

**INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DEL GRAN SASSO:
REVISIONE DEI DATI ESISTENTI E NUOVE CONSIDERAZIONI**

INDICE

1. INTRODUZIONE	”	117
Parte I: (M. Petitta & M. Tallini)		
2. STUDI IDROGEOLOGICI PRECEDENTI	“	117
3. ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA CATENA DEL GRAN SASSO	”	118
3.1. Complessi idrogeologici e limiti dell'acquifero	”	119
3.2. Le sorgenti principali	”	121
3.3. Assetto idrogeologico-strutturale	”	121
3.4. Considerazioni sull'idrodinamica della falda di base	”	123
4. CARATTERISTICHE GEO-STRUTTURALI ED IDROGEOLOGICHE DELL'AREA DEL TRAFORO	”	124
5. PROSPETTIVE DI RICERCA	”	126
Parte II: (A. Farroni & A. Togna)		
6. PRECIPITAZIONI	”	126
6.1. Precipitazioni totali	”	126
6.2. Precipitazioni nevose	”	129
7. TEMPERATURA	”	23
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLE PRECIPITAZIONI TOTALI E NEVOSE E SULLE TEMPERATURE	”	130
9. PORTATE	”	131
9.1. Portate misurate dal Servizio Idrografico sui corsi d'acqua al contorno del Massiccio del Gran Sasso	”	131
9.2. Portate delle sorgenti, dei canali di gronda ENEL e delle acque emunte dal traforo	”	132
10. INFLUENZA DEL TRAFORO SULLE SORGENTI	”	134
BIBLIOGRAFIA	”	134

1. INTRODUZIONE

L'idrologia e l'idrogeologia del Gran Sasso d'Italia sono state indagate da numerosi autori, in particolare in concomitanza e successivamente agli scavi autostradali.

La realizzazione del traforo autostradale (1969-1980) ha causato delle modificazioni nell'assetto idrogeologico del massiccio, dovute all'adattamento della situazione idrodinamica alla presenza di tali importanti drenaggi sotterranei. Gli aspetti più vistosi del fenomeno sono consistiti: durante gli scavi, nelle imponenti ed improvvise venute d'acqua, dopo gli scavi, nelle portate

emunte ai due imbocchi della galleria che sono oggi valutabili 1,3 m³/s (0,9 lato Teramo; 0,4 lato Aquila) e nella diminuzione di portata di alcune emergenze sorgentizie.

Nella presente ricerca, suddivisa in due fasi distinte, da un lato sono stati analizzati il quadro geologico-strutturale ai fini della ricostruzione di uno schema idrogeologico di circolazione, con particolare attenzione al settore più prossimo al traforo autostradale; dall'altro, sono state raccolte ed analizzate le principali grandezze (precipitazioni, temperature, portate dei corsi d'acqua e delle sorgenti) che determinano il bilancio idrologico del massiccio del Gran Sasso, nel periodo 1950-1994 a cavallo della costruzione del traforo; infine, per ambedue le fasi di studio, sono state formulate alcune ipotesi e considerazioni.

PARTE I: (M. Petitta & M. Tallini)

2. STUDI IDROGEOLOGICI PRECEDENTI

Prima degli anni '60, le uniche importanti notizie bibliografiche relative all'idrologia del Gran Sasso sono inserite nella vasta opera di PERRONE (1901) riguardante misure di portata su corsi d'acqua e sorgenti, oltre a descrizioni geo-litologiche, informazioni sull'uso delle acque e valutazioni sulle possibilità di sfruttamento a fini energetici. Questi dati sono poi stati utilizzati da Autori successivi per la redazione di schemi idrogeologici a scala regionale (BONI *et al.*, 1986; CELICO, 1983).

Gli Annali Idrologici (parte II), sezione di Pescara, pubblicati dall'inizio degli anni '20 sino ad oggi (ultimi volumi editi: 1992-94), oltre ad informazioni quantitative su corsi d'acqua, riassumono anche dati relativi a misure di portata eseguite su sorgenti, anche se soltanto in riferimento a periodi precedenti il 1951. Anche dopo tale data il Servizio Idrografico ha comunque continuato ad effettuare misure di portata, parte delle quali (anni 51-57) sono contenute nella pubblicazione relativa alle Sorgenti d'Italia (SERVIZIO IDROGRAFICO, 1964), che contiene un censimento completo delle sorgenti abruzzesi. Negli ultimi anni il Servizio Idrografico di Pescara ha ripreso un'attività di monitoraggio di una cinquantina di sorgenti abruzzesi, tra cui alcune appartenenti al massiccio del Gran Sasso (DI LORETO *et al.*, 1994).

Un contributo corposo agli studi idrologici e idrogeologici viene dall'attività della CASSA PER IL MEZZOGIORNO (1982) in tutto l'Appennino centro-meridionale: i dati raccolti in diverse campagne effettuate alla fine degli

(*) DISAT - Università de L'Aquila.

(**) Dipartimento di Scienze Ambientali - Università de L'Aquila.

anni '70 vengono poi rielaborati in un'importante sintesi idrogeologica realizzata da CELICO (1983).

Questo primo lavoro di sintesi risulta di primaria importanza, in quanto contiene la definizione dei bacini e delle strutture idrogeologiche, l'indicazione dei principali acquiferi, i limiti idrostrutturali, le portate medie delle sorgenti, le principali linee di deflusso sotterraneo e i rapporti tra i diversi settori dell'acquifero, oltre ad alcune considerazioni in merito al ruolo del traforo autostradale, che veniva realizzato proprio in quegli anni. L'acquifero del Gran Sasso viene rappresentato come un'unica idrostruttura, all'interno della quale sono presenti importanti limiti idrogeologici, rappresentati da faglie e variazioni litologiche, che però non rappresentano mai limiti a flusso nullo, in grado di impedire la comunicazione tra diversi settori dell'acquifero.

Altro importante contributo di sintesi idrogeologica è il successivo Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale (BONI *et al.*, 1986), dove vengono distinte le strutture idrogeologiche, il loro bilancio idrologico, l'ubicazione e la portata delle principali sorgenti, le linee di deflusso sotterranee regionali. Anche questa sintesi offre un quadro idrogeologico aggiornato dell'Appennino centrale, con particolare risalto all'identificazione delle cosiddette "sorgenti lineari", ovvero dei drenaggi diretti negli alvei fluviali da parte delle falde sotterranee. Tali drenaggi, spesso anche cospicui, erano stati raramente segnalati, causando errori anche grossolani nella redazione dei bilanci idrologici di bacini idrografici o di strutture idrogeologiche.

Le prime interpretazioni idrogeologiche di dettaglio riferite alla realizzazione del traforo autostradale del Gran Sasso appartengono al MONJOIE (1975), che fornisce uno schema del massiccio, relativamente al settore prossimo alla galleria, in cui vengono distinti due "blocchi", meridionale e settentrionale, all'interno dei quali si svolgono circolazioni idriche differenziate. Anche in questo lavoro si afferma la presenza di un unico acquifero regionale, sebbene compartimentato da importanti discontinuità e differenze litologiche, dove non esistono diaframmi impermeabili che impediscano totalmente la circolazione sotterranea. Vengono inoltre identificati diversi spartiacque sotterranei, relazionati a variazioni di permeabilità.

I dati elaborati (MONJOIE, 1975) sono contenuti nelle diverse relazioni realizzate dall'ANAS (ANAS-COGEFAR, 1980; CATALANO, 1982; ANAS-SARA, 1991). L'ultima relazione citata si riferisce allo studio di impatto ambientale intrapreso in occasione dei lavori di completamento dei Laboratori sotterranei dell'INFN, quando sono stati realizzati anche nuovi studi nell'area. Importanti indicazioni idrogeologiche in esso contenute riguardano l'entità e le variazioni della portata drenata dal traforo autostradale, sia sul lato settentrionale che meridionale.

Nell'ultimo decennio, sono stati realizzati alcuni contributi relativi al massiccio del Gran Sasso e soprattutto alle modificazioni indotte dal traforo autostradale (ADAMOLI, 1990; COTECCHIA, 1993; MASSOLI-NOVELLI & PETITTA, 1997), nonché studi a più ampio respiro riguardanti più in generale l'idrogeologia dell'Abruzzo (AQUATER, 1993).

In questi ultimi anni, sono riprese le attività di monitoraggio idrogeologico del massiccio del Gran

Sasso, prevalentemente sul versante meridionale del Gran Sasso. I nuovi dati riguardano sia una rete di monitoraggio idrologico (CISE-TELESPAZIO, 1995) che alcune ricerche più di dettaglio, riguardanti l'idrologia, l'utilizzazione delle acque sorgive, le caratteristiche chimico-fisiche e la portata delle emergenze (PETITTA & MASSOLI-NOVELLI, 1995; MASSOLI-NOVELLI & PETITTA, 1997).

3. ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA CATENA DEL GRAN SASSO

La catena del Gran Sasso, in quanto area particolarmente cruciale e paradigmatica nel contesto geologico dell'Italia centrale, nel corso degli anni, è stata oggetto di numerosi studi sia di carattere prettamente stratigrafico che tettonico (PAROTTO & PRATURLON, 1975; BIGI *et al.*, 1986). Da un lato la realizzazione, ormai datata, dei fogli geologici a scala 1:100.000 (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1955 e 1963) e dall'altra sintesi stratigrafiche più recenti, hanno permesso di avere un quadro più circostanziato delle sequenze sedimentarie (CENTAMORE *et al.*, 1992; DAMIANI *et al.*, 1992; CARBONE, 1993; CRESCENTI, 1969; ACCORDI & CARBONE, 1988). Inoltre l'assetto tettonico-stratigrafico del Gran Sasso e delle aree limitrofe è stato chiarito da sintesi che si sono avvalse anche di campagne di rilevamento di estremo dettaglio (BOSI & BERTINI, 1970; GHISSETTI & VEZZANI, 1986 e 1990; VEZZANI *et al.*, 1993; D'AGOSTINO *et al.*, 1994).

D'altra parte gli aspetti idrogeologici sono stati riassunti in studi regionali (BONI *et al.*, 1986; CELICO, 1983) e in lavori più specifici mirati ad una migliore comprensione della situazione tettonica e della circolazione idrica sotterranea legata alla realizzazione della galleria e dei laboratori I.N.F.N. del Gran Sasso (MONJOIE, 1975 e 1978; CATALANO *et al.*, 1986; ADAMOLI, 1990; COTECCHIA, 1993; CATALDO *et al.*, 1996).

In sintesi la catena del Gran Sasso è caratterizzata da successioni litostratigrafiche riconducibili ad ambienti sedimentari marini della cosiddetta piattaforma carbonatica neritica "laziale-abruzzese" con le sue litofacies di soglia e quelle di transizione al bacino ("bacini umbromarchigiano" e "marchigiano-abruzzese"). Le sequenze sedimentarie sono costituite, per le aree di piattaforma, margine compreso, da calcari, calcari dolomitici e dolomite, e per le aree di transizione, alle litologie detritico-carbonatiche si intercalano calcari marnosi e marne. La tessitura delle rocce è variabile in funzione del particolare subambiente di sedimentazione: per esempio i calcari di margine e le flussotorbiditi calcaree presentano in genere un valore medio della porosità primaria, mentre le litologie bacinali (marne e calcari micritici) e di piattaforma interna (calcari micritici) hanno una porosità primaria di massima molto bassa. Globalmente le litologie citate mostrano comunque una permeabilità secondaria per fratturazione molto elevata, per il fatto che hanno subito processi deformativi molto vistosi, legati ai fenomeni orogenetici e di assestamento della catena montuosa. Inoltre soprattutto le unità calcaree, poste in particolari condizioni geomorfologiche, mostrano una permeabilità assai sviluppata per carsismo.

La particolare configurazione paleogeografica e l'evoluzione dei vari domini hanno contribuito notevolmen-

te alla complessità strutturale dell'area, che è caratterizzata da un edificio strutturale embricato, formatosi durante l'orogenesi appenninica; esso è costituito dalla sovrapposizione tettonica di unità appartenenti a domini paleogeografici differenti, avvenuta nel Miocene terminale-Pliocene. Questo edificio è stato successivamente disarticolato da faglie distensive, nel Plio-Quaternario, responsabili, tra l'altro, dell'evoluzione di ampie conche intramontane come quella di Campo Imperatore. Tuttora l'area è sede di una diffusa sismicità che testimonia la presenza di una vivace attività geodinamica e un equilibrio isostatico non ancora raggiunto.

Allo stato attuale delle conoscenze è possibile riconoscere a scala regionale una serie di unità tettoniche sovrapposte. La più importante e la più alta strutturalmente è quella Gran Sasso-M. Cappucciata che è sovrapposta tettonicamente alle Unità tettoniche M. Picca-M. Roccatagliata, l'Unità Laga e l'Unità Cellino (Fig. 1).

L'Unità Gran Sasso costituisce il tetto del fronte di sovrascorrimento E-W del Gran Sasso (Fig.1); è caratterizzata da successioni litologiche appartenenti alle litofacies di transizione fra la piattaforma laziale-abruzzese e il bacino umbro-marchigiano che vanno a costituire sub-unità tettoniche sovrapposte e a loro volta accavallate sulle litofacies terrigene torbiditiche della Formazione della Laga (Unità Laga). Il limite idrogeologico laterale più importante della dorsale del Gran Sasso è costituito dal contatto tettonico sopraccitato fra i carbonati al tetto e i depositi flyschoidi al letto; presenta caratteristiche del tipo a flusso nullo.

L'unità Gran Sasso-M. Cappucciata è sovrapposta probabilmente con modalità cinematiche complesse, a Nord ed a Est sull'Unità Laga mentre a Sud-Est è sovrapposta all'Unità M. Picca-M. Roccatagliata. Il fronte di accavallamento è caratterizzato da un'imponente struttura ad arco convesso verso est al cui interno è presente un fitto sistema di depressioni tettoniche di età quaternaria, con andamento da subparallelo al fronte (ad esempio Campo Imperatore a direzione E-W, e la piana del Tirino orientata circa N-S) a NW-SE (ad esempio le conche di Piano Viano-Piano Buto e di Barisciano-S. Pio delle Camere).

In particolare, dal punto di vista idrogeologico alcune conche di origine tettono-carsica, come Campo Imperatore, essendo endoreiche, a quote elevate e prive di coperture vegetali e pedologiche di rilievo, rivestono un ruolo importante nell'infiltrazione efficace del massiccio del Gran Sasso, fungendo da zone di assorbimento preferenziale di acque meteoriche.

Le depressioni tettoniche sono bordate da importanti faglie distensive che si comportano localmente in maniera diversa nei confronti della circolazione idrica profonda in funzione delle caratteristiche delle rocce di faglia (si possono comportare da dreni o da diaframmi) e delle litologie che sono messe a contatto dalle faglie (si possono comportare da limite di permeabilità). Le faglie che riteniamo possano avere una influenza sull'idrogeologia dell'area sono le faglie Campo Imperatore - Fontari (F1); M. S. Franco - Valle Fredda (F2); Pizzoli - L'Aquila (F3); Castel del Monte - Capo d'Acqua (F4); Barisciano - Navelli (F5); Valle dell'Aterno - Molina (F6) (Fig. 1).

I limiti idrogeologici all'interno dell'Unità tettonica del Gran Sasso sono determinati anche dalla presenza dei

depositi clastici plio-quaternari che riempiono le piane intramontane. Inoltre nella conca L'Aquila-Scoppito la spessa copertura plio-quaternaria (diverse centinaia di metri), costituita da depositi a minor grado di permeabilità complessiva, può rendere conto di fenomeni di sifonamento e di *aquiclude* nei confronti delle unità carbonatiche sepolte e coperte dai depositi più recenti al di sotto della conca.

In definitiva la struttura idrogeologica del Gran Sasso è caratterizzata da un acquifero costituito da rocce carbonatiche. Queste presentano variazioni di permeabilità, in funzione delle variazioni litologiche, delle discontinuità strutturali che le attraversano, del loro grado e tipo di fratturazione e della presenza in esse di morfologie carsiche evolute. Queste variazioni di permeabilità condizionano l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo, le modalità di trasferimento delle acque sotterranee nella zona non satura e l'idrodinamica della falda regionale.

3.1 Complessi idrogeologici e limiti dell'acquifero

Le litologie che costituiscono l'acquifero possono essere descritte in termini di complessi idrogeologici, secondo lo schema seguente (Fig. 2):

- 1 - Complesso delle unità detritiche: dotato di permeabilità per porosità, variabile ma crescente in funzione della granulometria; l'infiltrazione efficace è limitata per i depositi alluvionali di fondovalle, media nelle conoidi di versante, mentre risulta molto elevata nelle aree endoreiche intramontane (Campo Imperatore, ecc.), che costituiscono aree di infiltrazione concentrata.
- 2 - Complesso delle unità clastiche continentali: si presenta in media meno produttivo del complesso precedente, presenta una permeabilità per porosità variabile, in funzione della granulometria e del grado di cementazione; l'infiltrazione efficace è bassa; svolge di norma il ruolo di soglia e di tamponamento rispetto alla falda regionale di base.
- 3 - Complesso delle unità terrigene marine ("Flysch della Laga", *Auct.*): costituisce il limite principale dell'acquifero regionale, comportandosi da *aquiclude*; la permeabilità per porosità è molto ridotta; presenta un'infiltrazione efficace molto bassa.
- 4 - Complesso marnoso: discretamente permeabile per porosità e fratturazione; infiltrazione efficace medio-bassa; vista la ridotta estensione di affioramento, il limitato spessore (qualche decina di metri) e i contatti spesso di natura tettonica con i complessi carbonatici, non rappresenta un impedimento decisivo alla circolazione idrica sotterranea.
- 5 - Complesso calcareo-marnoso: insieme al complesso carbonatico costituisce l'acquifero principale del Gran Sasso; la permeabilità per porosità e fratturazione risulta abbastanza elevata, con presenza di fenomeni carsici; l'infiltrazione efficace è medio-alta; ha una discreta estensione areale sul massiccio e costituisce una delle principali area di ricarica dell'idrostruttura del Gran Sasso.
- 6 - Complesso calcareo: permeabilità molto elevata, soprattutto secondaria per fessurazione e carsismo; questo complesso costituisce l'acquifero principale dell'idrostruttura del Gran Sasso, sede della falda regionale di base; l'infiltrazione efficace è elevatissima, il

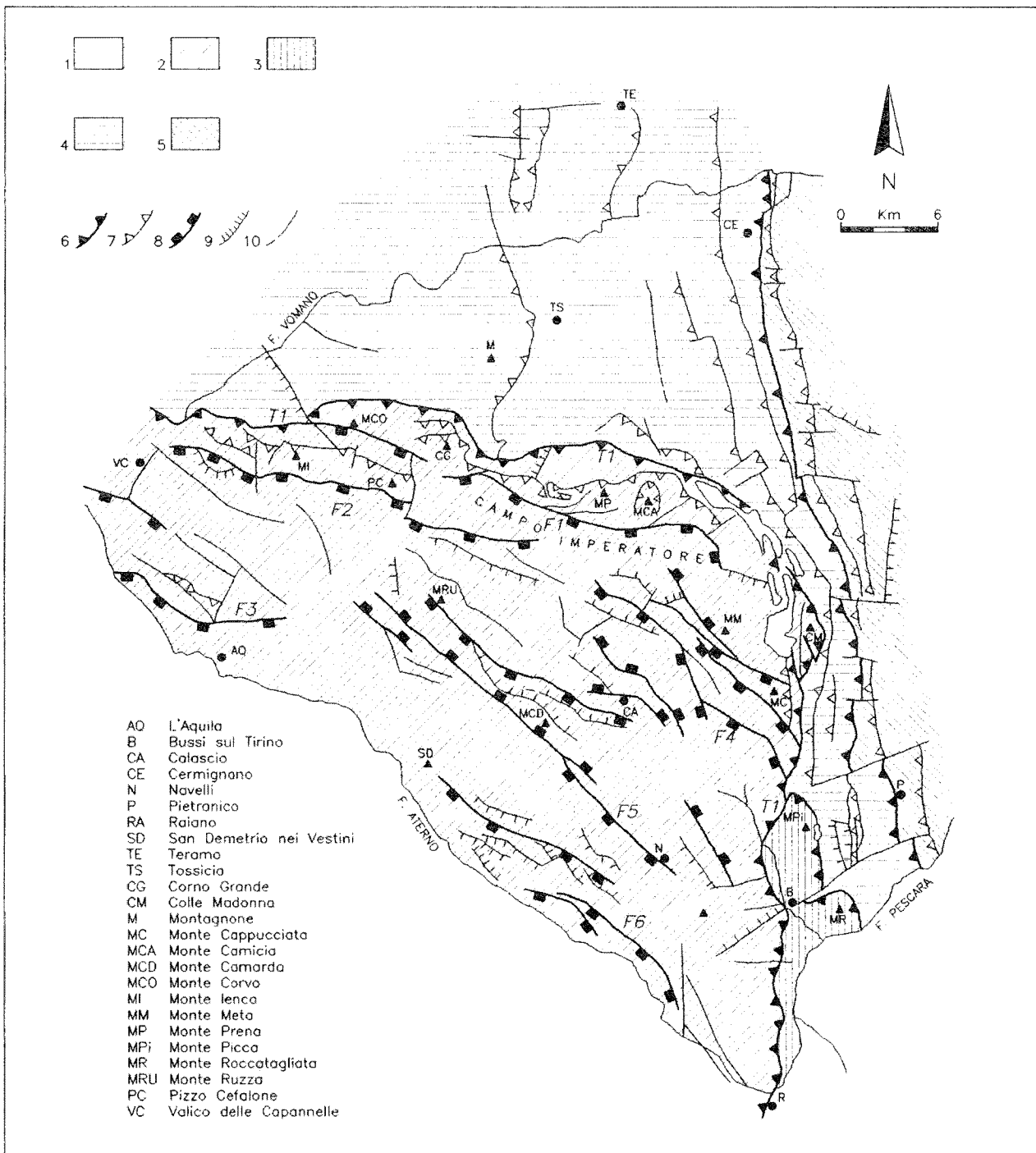


Fig. 1 - Schema tettonico del massiccio del Gran Sasso. 1) Depositi sinorogenici: Conglomerati di Rigopiano e di M. Coppe (Pliocene inferiore - Miocene superiore); 2) Unità Gran Sasso - M. Cappuccciata; 3) Unità M. Picca - M. Roccatagliata; 4) Unità Laga; 5) Unità Cellino; 6) Sovrascorrimenti principali; 7) Sovrascorrimenti minori; 8) Faglie dirette principali (Campo Imperatore - Fontari: F1, M. S. Franco - Valle Fredda: F2, Pizzoli - L'Aquila: F3, Castel del Monte - Capo d'Acqua: F4, Barisciano - Navelli: F5, Valle dell'Aterno - Molina: F6); 9) Faglie dirette minori; 10) Faglie (da CATALDO *et al.*, 1996).

ruscellamento superficiale praticamente nullo; costituisce la principale area di ricarica, il maggiore serbatoio di acque sotterranee e anche il mezzo a più elevata trasmissività (potenzialità e velocità di movimento delle acque).

7 - **Complesso dolomitico**: permeabilità secondaria inferiore a quella del complesso calcareo; infiltrazione efficace bassa, a causa dell'alterazione che diminuisce la permeabilità per fratturazione, circolazione idrica sot-

terranea limitata; essendo sottostante il complesso calcareo, si presenta spesso saturo, ma svolge una funzione di livello di base dell'acquifero carbonatico, sostenendo la falda; in corrispondenza delle culminazioni strutturali, è spesso un decisivo ostacolo alla trasmissione delle acque sotterranee, costituendo spartiacque sotterranei.

L'insieme degli affioramenti dei complessi idrogeologici sopra elencati, nonché i rapporti geometrici che

intercorrono tra loro, regolano e condizionano l'idrodinamica del massiccio, determinando congiuntamente alla tettonica, le direzioni principali di deflusso sotterraneo e la presenza di spartiacque o di trasferimenti di acque sotterranee tra diversi settori dell'acquifero.

I limiti della struttura idrogeologica del Gran Sasso, sono ben definiti sia a N che ad E, dove sono rappresentati dal contatto tettonico tra carbonati e sedimenti flyschoidi impermeabili; lungo il versante sud-occidentale il limite di permeabilità dell'acquifero carbonatico è rappresentato da sedimenti alluvionali plio-quadernari; resta invece di dubbia interpretazione il limite sul versante sud-occidentale e in particolare il rapporto in termini idrogeologici con la struttura del M. Sirente.

3.2 Le sorgenti principali

Le sorgenti alimentate dall'acquifero del Gran Sasso sono localizzate sia sul lato settentrionale (a quote in genere superiori ai 1000 m, con portate dell'ordine di qualche centinaio di litri al secondo, per un totale di circa 2 m³/s), sia su quello meridionale.

I valori di portata media indicati dagli Autori precedenti, spesso risultano dalla sintesi dei dati disponibili al momento del singolo studio; in particolare, vengono spesso indicate portate differenti, in funzione dei dati esaminati e della delimitazione dei diversi gruppi sorgivi. Inoltre, gli stessi dati sono stati spesso raccolti in modo frammentario, per periodi non comuni. Tutti questi elementi rendono difficoltosa un'analisi idrogeologica, se prima non si determinano con uniformità i valori medi di portata delle sorgenti. In tab. 1 viene presentato un tentativo in tal senso, effettuato sulla base di tutti i dati disponibili.

Appare inoltre evidente che i dati sono in massima parte riferibili al periodo compreso tra gli anni '50 e il 1975 (con indicazioni relative anche a periodi precedenti), mentre sono molto carenti le informazioni riferibili agli ultimi 20 anni. Poiché proprio negli anni '70 è stato realizzato il traforo autostradale con i relativi drenaggi sotterranei, è importante distinguere le portate sorgive relative al periodo precedente al traforo da quelle misurate successivamente.

Sul lato settentrionale, si identificano i seguenti principali gruppi di sorgenti (Fig. 2):

- a) il gruppo del Chiarino, posto intorno ai 1300 m di quota, comprensivo di tre sorgenti captate per l'approvvigionamento idrico dell'Aquila (Acquedotto La Ferriera), per una portata minima di circa 100 l/s, più elevata in passato; le sorgenti, in parte mascherate da coltri detritiche, si trovano al contatto tra carbonati e litotipi marnosi;
- b) la sorgente Rio Arno, a quota 1524 m, legata al contatto tra i calcari e la successione calcareo-marnosa; la sorgente, un tempo derivata per uso idroelettrico è oggi captata per uso potabile dall'acquedotto del Ruzzo; oltre al contributo della sorgente vera e propria, sono presenti incrementi di portata in alveo; la portata derivata è nell'ordine del centinaio di l/s, mentre esiste un rilascio in alveo che in magra si attesta sui 50 l/s;
- c) il gruppo del Ruzzo, costituito da una serie di sorgenti, completamente captate dall'omonimo acquedotto; alcune emergenze si trovano nella gola di Fossaceca e altre (Vaciellera) nel vicino fosso di Malepasso, a quote comprese tra 1625 m e 920 m s.l.m. circa; le acque non prelevate dall'acquedotto alimentano il canale di gronda

dell'ENEL, attraverso il quale raggiungono la centrale di S. Giacomo; le portate derivate dall'acquedotto si attestano attualmente sui 400 l/s, contro i quasi 700 relativi al periodo precedente il traforo;

- d) le sorgenti Vitella d'Oro, Mortaio d'Angri e altre minori, ubicate nel bacino del Tavo; la prima si trova ai piedi di una rupe calcarea proprio nell'alveo del Tavo; le opere di captazione nascondono oggi in parte il crepaccio naturale e la cascata che ne deriva; la sorgente Mortaio d'Angri, posta circa un chilometro a monte della Vitella d'Oro, viene anch'essa captata dal Consorzio Comprensoriale Val Pescara-Tavo-Foro; la portata complessiva del gruppo di sorgenti di Farindola può essere valutata in circa 600-700 l/s.

Sul lato meridionale si identificano diversi gruppi di emergenze (Fig. 2):

- a) le sorgenti aquilane del gruppo Vetoio-Boschetto e del Vera, che presentano una portata media complessiva di 2-3 m³/s; le acque di queste sorgenti sono utilizzate in massima parte per uso irriguo;
- b) le sorgenti del Tirino: Capodacqua, Presciano-Capestrano, altre minori, Basso Tirino e il drenaggio in alveo nell'area di Bussi, per un totale di 13-16 m³/s;
- c) il gruppo di S. Callisto (o S. Calisto), nei pressi di Popoli (2-2,5 m³/s), utilizzato per uso potabile, civile e soprattutto idroelettrico dal Comune di Popoli.

A queste emergenze va aggiunta l'importante sorgente di Capo Pescara (7,5 m³/s), le cui acque possono provenire sia dal Gran Sasso che dal massiccio del M. Sirente.

E' inoltre presente a partire dagli anni '70 il drenaggio delle gallerie autostradali con una portata media di circa 1,3 m³/s.

Oltre a queste importanti sorgenti, sul massiccio del Gran Sasso sono presenti anche un centinaio di sorgenti minori, di portata sempre inferiore ai 10-20 l/s, ma molto spesso dell'ordine del litro al secondo. Queste emergenze sono legate a fattori condizionanti locali, come la presenza di orizzonti detritici, livelli impermeabili, discontinuità tettoniche minori, sfioro della falda, ecc. Le acque non provengono direttamente dall'acquifero regionale ma piuttosto da differenti e poco estese falde sospese, di interesse locale. Visto il carattere regionale dello studio, non si entra nel dettaglio descrittivo di queste sorgenti minori.

3.3 Assetto idrogeologico-strutturale

Sebbene il massiccio del Gran Sasso nel suo insieme, a scala regionale, possa essere considerato come un unico acquifero, privo di limiti a flusso nullo al suo interno e, viceversa, con limiti a flusso nullo abbastanza ben definiti al suo contorno, la circolazione interna al massiccio segue modalità abbastanza complesse.

In fase di infiltrazione, un ruolo importante è rivestito dal grado di fratturazione, dalla presenza di coperture vegetali e soprattutto dalle caratteristiche e spessore del suolo, e dalla orografia; in particolare, le aree endoreiche quali Campo Imperatore (e molte altre zone di estensione minore) fungono da aree ad infiltrazione concentrata per le precipitazioni, che più facilmente possono alimentare l'acquifero regionale di base. Le variazioni litologiche incidono in genere in misura minore, anche se i termini calcarei presentano in genere un'infiltrazione

importanza; naturalmente, ove presenti, eventuali cavità carsiche costituiscono drenaggio preferenziale. Le direzioni di deflusso sotterraneo sono comunque condizionate dalla quota topografica cui è posto il limite della struttura: in tal senso è evidente che le sorgenti di portata maggiore si trovano laddove il limite a flusso nullo della dorsale è posto alla periferia del Gran Sasso a quote meno elevate (settore sud-orientale, valle del Tirino, ecc.).

L'acquifero è comunque condizionato dalla presenza di alcune importanti discontinuità strutturali, che si sviluppano soprattutto lungo la direzione NW-SE, aventi un ruolo di limiti di permeabilità, causando ingenti variazioni nella piezometria della falda regionale; l'acquifero del Gran Sasso può quindi definirsi come "compartimentato", ovvero suddiviso in diversi settori, ognuno dei quali è separato idraulicamente da quelli contigui, per mezzo di discontinuità strutturali o variazioni litologiche, che ostacolano la circolazione idrica sotterranea, ma non impedendola totalmente.

Queste faglie e sovrascorrimenti di importanza idrogeologica sono di seguito elencate (Fig. 2):

T1) Sovrascorrimento del Gran Sasso. La linea tettonica rappresenta l'accavallamento del massiccio carbonatico meso-cenozoico sui litotipi terrigeni tardo miocenici; in termini idrogeologici rappresenta il principale limite dell'acquifero, con comportamento a flusso nullo;

T2) Sovrascorrimento Sirente-Gran Sasso. Il limite tettonico della dorsale del Monte Sirente, a direzione appenninica NW-SE, parallelo alla valle dell'Aterno, mette a contatto i litotipi carbonatici dei due diversi massicci; tale limite non impedisce la continuità idrogeologica tra i diversi rilievi, per cui si verificano importanti scambi di acque sotterranee con contributi dal Sirente verso il Gran Sasso;

F1) Faglia Campo Imperatore-Fontari. Ha un ruolo di primo piano nei riguardi dell'idrodinamica sotterranea, in quanto separa due importanti settori del blocco meridionale del Gran Sasso, secondo diversi Autori (MONJOIE, 1975; ADAMOLI, 1990; ANAS-SARA, 1991); il suo ruolo idrogeologico è quello di un diaframma che ostacola, ma non impedisce la comunicazione tra i due settori dell'acquifero;

F2) Faglia M.S.Franco-Valle Fredda: rappresenta anch'essa un diaframma che causa importanti dislivelli piezometrici sui due lati, per la presenza di un'ampia fascia milonitica; in ambito idrodinamico, si può verificare un deflusso per trabocco da Nord verso Sud, con conseguenti contributi alla falda del versante aquilano;

F3) Faglia Pizzoli-L'Aquila. Si tratta di una faglia distensiva bordiera che contribuisce a mantenere il livello della falda nel massiccio abbastanza elevato, determinando di conseguenza l'emergenza locale della falda regionale, attraverso le sorgenti di Tempera-Capo Vera e inoltre consentendo un travaso dai carbonati verso la piana, attraverso i termini alluvionali più grossolani, alimentando le sorgenti di Vetoio e Boschetto; inoltre la falda viene probabilmente sostenuta localmente anche dalla presenza di complessi idrogeologici a minore permeabilità, presenti a SE di L'Aquila e Paganica;

F4) Faglia Castel del Monte - Capodacqua: ha una funzione limitata rispetto all'idrogeologia regionale, principalmente a causa della sua direzione parallela alle linee principali di deflusso sotterraneo; di conseguenza,

non si dovrebbero verificare importanti variazioni di livello piezometrico sui due lati della faglia;

F5) Faglia Barisciano-Navelli: rappresenta un netto limite di permeabilità per la falda regionale; la comunicazione idraulica rispetto all'elemento tettonico può essere considerata molto limitata;

F6) Faglia Valle dell'Aterno - Molina: anche questa costituisce un netto limite di permeabilità lungo cui la comunicazione idraulica può considerarsi limitata; è poco plausibile che la piana abbia contributi anche minimi dai carbonati, mentre la falda contenuta nei depositi alluvionali ha sicuramente scambi con il corso d'acqua che la attraversa.

Va comunque rimarcato che il ruolo di tutte queste discontinuità, sopra schematizzato, è in realtà più complesso, in funzione dei diversi settori dell'acquifero e soprattutto dell'andamento della discontinuità in profondità. Infatti, un elemento che può costituire un ostacolo alla circolazione in superficie può al contrario essere ininfluenza in profondità, sia per le caratteristiche tettoniche che per l'assetto stratigrafico.

3.4 Considerazioni sull'idrodinamica della falda di base

L'idrostruttura del Gran Sasso presenta quindi una falda regionale di base, che alimenta sorgenti poste alla sua periferia, per una portata totale superiore ai 20 m³/s. Le direzioni preferenziali di deflusso sotterraneo sono condizionate localmente dalle principali discontinuità tettoniche (che svolgono un ruolo di parziale tamponamento piuttosto che di drenaggio) e risultano fortemente guidate dalle quote dei limiti della struttura: gran parte delle acque sotterranee si dirigono verso i settori più depressi della struttura, dove i limiti sono posti a quote più basse, muovendosi attraverso una circolazione in rete che si può considerare equivalente ad un'unica falda regionale; non mancano importanti eccezioni a questa circolazione generale, in particolare in riferimento alle sorgenti del versante settentrionale e a quelle della piana dell'Aquila.

Da indicazioni bibliografiche, riferite soprattutto al comportamento dei carbonati in Appennino centrale, il gradiente idraulico risulterebbe molto poco acclive all'interno della struttura (5-20 per mille), salvo presentare forti dislivelli in corrispondenza di discontinuità strutturali (faglie di rilevanza regionale).

Le direttrici di deflusso sotterraneo indicate in fig. 1 riassumono lo schema di circolazione in falda, ma sono da considerarsi comunque indicative, viste le difficoltà che presenta la realizzazione di uno schema idrodinamico in un sistema fratturato e carsificato, tenuto conto anche della carenza di dati, sia idrologici che geologico-strutturali di profondità. In assenza di informazioni dirette, come accade per diversi settori dell'acquifero considerato, è comunque possibile formulare ipotesi che tengano conto di tutti gli elementi a disposizione, contenuti nei dati esistenti e nella bibliografia.

Ne risulta uno schema idrogeologico in cui possono essere considerati come acquisiti i seguenti elementi:

- area dell'acquifero e suoi limiti idrogeologici principali;
- ubicazione delle sorgenti, portata media erogata e indicazioni sul regime delle emergenze;
- caratteristiche di permeabilità delle litologie affioranti, valutazione dell'infiltrazione efficace e della potenzia-

lità idrodinamica (capacità di trasmissione delle acque di falda in zona saturata);

- termini principali del bilancio idrologico quantitativo (afflussi, infiltrazione, deflussi superficiali e deflussi sotterranei);
- ruolo idrogeologico di alcune importanti discontinuità tettoniche.

Sono invece sicuramente noti con minore precisione altri elementi del sistema idrogeologico, in particolare per quanto concerne:

- le direzioni di deflusso sotterraneo e i conseguenti percorsi delle acque di infiltrazione;
- l'andamento della superficie piezometrica;
- le singole aree di alimentazione delle principali sorgenti e gli spartiacque sotterranei;
- i rapporti idrodinamici con i depositi detritici e alluvionali quaternari e l'entità delle perdite dell'acquifero carbonatico verso le pianie;
- il ruolo e l'effettiva presenza di orizzonti fortemente carsificati, in grado di convogliare le acque sotterranee e trasportarle in modalità di moto turbolento.

Riguardo questi ultimi elementi, le informazioni deducibili dalla bibliografia forniscono comunque un quadro generale di riferimento, a completamento del quale sono comunque indispensabili alcune considerazioni di carattere interpretativo, che di conseguenza conducono a formulare ipotesi, in larga misura patrimonio comune degli Autori precedenti.

In questo schema di riferimento, il ruolo giocato dal traforo autostradale è sicuramente di primaria importanza, sia per le informazioni e le conoscenze che sono scaturite dagli studi intrapresi nelle varie fasi di realizzazione, sia per le modifiche che sono da esso state indotte nell'idrodinamica sotterranea dell'acquifero.

4. CARATTERISTICHE GEO-STRUTTURALI ED IDROGEOLOGICHE DELL'AREA DEL TRAFORO

Il drenaggio eseguito durante la realizzazione dei tunnel autostradali del Gran Sasso costituisce un settore a "potenziale imposto" per la falda regionale. La circolazione regionale è stata ampiamente modificata dalla realizzazione delle opere antropiche, almeno nelle vicinanze del traforo autostradale. La zona di influenza idrodinamica causata dai drenaggi del traforo presenta probabilmente un'estensione limitata, al di là della quale l'assetto idrodinamico segue le direttrici di deflusso "naturali" preesistenti.

Nel settore più prossimo al tracciato del traforo autostradale, in concomitanza con la realizzazione dello stesso, sono stati effettuati studi idrogeologici di dettaglio, tramite elaborazioni idrologiche (portata e chimismo delle sorgenti, campi di precipitazione, ecc.), e soprattutto attraverso risultati dei sondaggi e degli scavi dei tunnels.

La suddivisione principale del massiccio nell'area del traforo (ANAS-SARA, 1991) prevede l'identificazione di un blocco meridionale, costituito principalmente da carbonati e uno settentrionale caratterizzato da sedimenti calcareo-marnosi, marnoso-argillosi e arenacei. La separazione tra i due blocchi è costituita dal sovrascorrimento principale del Gran Sasso (T1).

Sulla base delle informazioni idrogeologiche dedotte dallo scavo dei sondaggi profondi e del tunnel autostradale, e riguardanti in periodo dello scavo, si possono distinguere diversi settori a differenti caratteristiche, in corrispondenza dell'asse del traforo, che proponiamo di distinguere come segue, aggiungendo maggior dettaglio alla classificazione sinora impiegata (Fig. 3):

M1 (progressive della galleria 400-2000): "acquifero meridionale" la perforazione ha incontrato la falda regionale a partire dalla progressiva 1300, con portate massime di 250 l/s e livello statico superiore di pochi metri rispetto alla quota di scavo;

M2A (progressive 2000-3180): "acquifero inferiore"; durante l'attraversamento della faglia di Valle Fredda (F2) e nel settore seguente è stata incontrata una falda in forte pressione, sostenuta dal diaframma milonitico della faglia e contenuta nel complesso carbonatico; il livello statico si trovava al momento dello scavo a circa 200 m al di sopra del tunnel; la portata complessiva erogata da questo tratto durante il traforo è di circa altri 250 l/s;

M2B (progressive 3180-3630): "acquitardo"; in questo tratto affiorano termini mesozoici calcareo-marnosi e soprattutto marnosi che di fatto limitano la permeabilità almeno a livello dello scavo; a scala regionale la discontinuità di questi termini litologici impedisce di fatto che essi possano costituire un ostacolo decisivo alla circolazione delle acque sotterranee;

M2C (progressive 3630-4950): "acquifero superiore"; le formazioni carbonatiche di questo settore, separato dal precedente da una discontinuità tettonica di una certa rilevanza, costituiscono un altro ottimo acquifero; sono stati drenati nel tratto iniziale di questo settore circa 200 l/s;

M3 (progressive 4950-5170): "acquifero dolomitico"; questo breve settore riveste un'importanza primaria, come sopra accennato, in quanto costituisce, al di sopra della quota del traforo, la zona del massiccio di M.Aquila, che è caratterizzata dai carbonati sovrascorsi sui termini miocenici; il complesso dolomitico, che in corrispondenza della faglia di Fontari presenta una fascia milonitizzata e cataclastica di notevole spessore, costituisce un importante limite di permeabilità; risulta poco permeabile in profondità, mentre le venute d'acque sono concentrate nella zona più prossima alla faglia di Fontari;

S1A (progressive 5170-7100): "acquifero settentrionale"; oltre il sovrascorrimento, lungo la galleria è presente il fianco rovesciato della sinclinale con nucleo nei depositi arenacei del complesso terrigeno; all'interno dei termini carbonatici in serie rovesciata ("Calcare massiccio") presenti in profondità, la falda si trovava circa 600 m al di sopra della quota di scavo; è importante sottolineare che in questa particolare situazione, al livello della galleria, il sovrascorrimento non costituisce un limite di permeabilità significativo; di fatto l'acquifero regionale del Gran Sasso è presente anche oltre il sovrascorrimento, dove sono presenti termini carbonatici permeabili, ma viene limitato più avanti dalla presenza dei termini impermeabili terrigeni, che in profondità svolgono il ruolo di *aquiclude* (limite a flusso nullo) dell'intero acquifero del Gran Sasso; le portate drenate in questo settore, che è stato scavato procedendo dal versante settentrionale, sono in media superiori ai 1000 l/s, con punte prossime ai 2000;

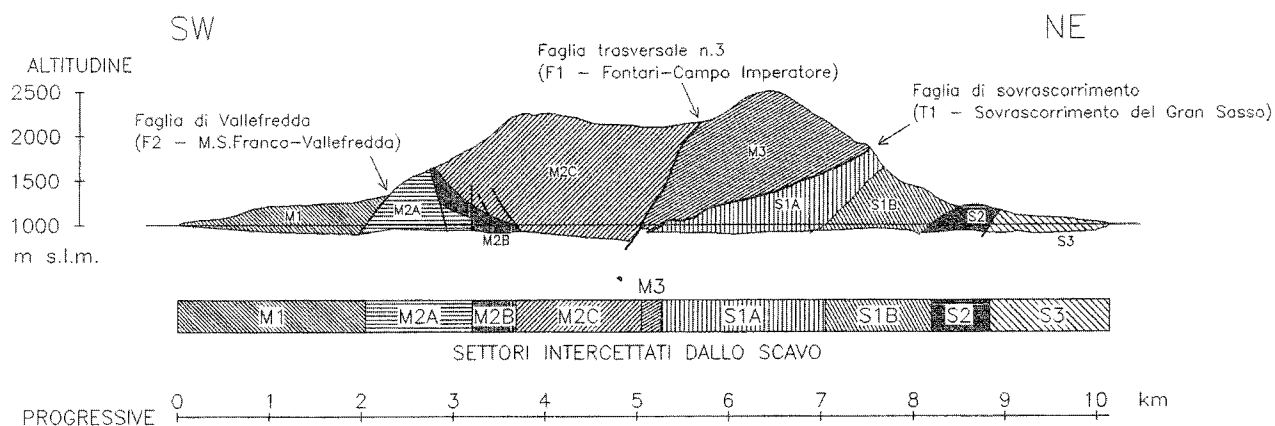


Fig. 3 - Profilo schematico che evidenzia i settori a diverso comportamento idrogeologico lungo l'asse del traforo autostradale del Gran Sasso. Le sigle corrispondono a quelle indicate nel testo. L'ubicazione del traforo è riportata in fig. 2.

S1B (progressive 7100-7800); "aquiclude settentrionale"; la galleria si apre nel complesso terrigeno, che si trova in serie rovesciata, fortemente tettonizzata; risulta praticamente impermeabile;

S2 e S3 (progressive 7830-10150); nel settore terminale della galleria autostradale, che si apre sempre nei termini terrigeni praticamente impermeabili, sono presenti intervalli marnosi e calcareo-marnosi alla base della sequenza; la successione stratigrafica si ripete nel settore terminale S3, caratterizzato da un'anticlinale con nucleo nelle marni; sono presenti falde locali dalla potenzialità limitata.

Altre informazioni idrogeologiche di una certa importanza derivano dai sondaggi profondi ("M.Aquila" e "Vaduccio", ANAS-COGEFAR, 1980) eseguiti sul massiccio: in particolare, è stata identificata una fascia fortemente permeabile, caratterizzata dalla presenza di un carsismo molto sviluppato, ubicato nel blocco M3 a circa 1600 m di quota, con uno spessore compreso tra 50 e 100 m; nello stesso intervallo risultavano comprese le oscillazioni della superficie piezometrica, nella situazione precedente al traforo. Lo sviluppo del carsismo avviene nella fascia di oscillazione della superficie piezometrica, all'interno di calcari molto permeabili per fessurazione, che divengono a loro volta sempre più permeabili in relazione ai fenomeni carsici. In profondità, all'altezza del traforo, le rocce presentano una permeabilità minore e ciò spiega sia l'elevata quota piezometrica che l'entità delle venute d'acqua in galleria.

In generale, lungo l'asse della galleria, il massiccio del Gran Sasso presenta una fascia ad elevato carsismo compresa tra 1500 e 1650 m s.l.m., sede di circolazione intensa, in corrispondenza della depressione tettono-carsica di Campo Imperatore; al di sotto di tale quota, in genere i carbonati presentano una permeabilità limitata, che diminuisce progressivamente all'aumentare della profondità.

La zona endoreica di Campo Imperatore rappresenta un importante serbatoio per l'infiltrazione delle acque meteoriche, che vengono rapidamente trasmesse alla falda regionale, a livello della fascia carsificata, tramite percolazione verticale lungo fratture e condotti. Da questa zona, posta in quota e quindi caratterizzata da alti valori di piovosità, le acque si dirigono poi verso la peri-

feria del massiccio, attraverso percorsi preferenziali controllati da livelli carsificati, discontinuità tettoniche e variazioni litologiche corrispondenti a variazioni di permeabilità.

Ulteriori informazioni riguardanti la zona del traforo derivano dalle differenti entità di drenaggio che si sono verificate, a parità di progressiva, nelle due distinte gallerie (Fig. 4), via sinistra e via destra (più occidentale la prima e più orientale la seconda). Nel primo tratto di intercettazione della falda, nel settore M1 gli afflussi in galleria sono stati erogati in maggioranza dalla via destra. Anche nel settore M2 il contributo complessivo del drenaggio lato Assergi è superiore per la galleria destra.

Sul lato teramano, oltre alla quantità captata per uso potabile, è presente uno sfioro dell'opera di presa, che almeno fino alla fine degli anni '80 era sicuramente attivo; attualmente le acque del traforo vengono in pratica completamente derivate; a questo contributo delle gallerie va però ad aggiungersi il quantitativo idrico drenato dall'area dei laboratori sotterranei, a partire dalla fine del 1984; di questo contributo, pari a circa 200 l/s, circa la metà confluisce direttamente nei drenaggi delle gallerie autostradali, in parte segue un tragitto autonomo, fino allo sbocco a Casale S.Nicola, dove confluisce nel supero della presa acquedottistica. In questo settore, la galleria sinistra fornisce un contributo maggiore, in media 750 l/s contro i 650 della via destra. Il drenaggio operato dai Laboratori ha influito di fatto sul solo drenaggio della via sinistra, che ha subito un decremento praticamente equivalente alle acque drenate complessivamente dai laboratori.

Da ciò si possono dedurre due importanti considerazioni:

- lo scavo dei laboratori non ha intercettato nuove porzioni dell'acquifero, ma ha dirottato di fatto un drenaggio in precedenza diretto nella via sinistra del tunnel;
- le acque drenate dalla via sinistra hanno alimentazione proveniente dal lato occidentale di questo settore dell'acquifero del Gran Sasso, mentre in via destra giungono acque provenienti in massima parte dal lato orientale, ma da un settore caratterizzato da minore piezometria.

Di conseguenza, il maggiore drenaggio operato dal settore sinistro determina una direzione di deflusso prin-

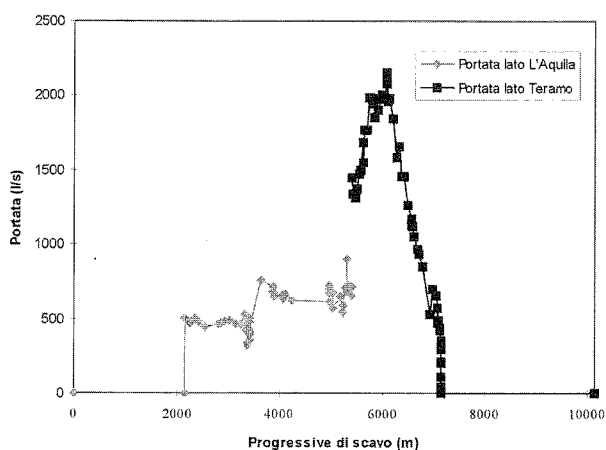
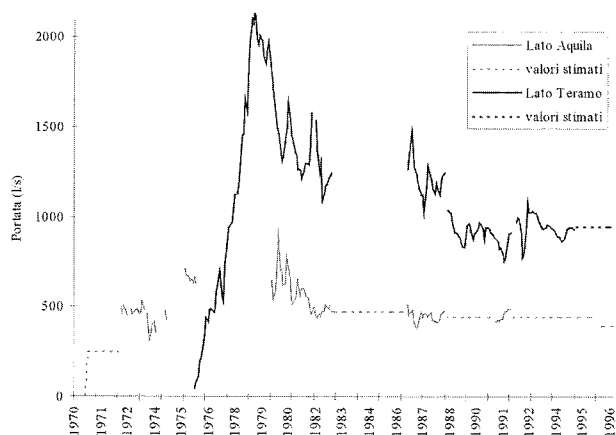


Fig. 4 - Andamento delle portate emunte dal traforo. Il grafico in alto indica l'andamento delle portate emunte nel tempo, distintamente per i due versanti; il grafico in basso indica le portate emunte in funzione delle progressive di scavo, con distinzione tra i due versanti.

cipale della zona in situazione indisturbata (cioè precedentemente alla realizzazione del traforo) proveniente da ovest e diretta verso est, in accordo con le interpretazioni idrodinamiche degli Autori precedenti, dove il deflusso sotterraneo va da Campo Imperatore verso il settore sud-orientale più depresso e quindi verso le sorgenti basali del Tirino.

La portata del drenaggio dei tunnels è andata diminuendo in modo progressivo a partire dal 1979 fino a tutto il 1990 almeno; un primo periodo di decremento era preventivabile e spiegabile in funzione dello svuotamento di una porzione dell'acquifero a causa della nuova situazione idrodinamica causata dalla realizzazione del traforo (5-6 anni); in seguito ci si aspettava una graduale stabilizzazione dovuta al raggiungimento di un nuovo equilibrio idrodinamico nell'acquifero regionale. Si può quindi correlare l'ulteriore calo del drenaggio ad una sopraggiunta minore ricarica dell'acquifero, di cui sarebbero responsabili le minori precipitazioni registrate in media nello stesso periodo.

Tale diminuzione di portata è probabilmente attribuibile in larga misura alla sola galleria destra. Infatti, se si ammette una direzione di alimentazione prevalente del drenaggio in galleria da ovest, una eventuale diminuzione generale della piezometria causata da una minore rica-

rica, si risentirebbe maggiormente nel settore posto idraulicamente a valle del drenaggio imposto, ovvero nella via destra. Le acque provenienti da ovest verrebbero comunque intercettate dal drenaggio laboratori-via sinistra, senza che si registrino variazioni degne di nota; viceversa, il drenaggio effettuato in via destra, su acque che naturalmente sfuggirebbero in direzione orientale, subirebbe decrementi significativi, causati dall'abbassamento della superficie piezometrica. Per la verifica di tale ipotesi è indispensabile acquisire ulteriori dati sull'entità del drenaggio in galleria.

5. PROSPETTIVE DI RICERCA

L'assetto idrogeologico del Gran Sasso risulta estremamente complesso. Al quadro idrogeologico desunto dai dati di superficie, possono essere aggiunti i dati relativi alla struttura profonda lungo l'asse delle gallerie autostradali, grazie agli appositi studi realizzati in passato.

Una descrizione tridimensionale dell'acquifero e soprattutto delle modalità idrodinamiche sotterranee è comunque estremamente difficile, a causa della sovrapposizione di elementi di disturbo (variazioni litologiche, variabilità del ruolo degli elementi tettonici, presenza di orizzonti carsici, pressioni litostatiche, ecc.). Tutti gli elementi a disposizione, compresi quelli analitici ricavati dalla realizzazione del traforo, devono essere considerati non come dati acquisiti, ma come tasselli utilizzabili ai fini di una ricostruzione estremamente complessa, che risulta ancora più difficile se si scende ad una scala di dettaglio.

Le interpretazioni svolgono ancora un ruolo privilegiato, a discapito di una profonda conoscenza oggettiva. Le maggiori informazioni presenti lungo l'asse delle gallerie autostradali, possono consentire comunque l'allestimento di un primo modello di circolazione bidimensionale, limitato al settore indagato e comunque dipendente da diverse ipotesi di interpretazione dell'idrodinamica sotterranea, da verificare o modificare in fase di taratura di un futuro auspicabile modello idrogeologico numerico di simulazione.

PARTE II: Idrologia (A. Farroni & A. Togna)

6. PRECIPITAZIONI

6.1 Precipitazioni totali

Sono stati raccolti ed analizzati i valori di precipitazione totale annua e mensile per il periodo 1950-1994 di 41 stazioni che ricadono sul massiccio o al suo contorno (SERVIZIO IDROGRAFICO, 1950-94). Una attenta analisi dei dati ha portato ad escludere la stazione di Pretara (SARA) in quanto presenta valori pressoché identici a quella, molto vicina, di Isola del Gran Sasso che ha un periodo di osservazione più lungo.

Tutte le stazioni evidenziano un clima pluviometrico di tipo sublitoraneo-appenninico con un massimo in novembre, minimo in luglio (qualche volta agosto) oltre ad un massimo secondario primaverile (aprile) ed a un minimo secondario invernale (gennaio, febbraio, marzo),

questi ultimi due (massimo primaverile e minimo invernale) sono, generalmente, tra loro poco diversi ed in molti casi non evidenti.

Come indice di piovosità totale sul massiccio del Gran Sasso è stata utilizzata la media annuale delle precipitazioni osservate in un gruppo di pluviometri significativi; tale metodo è valido laddove le stazioni di misura sono numerose e quasi uniformemente distribuite sul territorio, come è nel nostro caso.

Sono state considerate, a tal fine, solo le stazioni rilevate con continuità o che possono essere ricostruite attendibilmente, per i brevi periodi mancanti, con correlazioni con le stazioni più vicine; le tre stazioni SARA (S.Nicola, Ceraso, S.Vittore II) che presentano valori elevati di precipitazione ma che sono state rilevate solo nel periodo 1969-83 non sono state ricostruite. Si è quindi

proceduto alla selezione delle stazioni pluviometriche che interessano più da vicino il massiccio e che presentano pochi dati mancanti nei periodi di registrazione.

L'ubicazione di tali trenta stazioni è riportata nella fig. 5 insieme al valore del rapporto tra precipitazione media annua della stazione e la precipitazione media totale di tutte le stazioni.

Da una lettura di tale figura si evince come le precipitazioni sono più cospicue sul lato teramano che su quello aquilano ed aumentano con la quota; ciò è ovviamente dovuto al fatto che il lato teramano del massiccio è il primo ostacolo orografico che le masse d'aria, provenienti dall'Adriatico (settore N, NE, E) incontrano e quindi, essendo costrette a risalire lungo le pendici del Gran Sasso (che tra l'altro da questo lato presenta le maggiori pendenze), subiscono un brusco innalzamento,

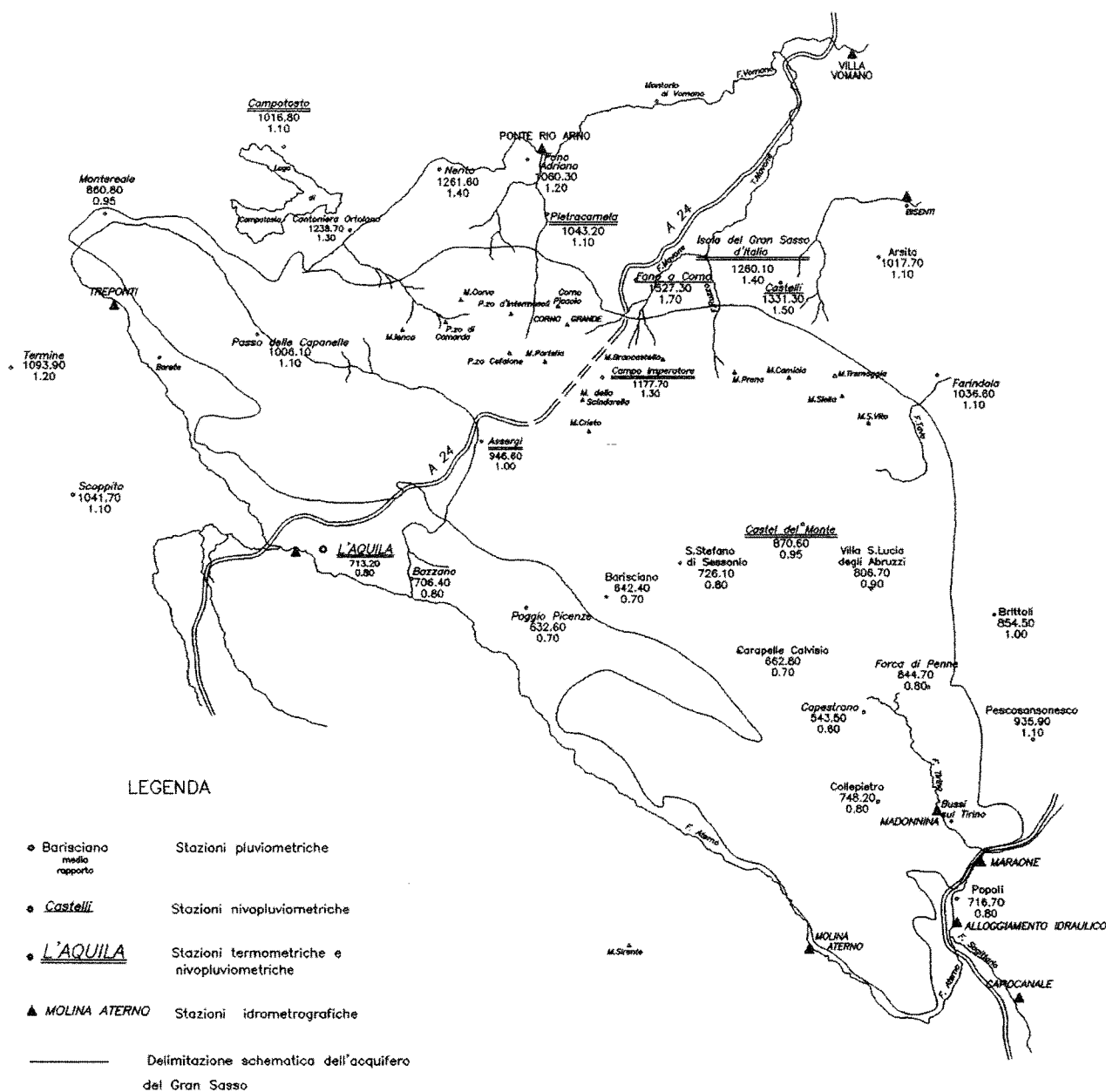


Fig. 5 - Ubicazione delle stazioni idrometeorografiche e pluviometriche con indicazione della Precipitazione media annua e del rapporto tra Precipitazione media annua e Precipitazione media annua totale.

espansione e raffreddamento, mentre le masse d'aria provenienti dal Tirreno (W-SW-S) incontrano sul loro cammino almeno due catene montuose (Monti Carseolani - Simbruini e Velino - Sirente) sulle quali scaricano l'umidità, raggiungendo la valle dell'Aterno ed il massiccio del Gran Sasso con scarso contenuto di umidità e quindi dando luogo a precipitazioni meno rilevanti.

Per valutare l'eventuale trend delle medie delle precipitazioni annue delle 30 stazioni sono state calcolate le loro medie mobili quinquennali riportandole nella fig. 6. Si evidenzia un trend negativo delle precipitazioni dal 1960 al 1994, anche se tale diminuzione non è costante ma presenta oscillazioni sensibili che peraltro si smorzano nel tempo; la retta di regressione nel periodo 1960-94 è risultata:

$$P = -6.54 \times T + 1059$$

P precipitazione in millimetri;
T anni misurati dal 1960.

In definitiva si può concludere che la precipitazione annua sul massiccio del Gran Sasso ha subito un decremento medio annuo di circa lo 0,7%.

Si è anche osservato che tale variazione è difforme nei due versanti del massiccio e nei due diversi periodi in cui è stato suddiviso l'anno: inverno (da novembre ad aprile) ed estate (da maggio a settembre). Infatti, come si evince dai grafici di fig. 7 nei quali sono riportate le medie mobili quinquennali della precipitazione media, si ha:

lato Teramo

$$P = -9,9 \times T + 1372$$

diminuzione pari allo 0,8% annuo;

lato Aquila

$$P = -4,6 \times T + 1029$$

diminuzione pari allo 0,5% annuo.

Il trend negativo delle precipitazioni è quindi più sensibile nel lato più "umido" (teramano) che in quello più "arido" (aquilano).

Sempre dai grafici si evince che l'andamento delle precipitazioni medie del periodo invernale è, nel lato aquilano più che nel teramano, generalmente in contro-

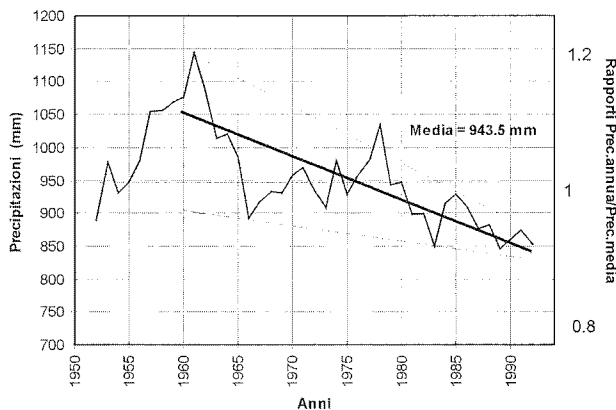


Fig. 6 - Andamento della media mobile quinquennale delle precipitazioni medie annue e dei rapporti delle precipitazioni medie annue rispetto alla media generale.

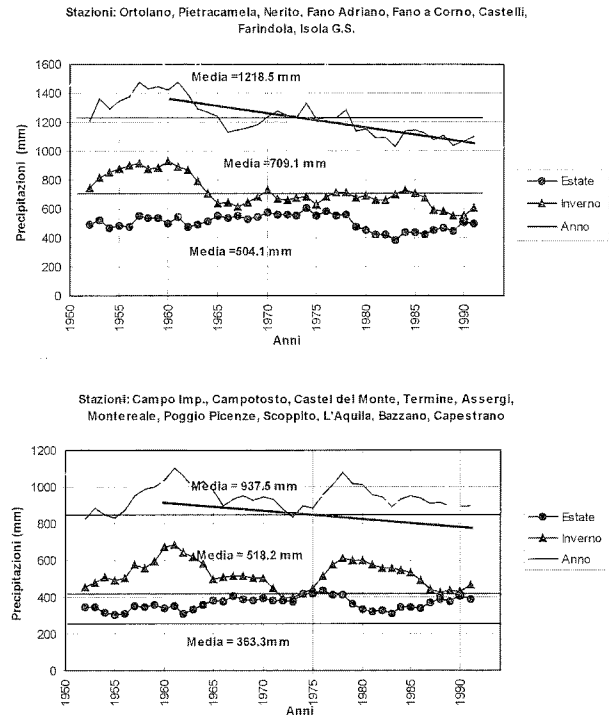


Fig. 7 - Andamento delle medie mobili quinquennali della precipitazione media.

tendenza rispetto a quello estivo; ossia quando la precipitazione invernale è superiore alla media, quella estiva è inferiore e viceversa.

Comunque, mentre la variabilità ed il trend delle precipitazioni estive è contenuto, quelle invernali hanno una variabilità maggiore e ad essa va addebitata la diminuzione nel tempo delle piogge.

Si è anche valutata la possibile relazione tra altitudine e precipitazione totale media annua; tale relazione è stata indagata separatamente per i due versanti, aquilano e teramano, e solo su sezioni lungo le quali le variazioni di quota sono sensibili, in quanto la piovosità di stazioni non sensibilmente difformi per quota risente di condizioni locali quali esposizione, posizione più o meno defilata lungo le valli ecc., che mascherano ampiamente l'influenza dell'altitudine.

Per il versante aquilano, utilizzando le stazioni di Campo Imperatore - Assergi - L'Aquila si è ottenuto:

$$P = 0,3 \times H + 556,6 \quad (\rho = 0,941)$$

mentre dal lato teramano (S. Vittore, C. San Nicola, Fano a Corno, Isola dal Gran Sasso) si è ottenuto:

$$P = 1,42 \times H + 575,1 \quad (\rho = 0,984)$$

P precipitazione media annua in mm;

H altitudine in m;

r coefficiente di correlazione.

Il gradiente pluviometrico sul versante aquilano risulta pari a 30 mm/100 m di quota, mentre sul lato teramano risulta 4-5 volte superiore (142 mm/100m). L'aumento delle precipitazioni con la quota, su entram-

bi i versanti, fa supporre, con ragionevole certezza, che la precipitazione sul massiccio del Gran Sasso, atteso il basso numero di stazioni in quota e lungo le alte pendici ad elevata pendenza, sia maggiore della media delle precipitazioni annue delle 30 stazioni prese in considerazione; pertanto tale media può essere considerata solo un indice della precipitazione annua caduta sul massiccio.

6.2 Precipitazioni nevose

Sono state prese in considerazione nove stazioni di misura delle precipitazioni nevose, cinque sul lato aquilano (Campo Imperatore, Assergi, Campotosto, Castel del Monte, L'Aquila) e quattro sul lato teramano (Castelli, Isola del Gran Sasso, Fano a Corno, Pietracamela). I dati mensili dell'equivalente in acqua delle precipitazioni nevose sono stati ricavati dagli annali idrologici. Si osserva che il massimo ricade nei mesi di gennaio - febbraio mentre, ovviamente, nei mesi più caldi non nevica. La durata del periodo di caduta della neve è maggiore all'aumentare della quota così come l'altezza della precipitazione nevosa.

Per quanto riguarda i valori annui dell'altezza di precipitazione nevosa si è osservata una loro notevole variabilità, da un anno all'altro, ma non un trend significativo; la precipitazione nevosa ha subito variazioni notevoli negli anni ma mantiene lo stesso valore medio, così come si osserva anche dall'andamento del valore annuo (medio per le nove stazioni) del rapporto precipitazione nevosa annua su precipitazione nevosa media di tutto il periodo, riportato nella fig. 8.

Si è altresì indagato se il rapporto precipitazione nevosa annua su precipitazione totale annua presenti delle variazioni nel tempo, nella fig. 9 sono riportati i valori della grandezza: (precipitazione nevosa annua / precipitazione totale annua) / (precipitazione nevosa media / precipitazione totale media).

Si evidenzia che vi è un debolissimo trend in aumento in questo rapporto, ossia un modestissimo incremento nel tempo della precipitazione nevosa sulla precipitazione totale.

La variabilità della precipitazione nevosa media annua in funzione dell'altitudine è, invece, marcata come era da attendersi; nella fig. 10 sono riportati i valori e le rette di correlazione. Per i due versanti, si è ottenuto:

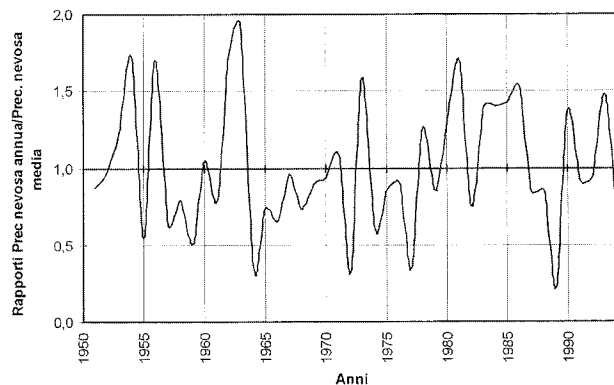


Fig. 8 - Andamento della media annua dei rapporti tra precipitazione nevosa annua su precipitazione nevosa media.

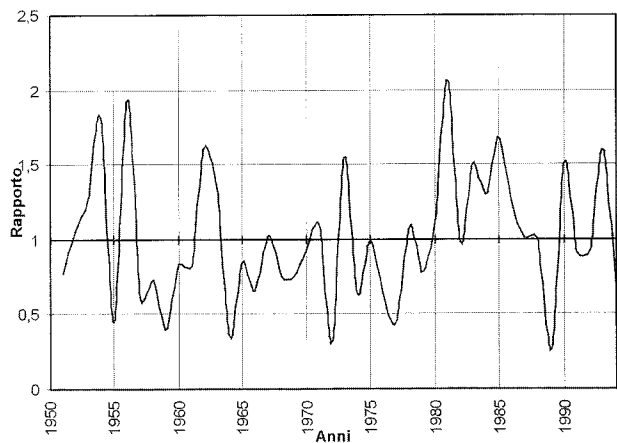


Fig. 9 - Andamento della media dei rapporti tra il rapporto precipitazione nevosa / precipitazione totale annua ed il rapporto precipitazione nevosa media / precipitazione totale media.

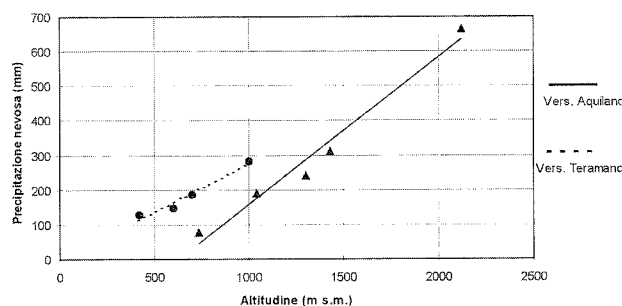


Fig. 10 - Andamento della precipitazione nevosa in funzione dell'altitudine sul livello del mare.

(● Versante teramano; ▲ versante aquilano)

$$P_n = 0,42 \times H - 267 \quad (\rho = 0,99)$$

per il versante aquilano

$$P_n = 0,28 \times H - 4 \quad (\rho = 0,98)$$

per il versante teramano

con P_n precipitazione nevosa annua in mm di equivalente d'acqua; H altitudine in m s.l.m.; r coefficiente di correlazione.

Si è anche indagata la variabilità del rapporto della precipitazione nevosa media annua sulla precipitazione media totale, in funzione dell'altitudine; come si evince dalla fig. 11 tale correlazione è molto forte e vale

$$P_n/P = 3 \times 10^{-4} \times H - 0,035 \quad (\rho = 0,97)$$

La precipitazione nevosa annua è pari al 10% della precipitazione totale annua alla quota 500 m s.l.m. e raggiunge il 50% a 2100 m s.l.m.

7. TEMPERATURA

Le stazioni termometriche ricadenti sul massiccio del Gran Sasso o nelle zone contermini sono in numero di sette e sono riportate nella fig. 5. L'analisi dei dati della stazione di Pietracamela (1000 m s.l.m.) ha rileva-

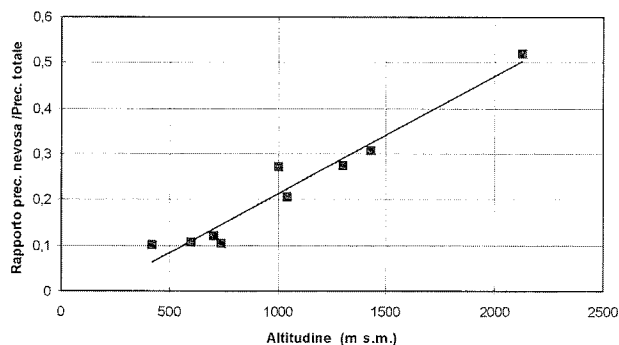


Fig. 11 - Andamento, in funzione dell'altitudine, del rapporto tra precipitazione media annua nevosa e precipitazione media annua totale.

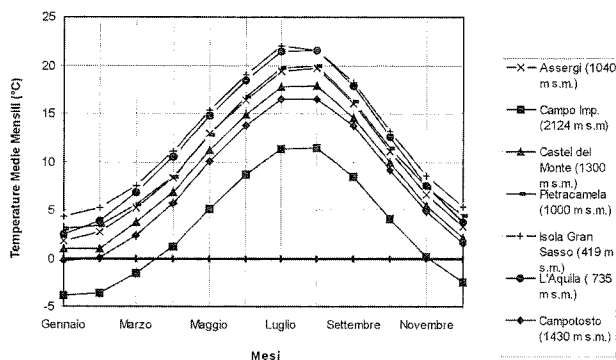


Fig. 12 - Andamento dei valori normali delle temperature mensili per le sette stazioni menzionate nel testo.

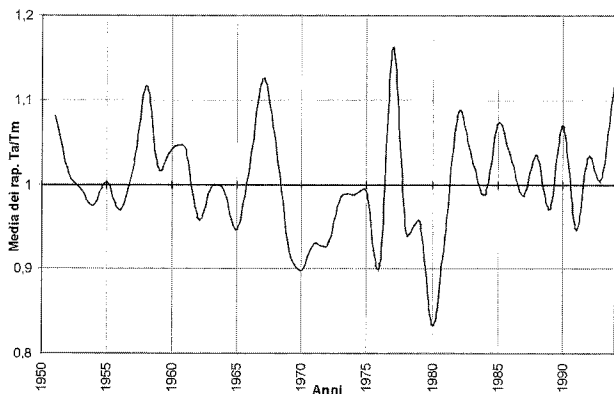


Fig. 13 - Andamento della media dei rapporti tra la temperatura media annua e la temperatura media.

to una anomalia nei valori mensili di gennaio che vanno dal 1974 al 1980, infatti tali valori di temperatura sono maggiori di quelli rilevati nello stesso periodo nella stazione di Isola del Gran Sasso (419 m s.l.m.) ed inoltre, pur essendo nel periodo anche le temperature minime costantemente superiori a 0°C, la stazione di Pietracamela rileva precipitazioni nevose; non si è pertanto tenuto conto di tali dati.

Nella fig. 12 sono riportati i valori normali delle temperature mensili per le sette stazioni; si osserva che il massimo ricade nei mesi di luglio agosto e che il minimo è in gennaio.

L'andamento delle temperature medie annue nel tempo è evidenziato nel diagramma di fig. 13 nel quale in ordinata sono posti i valori medi del rapporto temperatura media annua/temperatura normale annua. Si osserva che tale rapporto non presenta variazioni tendenziali nel tempo, evidenziando forse una leggerissima crescita, all'interno delle normali oscillazioni, del valore medio a partire dal 1960.

La dipendenza della temperatura normale annua dalla quota per entrambi i versanti è espressa dalla relazione:

$$T = -0,0057 \times H + 14,9 \quad (\rho = 0,99)$$

ossia il gradiente termico è pari a 0,57 °C/100 m.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLE PRECIPITAZIONI TOTALI E NEVOSE E SULLE TEMPERATURE

Lo studio dell'andamento nel tempo delle precipitazioni totali annue sul massiccio ha evidenziato una diminuzione media del 7% ogni 10 anni, maggiore sul lato teramano che non sull'aquilano, anche se in presenza di elevate fluttuazioni annuali e pluriennali. Tale trend era stato evidenziato anche nello "Studio di impatto ambientale - ANAS 1991". Si è ancora osservato che tale trend è dovuto in gran parte alle precipitazioni invernali e non a quelle estive.

Le precipitazioni nevose non presentano alcun trend, solo il rapporto precipitazione nevosa/precipitazione totale presenta un debolissimo trend positivo.

La temperatura media mensile ed annua non ha presentato, pur con ovvie ed evidenti oscillazioni, una variazione tendenziale nel periodo esaminato, tranne forse un modestissimo incremento nel valore medio.

In definitiva si può affermare che nel periodo compreso tra il 1960 e il 1994 la disponibilità di acqua per l'afflusso alle falde e per lo scorrimento superficiale del massiccio del Gran Sasso è diminuito per i seguenti motivi:

- sono diminuite le precipitazioni, in particolare quelle del periodo invernale;
- le precipitazioni nel periodo estivo sono rimaste pressoché costanti, tali precipitazioni non contribuiscono all'alimentazione della falda in quanto ricostituiscono parte dell'umidità del terreno e finiscono in evapotraspirazione;
- la parte nevosa della precipitazione si è debolmente incrementata, aumentando la disponibilità di acqua sul suolo in periodi più caldi e, quindi, con evaporazioni più elevate;
- le temperature medie annue presentano forse un leggero aumento e quindi si incrementa, di conseguenza, l'evapotraspirazione a detrimento dell'infiltrazione e dell'alimentazione della falda.

Non si può facilmente quantificare quanto valga il decremento annuale medio di afflusso alle falde o ai corsi d'acqua che si è avuto nel periodo 1960-1994, ma esso è senz'altro superiore a quello relativo alle precipitazioni (0,7% annuo) e può essere valutato in 1-1,5% annuo, se si assume che in clima temperato la variazione degli afflussi alla falda o ai corsi d'acqua dipende più che linearmente (quasi al quadrato) dalle precipitazioni.

9. PORTATE

9.1 Portate misurate dal Servizio Idrografico sui corsi d'acqua al contorno del Massiccio del Gran Sasso

I corsi d'acqua che lambiscono il Gran Sasso, nel versante Sud e Sud-Ovest, sono l'Aterno, l'Aterno-Sagittario ed il Pescara; nel versante Nord e Nord-Est sono il Vomano ed il Tavo-Fino.

Sono state raccolti tutti i valori mensili medi delle portate dal 1950 al 1991, rilevate dal Servizio Idrografico, relative a tutte le stazioni poste all'intorno del massiccio.

Tali stazioni, in numero di 11, sono:

- Rio Arno a Ponte Rio Arno;
- Vomano a Villa Vomano (solo 4 dati, non viene elaborato);
- Fino a Bisenti;
- Tavo a San Pellegrino;
- Aterno a Tre Ponti;
- Aterno a L'Aquila;
- Aterno a Molina;
- Tirino a Madonnina;
- Sagittario a Capocanale;
- Aterno-Sagittario ad Alloggiamento Idraulico;
- Pescara a Maraone.

L'ubicazione delle sezioni è riportata nella fig. 5. Per tali stazioni sono stati estratti dagli Annali Idrologici i dati relativi alla portata media mensile (m^3/s), all'afflusso (mm) calcolato sul bacino apparente, al deflusso (mm), al deficit apparente (afflusso meno deflusso), al coefficiente di deflusso (deflusso/afflusso).

Le portate normali mensili di tutti i corsi d'acqua presentano un minimo estivo nei mesi di luglio, talvolta ago-

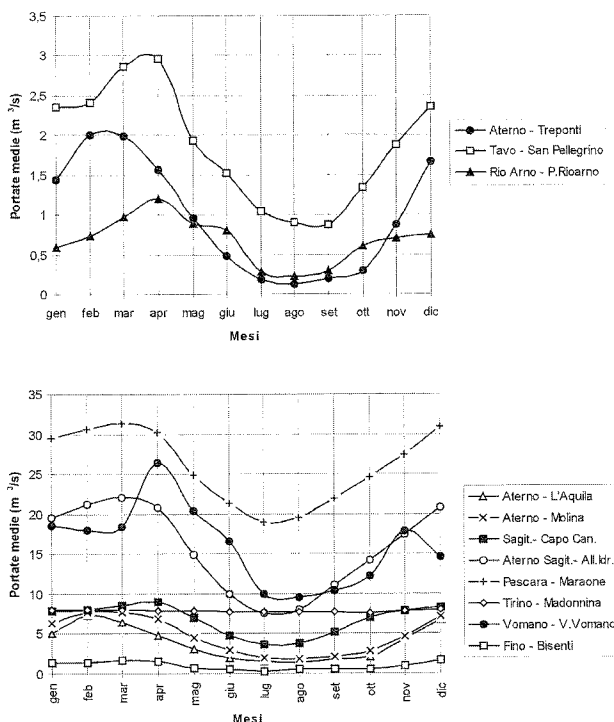


Fig. 14 - Portate medie annue.

sto o settembre, (con eccezione del Tirino che ha il minimo in novembre) mentre il massimo ricade nel periodo invernale-primaverile tra gennaio ed aprile (Fig. 14).

L'esame dell'andamento dei deflussi correlati agli afflussi, come da figg. 15-16-17, mostra per quasi tutte le stazioni che i primi seguono pedissequamente i secondi senza ritardi od isteresi; i deflussi, presentano, peraltro, una maggiore variabilità degli afflussi. tali caratteristiche idrologiche vengono esaminate nel seguito per ogni stazione.

Rio Arno a Ponte Rio Arno: i deflussi scendono con un brusco gradino nel 1965 ed evidenziano una brusca risalita nel 1986 non giustificata da un contemporaneo aumento degli afflussi. In definitiva la caduta degli afflussi a partire dal 1960 è stata seguita, ma molto meno, dai deflussi.

Fino a Bisenti: la serie storica è limitata a soli 11 anni; non si osserva alcun trend, ovviamente anche a causa della brevità della serie.

Tavo a San Pellegrino, Aterno a Tre Ponti, Aterno a L'Aquila ed Aterno-Sagittario ad Alloggiamento Idraulico: diminuzione progressiva degli afflussi e quindi dei deflussi a partire dal 1963-64, meno sensibile per l'Aterno-Sagittario.

Aterno a Molina: solo a partire dal 1972 (peraltro con pochi anni rilevati) si ha una diminuzione dei deflussi più marcata che non quella degli afflussi, ciò potrebbe derivare dal progressivo utilizzo delle risorse idriche del bacino a fini potabili e soprattutto irrigui.

Sagittario a Capocanale: il bacino imbrifero di tale stazione idrometrografica non fa parte del massiccio del Gran Sasso. La stazione è stata esaminata in quanto affluisce nell'Aterno e contribuisce ai deflussi delle stazioni più a valle (Alloggiamento Idraulico e Maraone).

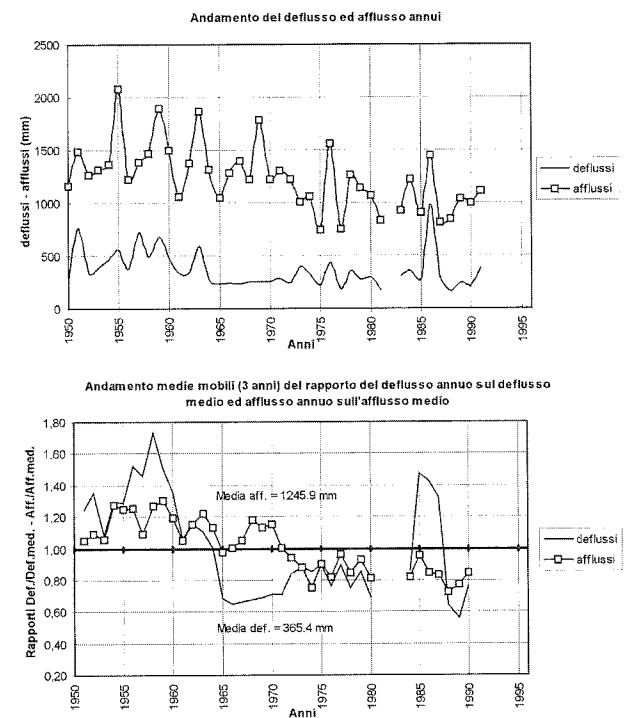


Fig. 15 - Rio Arno a Ponte Rio Arno (58 km²).

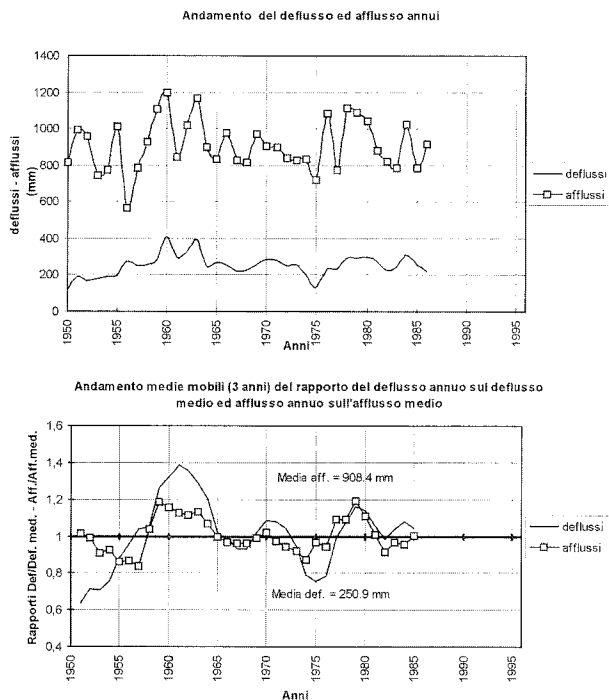


Fig. 16 - Aterno - Sagittario ad Alloggiamento Idraulico (1961 km²).

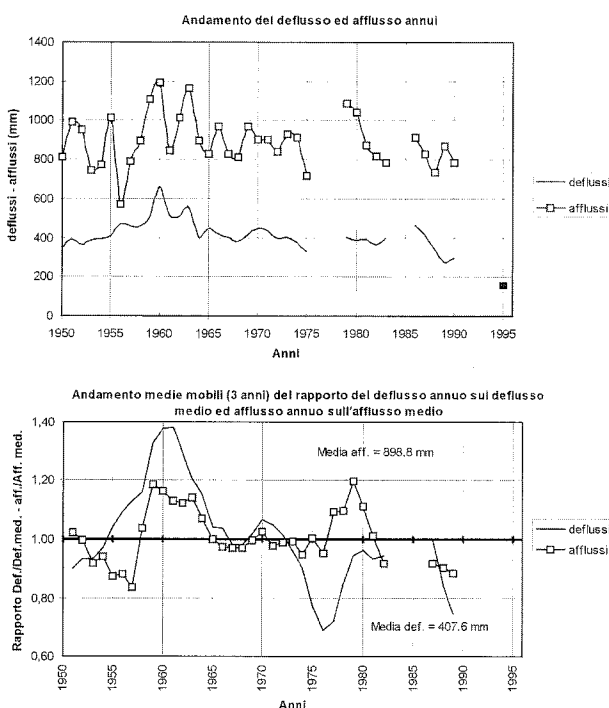


Fig. 17 - Pescara a Maraone (2003 km²).

Dall'esame dei grafici si osserva che i deflussi seguono abbastanza gli afflussi, con alcune eccezioni, attorno al 1977-80, in cui si ha un anomalo incremento dei deflussi non paragonabile a quello degli afflussi ed attorno al 1990 dove si ha un brusco abbassamento dei deflussi anche in questo caso non suffragato da un analogo andamento degli afflussi. Quanto sopra è dovuto forse ad una non del tutto attendibile rilevazione dei dati.

Tirino a Madonna: i deflussi seguono ma con un ritardo di circa un anno l'andamento degli afflussi, si osserva, nel tempo, un progressivo calo degli afflussi ed un più accentuato calo dei deflussi, anche le portate minime evidenziano tale diminuzione.

Pescara a Maraone: la concordanza della variabilità dei deflussi con gli afflussi è rilevante; solo negli anni 1976-77-78 all'aumentare degli afflussi corrisponde una netta diminuzione dei deflussi. Come si vedrà anche dall'esame della serie costruita con le differenze fra le portate a Maraone e quelle ad Alloggiamento, si è forse in presenza di errori di misura che possono essere addebitati alla stazione di Maraone. Anche nel 1988-90 si nota una certa discrepanza tra afflussi e deflussi, ma non funzionando Alloggiamento Idraulico non ci si può esprimere.

Per meglio valutare il legame tra gli afflussi ed i deflussi annui si è calcolata la correlazione esistente tra i valori delle medie mobili triennali delle due grandezze. I coefficienti di correlazione ottenuti variano tra lo 0,53 e 0,95, cinque su dieci superiori a 0,75, confermando, nella maggioranza dei casi, la buona correlazione tra afflussi e deflussi nelle stazioni di misura delle portate.

9.2 Portate delle sorgenti, dei canali di gronda ENEL e delle acque emunte dal traforo

Le misure di portata relative alle sorgenti principali che contornano il massiccio del Gran Sasso sono state rilevate da singole e diverse campagne, con misure spesso sporadiche, nel migliore dei casi 1 o 2 volte al mese, sino a 1 volta all'anno.

I dati sulle acque, superficiali e sorgive, raccolte dai Canali di gronda dell'ENEL posti sul versante teramano del Gran Sasso, sono stati raccolti con continuità e sistematicità dalla SARA nel periodo che va dal 1969 al 1984 in sezioni prossime al traforo; l'ENEL ha sicuramente misurato tali portate alla sezione terminali per un notevole periodo di tempo, ma non è stato possibile reperire tali dati tranne che per il periodo 1960-92.

Sono stati raccolti ed analizzati tutti i dati di portata rilevati, ben al di là del periodo cui si è fatto riferimento (1950-1996). Infatti, essendo le misure di portata delle sorgenti, come detto, in genere sporadiche ed asistematiche, si è preferito raccogliere ed analizzare tutti i dati raccolti a partire dal 1898 in poi; nelle figg. 18-19-20-21 sono riportati i valori annui.

Qui di seguito per ogni sorgente sono indicati le origini dei dati raccolti ed una loro analisi e commento.

• Sorgenti di San Calisto e Capo Pescara (fig. 18)

I valori di portata raccolti provengono:

- per S. Calisto: 1898-99 PERRONE; 1924-82 SERVIZIO IDROGRAFICO; 1993 AQUATER; 1995 CISE; inoltre, per il periodo 1973-96 sono state valutate le portate dalla produzione dell'energia elettrica della centrale;
- per Capo Pescara: 1898-99 PERRONE; 1930-41, 1953-57, 1977-82 SERVIZIO IDROGRAFICO; 1995 CISE.

Inoltre si è riportata sempre nella fig. 18 anche il valore della differenza della portata del Pescara a Maraone con quella dell'Aterno-Sagittario ad Alloggiamento Idraulico. Tale differenza tra le portate delle due stazioni idrometrografiche dovrebbe coincidere con la somma delle portate delle due sorgenti predette, di quella del Giardino e della subalvea visto che non vi sono praticamente altri

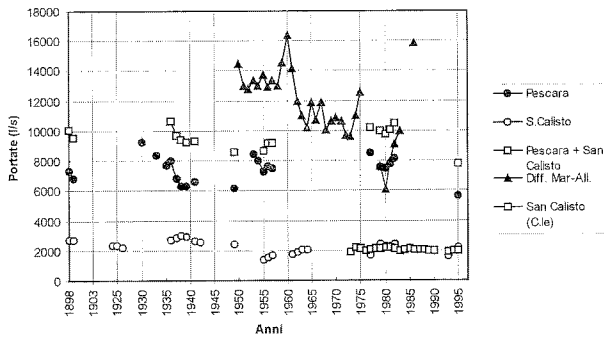


Fig. 18 - Portate (l/s) delle sorgenti di Capo Pescara, San Callisto, San Callisto Centrale e differenza tra il Pescara a Maraone e l'Aterno - Sagittario ad Alloggiamento Idraulico.

afflussi, da falda o superficiali, al fiume nel tratto compreso tra le due stazioni. Come già anticipato si osserva immediatamente che negli anni 1976-77-78 tale differenza è molto piccola ed in alcuni mesi addirittura negativa; ciò è evidentemente impossibile ed a nostro avviso è dovuto ad errate valutazioni della portata a Maraone, che, come osservato precedentemente, in tale periodo denuncia diminuzioni dei deflussi a fronte di incrementi negli afflussi meteorici. Sempre dalla fig. 18 si nota una diminuzione di circa 2 m³/s medi differenza delle portate nelle due stazioni (Maraone - Alloggiamento Idraulico) a partire dal 1960; tale fenomeno è da addebitare, almeno in parte, alla captazione per usi potabili della sorgente del Giardino avente una portata di circa 1 m³/s.

Dall'esame dei dati e del grafico si può concludere che non si evidenzia trend nelle portate delle due sorgenti (il valore della somma delle due nel 1980-81 è pressoché identico a quello del 1898) ma solo una variabilità interannuale. I valori della differenza Maraone-Alloggiamento rispetto a quelli della somma Capo Pescara + San Callisto, sono superiori per il periodo antecedente al 1965, inferiori dopo, ciò evidenzia la presenza di errori sistematici con brusca variazione degli stessi nel 1965. Le portate normali mensili delle sorgenti sono molto costanti; Capo Pescara varia tra i 7,3 m³/s di maggio ed i 8,1 m³/s di gennaio, S. Callisto tra i 1,76 m³/s di agosto ed i 2,16 m³/s di febbraio.

• Sorgenti di Presciano e Capodacqua (fig. 19)

I valori di portata raccolti provengono: 1898 PERRONE; 1930-94 SERVIZIO IDROGRAFICO; 1977 CMP; 1992-93 AQUATER; 1995 CISE.

L'andamento delle portate nel tempo evidenzia una diminuzione delle stesse a partire dal 1953 sino al 1971, per Capodacqua pari al 12% ossia allo 0,7% annuo; nel periodo successivo al 1971 il trend negativo è più elevato, a Capodacqua risulta del 37% in 22 anni, ossia dell'1,7% annuo. Tale variazione, diminuzione della portata, a partire dal 1971 è maggiore di quella osservata negli afflussi meteorici, anche considerando che gli afflussi alla falda variano più che linearmente rispetto alle precipitazioni, ed anche se raggiungessero lo 1,4% annuo come precedentemente detto, resta sempre una variazione di circa lo 0,3% annuo, che potrebbe essere imputata al drenaggio realizzato dalle gallerie, ossia, in

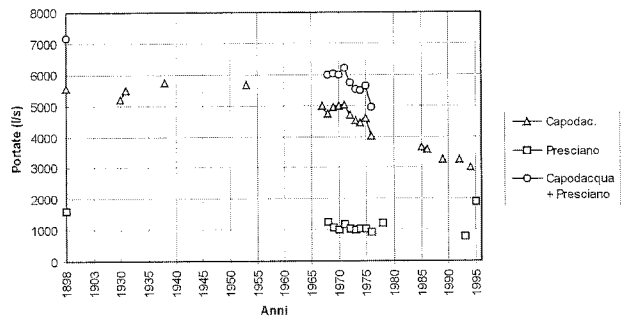


Fig. 19 - Portate (l/s) delle sorgenti di Presciano e Capodacqua.

valore assoluto, la diminuzione imputabile al traforo risulterebbe:

$$22 \times 0,3\% \times 6000 \cong 400 \text{ l/s.}$$

La sorgente di Presciano denuncia anch'essa una diminuzione progressiva, forse meno evidente di quella di Capodacqua, ma basata su un numero di dati minori e quindi più incerta; si osserva, tra l'altro, una forte discordanza tra i valori registrati nel 1993 e quelli del 1995 che costituiscono, non verosimilmente, il minimo ed il massimo osservati. Questo tipo di discordanza può essere imputabile alla localizzazione della sezione di misura, in aree dove sono presenti diffusi drenaggi nell'alveo fluviale, come accade appunto per la sorgente di Presciano.

Il regime mensile delle portate è costante con modeste variazioni stagionali; massimo in giugno e minimo in aprile per Capodacqua, massimo in luglio (anche se ciò è dovuto alla misura effettuata dal CISE nel luglio del 1995, che risulta di valore doppio rispetto a quanto osservato negli altri anni) e minimo in febbraio per Presciano.

• Sorgenti di Tempera e Capovera (Fig. 21)

I valori di portata raccolti provengono: 1898-99 PERRONE; 1950-94 SERVIZIO IDROGRAFICO; 1992 AQUATER; 1995 CISE.

I valori mensili presentano un massimo nel mese di aprile ed un minimo in ottobre, con elevata costanza dei valori medi mensili. La sorgente denuncia, a partire dal 1971, una progressiva diminuzione della portata valutabile in circa 500 l/s su 1600 l/s. Tale trend negativo è solo in parte spiegabile con la più volte ricordata diminuzione degli afflussi meteorici; almeno 200-300 l/s di diminuzione sono forse da addebitare al drenaggio del traforo del Gran Sasso.

• Portate emunte dal traforo (Figg. 20-21)

Il drenaggio operato dalla galleria sul versante aquilano è iniziato nel 1971, ha subito un incremento nel tempo (sino a 900 l/s) con l'avanzare della galleria e successivamente la portata emunta si è attestata sui 400 l/s.

Il drenaggio sul lato teramano è iniziato nel 1976 con un valore iniziale molto elevato che è subito sceso e successivamente risalito al progredire dell'avanzamento della galleria sino a circa 2 m³/s. In seguito è di nuovo diminuito per attestarsi attuali 800-900 l/s. Anche i labo-

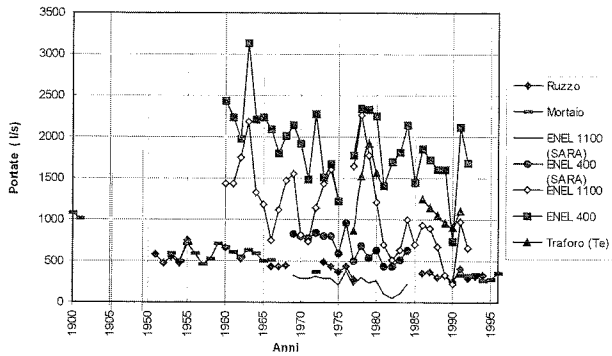


Fig. 20 - Portate (l/s) delle sorgenti del Ruzzo, Mortaio D'Angri, canali di gronda ENEL 1100 e 400 (SARA), Traforo lato Teramo e canale di gronda ENEL 1100 e 400 (ENEL).

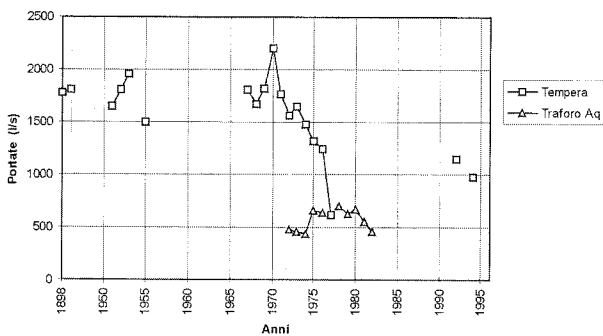


Fig. 21 - Portate (l/s) delle sorgenti di Tempera - Capovera e portate Traforo lato L'Aquila.

ratori hanno drenato la falda ma, la portata emunta dagli stessi, ha causato una diminuzione della portata drenata dalla galleria; in definitiva la realizzazione dei laboratori non ha comportato variazioni, se non puntuali, nell'assetto della falda.

• Sorgenti di Mortaio D'Angri - Vitella d'Oro (Fig. 20)

I valori di portata raccolti provengono: 1900-01 PERRONE; 1953-55 SERVIZIO IDROGRAFICO; 1956-72 ACQUEDOTTO DEL TAVO; 1991-96 SERVIZIO IDROGRAFICO.

La portata è diminuita progressivamente da 1 m³/s del 1900 a 0,6 m³/s del 1953-66 ai 0,35 m³/s del 1972 e 1991-96. La brusca diminuzione subito dopo il 1971 (0,15 m³/s) non può essere attribuita all'effetto del traforo del Gran Sasso, in quanto l'emungimento lato Teramo è avvenuto a partire dal 1976 e non può aver contribuito a tale diminuzione; d'altro canto l'emungimento lato L'Aquila, iniziato nel 1971, non ha influenza, per ragioni idrogeologiche, con tale variazione. In definitiva parte del trend negativo deve essere attribuita alla variazione negli afflussi meteorici e solo una parte (circa 100 l/s) è forse dovuta al traforo.

• Sorgenti del Ruzzo (Fig. 20)

1951-62 SERVIZIO IDROGRAFICO (a volte senza la sorgente Mescatore)

1966-94 ASAR

La ricostruzione della portata delle sorgenti del Ruzzo (dal 1966 al 1994) è stata effettuata a partire dai valori misurati strumentalmente o stimati, nei diversi

punti di raccolta dell'acquedotto del Ruzzo. Pertanto si può dare solo un valore orientativo ai dati raccolti. Si osserva peraltro una brusca diminuzione delle portate a partire dal 1976, data di inizio dell'emungimento del traforo lato Teramo, che conferma l'influenza di quest'ultimo sulla sorgente. Anche al netto della diminuzione, intervenuta nel periodo, degli afflussi meteorici, si può valutare in 50 l/s la diminuzione imputabile al traforo.

Le portate mensili medie sono abbastanza costanti, con massimo in giugno (500 l/s) e minimo in febbraio (320 l/s).

• Canali di gronda ENEL (Fig. 20)

Le misure di portata sui canali di gronda dell'Enel sono state effettuate con sistematicità dall'Enel a partire dal 1960. Purtroppo non si è riusciti ad ottenere i dati di portata relativi a tali misure. Gli stessi sono stati ricavati da una relazione, sempre dell'Ente elettrico, reperita presso l'Azienda dell'Acquedotto del Ruzzo, ma della quale non è certa la validità. Altre misure, sugli stessi due canali, sono state effettuate dal 1969 al 1984 dalla Soc. SARA, ma in sezioni poste più a monte di quelle di sbocco considerate dall'Enel. La diminuzione delle portate rilevata è dovuta alla più volte richiamata diminuzione degli afflussi e solo in piccola parte al drenaggio (e successiva utilizzazione) delle acque di falda incontrate dal traforo.

10. Influenza del traforo sulle sorgenti

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti, pur con tutte le cautele del caso e l'avviso che quanto esposto va inteso solo in via qualitativa e non certamente quantitativa, si può trarre la conclusione che il traforo del Gran Sasso ha provocato il drenaggio, a regime, di circa 1300 l/s, dei quali 900 l/s lato Teramo e 400 l/s lato L'Aquila. Tale drenaggio ha depauperato alcune sorgenti che, in via del tutto presuntiva, può essere stimato in: 400 l/s a Presciano e Capodacqua, 300 l/s a Tempera e Capovera e 150÷200 l/s a Mortaio D'Angri - Vitella D'Oro e Ruzzo.

BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI G. & CARBONE F. (ED.) (1988) - *Carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe*. C.N.R., Prog. Fin. Geod., Quaderni Ric. Scient., **114** (5).
- ADAMOLI L. (1990) - *Idrogeologia del massiccio carbonatico del Gran Sasso e conseguenze idrogeologiche degli scavi autostradali*. Geologia Tecnica, **3**, 4-15.
- ANAS-COGEFAR (1980) - *Gran Sasso: il traforo autostradale*. Ed. Grafiche Sefra, Milano, pp.463.
- ANAS-SARA (1991) - *Completamento ed adeguamento delle strutture del Laboratorio di fisica nucleare del Gran Sasso*. Studio di impatto ambientale, voll. 4-5-6. Relazione inedita, Roma.
- AQUATER (1993) - *Studi geomorfologici, idrogeologici e delle risorse idriche del territorio regionale*. Regione Abruzzo, Settore Lavori Pubblici e Politica della Casa, Servizio Difesa e Tutela del Suolo. Voll. relativi ai bacini 1/6 e 7. Relazione inedita.

- BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M., SARTORI R. & SCANDONE P. (EDS.) (1986) - *Structural Model of Italy* (scala 1:500.000). Progetto Finalizzato Geodinamica, C.N.R.
- BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1986) - *Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale* (carta scala 1:500.000). Mem. Soc. Geol. It., **36**, 991-1012.
- BOSI C. & BERTINI T. (1970) - *Geologia della Media Valle dell'Aterno*. Mem. Soc. Geol. It., **9**, 719-777.
- CARBONE F. (1993) - *Creataceous depositional systems of the evolving Mesozoic carbonate platform of Central Apennine thrust belt, Italy*. Geol. Romana, **29**, 31-53.
- CASSA PER IL MEZZOGIORNO (1982) - *Progetto Speciale 29 per gli schemi idrici nel mezzogiorno. Schede e tabelle riassuntive*. Rapporto inedito Compagnia Mediterranea Prospezioni - Cassa per il Mezzogiorno.
- CATALANO P.G. (1982) - *Relazione geoidrologica generale relativa al traforo del Gran Sasso*. ANAS-SARA, relazione inedita, 207 pp.
- CATALANO P.G., CAVINATO G.P., SALVINI F. & TOZZI M. (1986) - *Analisi strutturale nei laboratori dell'I.N.F.N. del Gran Sasso d'Italia*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 647-655.
- CATALDO L., GIGLIO G. & TALLINI M. (1996) - *Carta litologica di sintesi a scala 1:100.000 del Massiccio del Gran Sasso d'Italia e zone limitrofe - Relazione geologico-tecnica*. Relazione inedita realizzata nell'ambito del Progetto di Ricerca "Gran Sasso", 61 pp.
- CELICO P. (1983) - *Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale: Progetti speciali per gli schemi idrici nel Mezzogiorno*. Quad. Cassa Mezzog., 4/2, 225 pp.
- CENTAMORE E., ADAMOLI L., BERTI D., BIGI G., BIGI S., CASNEDI R., CANTALAMESSA G., FUMANTI F., MORELLI C., MICARELLI A., RIDOLFI M. & SALVUCCI R. con la collaborazione di CHIOCCHINI M., MANCINELLI A., POTETTI M. & CHIOCCHINI U. (1992) - *Carta geologica dei bacini della Laga e del Cellino e dei rilievi carbonatici circostanti (Marche meridionali, Lazio nord orientale, Abruzzo settentrionale)*. S.EL.CA., Firenze.
- CISE - NUOVA TELESPAZIO (1996) - *Realizzazione di un sistema di monitoraggio idrologico del massiccio del Gran Sasso (Progetto Idrologia): Studi Preliminari*. Consorzio di Ricerca del Gran Sasso, 444 pp.
- COTECCHIA V. (1993) - *Opere in sottterraneo: rapporto con l'ambiente*. Opere in Sottterraneo, Atti XVIII Convegno Nazionale di Geotecnica, Rimini maggio 1993, Associazione Geotecnica Italiana.
- CRESCENTI U. (1969) - *Stratigrafia della serie calcarea dal Lias al Miocene nella regione marchigiano-abruzzese (Parte I - Descrizione delle serie stratigrafiche)*. Mem. Soc. Geol. It., **8**, 155-204.
- D'AGOSTINO N., FUNICIELLO R., SPERANZA F. & TOZZI M. (1994) - *Caratteri della tettonica distensiva nell'Appennino centrale: l'area di S. Stefano di Sessanio - Calascio (L'Aquila)*. Boll. Soc. Geol. It., **113**, 37-53.
- DAMIANI A.V., CHIOCCHINI M., COLACICCHI R., MARIOTTI G., PAROTTO M., PASSERI L. & PRATURLON A. (1992) - *Elementi litostratigrafici per una sintesi delle facies carbonatiche meso-cenozoiche dell'Appennino centrale*. Studi Geol. Camerti, volume speciale CROP 11, 187-213.
- DI LORETO E., LIPERI L. & RUSSO M. (1994) - *Caratteri idrologici e idrogeologici di sorgenti nel territorio abruzzese*. Atti VIII Congresso Nazionale dei Geologi, Roma.
- GHISETTI F. & VEZZANI L. (1986) - *Carta geologica del gruppo M. Siella - M. Camicia - M. Prena - M. Brancastello (Gran Sasso d'Italia, Abruzzo) a scala 1:15.000*. S.EL.CA., Firenze.
- GHISETTI F. & VEZZANI L. (1990) - *Stili strutturali nei sistemi di sovrascorrimento della catena del Gran Sasso (Appennino centrale)*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. "Neogene Thrust Tectonics" Esempi da Alpi, Appennino e Sicilia, 37-50 (con carta geologica allegata a scala 1:25.000).
- MASSOLI NOVELLI R. & PETITTA M. (1997) - *Hydrogeological impact of the Gran Sasso tunnels (Abruzzi, Italy)*. International Symposium on Engineering Geology and the Environment, Athens, Greece, 23-27 June 1997, vol.3, pp.2787-2792.
- MONJOIE A. (1975) - *Hydrogeologie du massif du Gran Sasso (Apennin central)*. Coll. Pubbl. Fac. Scienze Appl. Univ., n° 53, pp.1-60, Liegi.
- MONJOIE A. (1978) - *Problemes hydrogeologiques rencontrés par les tunnels autoroutiers dans le massif calcaire du Gran Sasso (Apennin central)*. Memoire hors serie CERGH-USTL Montpellier, Symposium IHES Montpellier septembre 1978, pp.287-298.
- PAROTTO M. & PRATURLON A. (1975) - *Geological summary of the Central Apennines*. In: Structural Model of Italy. Quad. Ric. Scient., C.N.R., **90**, 257-311.
- PERRONE E. (1901) - *Aterno-Pescara*. Mem. III. Carta Idrogr. d'Italia. Min. Agr. Ind. Comm. Artig., pp.257.
- PETITTA M. & MASSOLI NOVELLI R. (1995) - *Primi risultati del monitoraggio geoambientale delle sorgenti del Fiume Vera (Gran Sasso)*. Quaderni di Geologia Applicata, **1**, 93-101.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1955) - *Carta Geologica d'Italia*. Foglio 139 (L'Aquila) a scala 1:100.000.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1963) - *Carta Geologica d'Italia*. Foglio 140 (Teramo) a scala 1:100.000.
- SERVIZIO IDROGRAFICO (1921-1992) - *Annali Idrologici (parte II). Sezione di Pescara*. Min. Lavori Pubblici - Pres. Consiglio Ministri.
- SERVIZIO IDROGRAFICO (1964) - *Le Sorgenti Italiane, elenco e descrizione, volume IX: Abruzzo*. Ist. Poligr., n. 14, pp. 482.
- VEZZANI L., CASNEDI R. & GHISETTI F. (1993) - *Carta geologica dell'Abruzzo nord-orientale*. S.EL.CA., Firenze.

