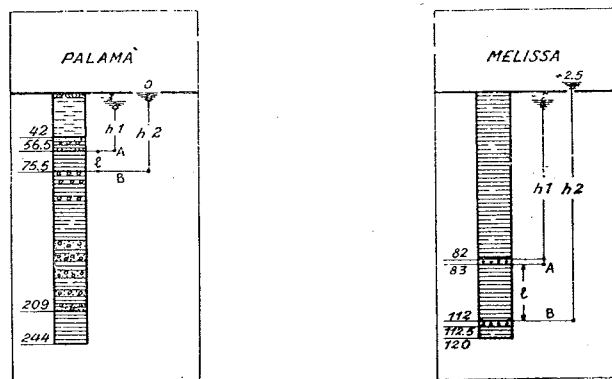


Fig. 5

Infatti, nel tratto di perforo compreso tra 56,5 e 75,5 m assumendo un valore della permeabilità dei limi e delle argille pari a $3 \cdot 10^{-8}$ m/s, la velocità è $V = p \times i$ dove *p* è la permeabilità ed *i* la cadente piezometrica.

Essendo

$$i = \frac{h_2 - h_1}{l}$$

dove h_1 e h_2 sono i carichi piezometrici del primo e secondo strato acquifero ed *l* la loro distanza, si ha che

$$V = p \frac{h_2 - h_1}{l}$$

Applicando i valori riscontrati nel pozzo in esame, si ha

$$V = \text{m/s } 3 \times 10^{-8} \times \frac{3}{19} = 0,47 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

pari a 0.148 m/anno. Si ha, pertanto, che la quantità d'acqua che arriva in superficie in un anno su un km² è:

$$Q = V \times A = 0.148 \text{ m/anno} \cdot 10^6 \text{ m}^2 = 148.000 \text{ m}^3/\text{anno, pari a } 4,7 \text{ l/s per km}^2.$$

Se l'estensione della zona *g* corrisponde effettivamente a quella riportata in figura, ne risulta che l'entità del movimento ascensionale è, nel complesso, dell'ordine di $1/s \ 4,7 \times 700 \text{ km}^2 = 3.290 \text{ l/s}$.

Aggiungendo a questo valore quello del deflusso idrico che si scarica per via sotterranea attraverso

la stretta di Tziotis, si potrebbe avere una nozione abbastanza attendibile dell'acqua che giunge alla pianura del bacino occidentale. Purtroppo, non si dispone attualmente di elementi per poter valutare il deflusso attraverso la stretta, ma opportuni accertamenti e rilievi potranno consentire il calcolo.

Bacino orientale

Particolarmente ricche sono le falde acquifere sotterranee nella zona alluvionale che si estende intorno a Larisa; come è stato già osservato, questa massa di depositi alluvionali è sostenuta o contornata da formazioni del Neogene alle quali cede acqua.

L'alimentazione idrica perviene a questa placca dalla stretta di Tziotis, dalle infiltrazioni delle precipitazioni atmosferiche insistenti sulla zona *h* (v. cartina della Fig. 4) nella quale le alluvioni si trovano per lo più in affioramento, e dai disperdimenti sotterranei del fiume Thitarisios il quale ha una subalvea ricca e convogliata nella piana una notevole quantità d'acqua. Forse, all'alimentazione idrica della pianura concorrono anche i gruppi calcarei *i* ed *l* i quali, pur dando origine a sorgenti, si trovano in taluni punti a contatto con le alluvioni alle quali possono, pertanto, tributare acque.

Anche per questo bacino non è possibile calcolare, con metodi tradizionali, l'entità del deflusso che interessa la zona alluvionale, in quanto si esplica un progressivo disperdimento delle acque verso gli strati più profondi e verso quelli laterali.

Funzione idrologica analoga a quella della placca alluvionale di Larisa svolge, sia pure in forma più modesta, la placca detritica di Aghià dalla quale si infila nel sottosuolo una certa quantità d'acqua che dà luogo, al fondo valle, anche a deflussi artesiani.

Si è già fatto rilevare come le alternanze neogeniche di tutto il comprensorio contengano acque negli strati porosi anche fino a notevoli profondità. Per quanto si riferisce all'alimentazione di questi terreni, essa presenta aspetti molto complessi specie nella zona a Sud: infatti, mentre a fornire acqua alle alternanze neogeniche a N-O concorrono senza dubbio le alluvioni e possono parteciparvi anche gli stessi massicci *i* ed *l*, nei settori meridionali ed occidentale gli affioramenti calcarei metamorfici della catena mediana e della catena che si estende intorno al lago di Karla sono del tutto isolati dalle alternanze neogeniche, per via di diaframmi di masse cristalline; purtuttavia, l'andamento delle curve piezometriche segnalate dai

dati idrologici rilevati nei pozzi esistenti, sta ad indicare l'esistenza di un movimento di acque, sia pur modesto, verso la depressione centrale del bacino. In tal caso o sono i depositi quaternari, che sovrastano nell'altopiano meridionale i depositi neogenici, a cedere a questi le acque delle precipitazioni atmosferiche che riescono ad assorbire, oppure esistono dei contatti (non evidenti e che non si conoscono) tra le masse calcaree metamorfiche e le testate delle alternanze.

Un'alimentazione forse non cospicua, ma certamente attiva, perviene alle formazioni neogeniche anche dal basso, e precisamente dai marmi che si trovano in comunicazione con la superficie in un qualche modo che accertamenti diretti non hanno consentito ancora di rilevare.

Non è, pertanto, possibile fare una fondata valutazione dell'entità dell'alimentazione idrica che perviene al bacino orientale, in quanto sono così incerte le vie di approvvigionamento.

Anche in questo bacino si esplicano i fenomeni di flusso ascendente che creano l'equilibrio tra afflussi e deflussi. Nella zona del lago di Karla, in un'area che si estende parecchio a Nord, si nota infatti nei pozzi quella differenza di pressione dell'acqua nei diversi strati che sta ad indicare l'esplicarsi di tali fenomeni.

Si può esaminare, al riguardo il pozzo eseguito presso Melissa, il cui schema è riportato nella Fig. 5; ripetendo il calcolo con i criteri indicati considerando il bacino occidentale, si ha che la velocità di permeazione è:

$$V = m/s \ 3 \times 10^{-8} \times \frac{4,5}{29} = 0,465 \times 10^{-8} \ m/s;$$

pari a circa 0,147 m/anno, per cui l'entità del flusso ascendente risulta:

$$Q = 0,147 \ m/anno \times 10^6 \ m^2 = 147.000 \ m^3/anno \ per \ km^2, \ pari \ a \ 4,65 \ l/s \ per \ km^2.$$

Poiché si può ritenere che l'area *m* della cartina di Fig. 4, che ha una superficie di circa 600 km², sia quella nella quale si esplicano i flussi ascendenti, ne risulta che annualmente pervengono alla superficie circa

$$l/s \ 4,65 \times \ km^2 \ 600 = l/s \ 2.790.$$

Le nuove indagini da eseguire dovranno, pertanto, tendere a rilevare tutti quegli elementi strutturali ed idrologici necessari per individuare le caratteristiche, l'entità ed i rapporti dei vari fattori che determinano la idrografia sotterranea locale e che sono stati sommariamente indicati nel presente studio.

ORIGINES, CARACTÈRES ET MODALITÉS DU FLUX DES EAUX SOUTERRAINES DE THESSALIE - GRÈCE.

Sommaire - Par un examen structurel de la région, complet des éléments recueilles de 500 puits, viennent individualisées les caractéristiques hydrologiques des bassins de Karditza et Larisa en Thessalie.

Sont mis en évidence les divers types de circulation hydrique en corrélation aux complexes montueux, l'indépendance hydrologique des deux bassins et les modalités avec lesquelles s'effectuent les cycles d'alimentation et d'évacuation de l'hydrographie souterraine, en fournent des données orientatives sur sa entité.

ORIGINS, CHARACTERS AND MODALITIES OF TESSALY (GREECE) SUBTERRANEAN WATER FLOW.

Summary - By means of structural examination of region, completed by elements of 500 wells, hydrogeological characteristics of Karditza and Larisa basins are identified.

Different types of water circulation, hydrogeological independence of two basins and development modalities of hydrological cycles of ground water system are prospected.

At least, orientative elements of flow entity are furnished.